HAL
open science

Adaptation sémantique de documents multimédia

Sébastien Laborie

To cite this version:

Sébastien Laborie. Adaptation sémantique de documents multimédia. Interface homme-machine [cs.HC]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2008. Français. NNT : . tel-00284531

HAL Id: tel-00284531

https://theses.hal.science/tel-00284531

Submitted on 3 Jun 2008

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.

THÈSE

présentée à

l'Université Joseph Fourier - Grenoble 1

pour obtenir le grade de

DOCTEUR

spécialité

Informatique

intitulée

Adaptation sémantique de documents multimédia

présentée et soutenue publiquement le 28 Mai 2008 par

Sébastien Laborie

devant le jury composé de :

Joëlle Coutaz	**Présidente**
Michel Crampes	**Rapporteur**
Jérôme Euzenat	**Directeur de thèse**
Mohand-Saïd Hacid	**Rapporteur**
Nabil Layaïda	**Co-encadrant**
Frank Nack	**Examinateur**

Remerciements

Je tiens à remercier Jérôme Euzenat et Nabil Layaïda de m'avoir accueilli au sein des équipes-projets EXMO et WAM de l'INRIA Grenoble Rhône-Alpes, et de m'avoir donné la possibilité de mener à bien ma thèse. Je remercie tout particulièrement Jérôme, qui a suivi attentivement la progression de ce travail, pour sa disponibilité, son aide, ses conseils précieux et son chaleureux soutien tout au long de cette thèse.

Je remercie également tous les membres du jury : Joëlle Coutaz, Professeur au Laboratoire Informatique de Grenoble, pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse ; Michel Crampes, Professeur à l'école des Mines d'Alès, et Mohand-Saïd Hacid, Professeur à l'université Claude-Bernard de Lyon pour le travail de rapporteur qu'ils ont effectué sur ce manuscrit ; Frank Nack, Professeur à l'université d'Amsterdam pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je voudrais aussi remercier mes collègues d'EXMO et de WAM, anciens et nouveaux, qui par leurs conseils et encouragements ont contribué à l'aboutissement de ce travail : Antoine Zimmermann, Faisal Alkhateeb, Romain Deltour, Jean-François Baget, Arun Sharma, Seungkeun Lee, Jason Jung, Jérôme Pierson, Jérôme David, Chan Leduc, Nizar Ghoula...

Je remercie également toute ma famille, notamment mes parents, ma sœur et mon grand-père, sans qui je ne serais pas arrivé jusque là.

Enfin et surtout, je remercie ma femme Florence qui m'a énormément aidé lors des moments difficiles et qui m'a toujours poussé à avancer. Sa patience, son écoute et son regard sur mes travaux n'ont fait qu'accroître leur lisibilité. Je te dédie cette thèse.

Résumé

Un document multimédia marie les technologies de l'écrit, de l'image et du son. Actuellement, les documents multimédia doivent pouvoir être exécutés sur de nombreuses plates-formes (téléphones portables, PDA, ordinateurs de bureau, lecteurs de salon. . .). Cette diversification des utilisations et des supports nécessite l'adaptation des documents à leur contexte d'exécution, parfois imprévisible au moment de la conception du document.

Pour s'affranchir des langages ou formats de description multimédia, nous abstrayons les documents en une structure exprimant l'ensemble des relations entre objets du document. Les relations entre objets sont d'ordre temporel, spatial, hypermédia voire inter-dimensionnel, et peuvent être de nature qualitative. Cette structure capture la sémantique des documents car elle est capable de couvrir chacune de ses exécutions potentielles. Dans ce contexte, adapter va consister à calculer un ensemble d'exécutions le plus proche possible de ces exécutions potentielles qui satisfont les contraintes d'adaptation imposées par une plate-forme cible. À cet effet, les relations de la structure abstraite sont modifiées de sorte de satisfaire ces contraintes d'adaptation. Nous montrons, pour chaque dimension du document, comment réaliser ceci de manière réaliste.

Afin de montrer l'applicabilité d'une telle approche, nous la développons dans un cadre adapté au standard SMIL pour lequel nous déclinons les adaptations spatiales, temporelles, spatio-temporelles et hypermédia. Nous sommes amenés à développer des techniques spécifiques pour les représentations spatiales et temporelles efficaces. Nous explorons aussi des approches impliquant la suppression d'objets.

Abstract

A multimedia document combines text, image, sound and video technologies. Currently, multimedia documents may have to be executed on multiple devices such as mobile phones, PDAs, desktop computers, set-top boxes, etc. Hence, usage and platform diversity requires document adaptation according to execution contexts, sometimes unpredictable at design time.

We propose to abstract from format specific details by defining a structure which expresses a set of multimedia objects and the relations between them. These relations can be described qualitatively and may be temporal, spatial, hypermedia and spatio-temporal-hypermedia. This document abstraction captures document semantics because it is able to cover all the potential executions of the document. In this context, adapting amounts to find a set of executions as close as possible to potential ones which satisfy adaptation contraints imposed by the target device. For that purpose, the relations contained in the document abstraction are modified in order to satisfy these adaptation constraints. We show how to achieve this convincingly on all the document dimensions.

In order to show the applicability of our framework, we implement a prototype which adapts the temporal, spatial and hypermedia dimensions of SMIL documents. We develop specific efficient techniques for the temporal and spatial representations. Moreover, we explored other approaches such as considering multimedia object deletion.

Table des matières

1 Introduction **1**

1.1 Problématique 1

1.2 Objectifs et contribution 2

1.3 Plan de thèse 3

I Adaptation de documents multimédia : état de l'art **7**

2 Adapter des documents multimédia **9**

2.1 Introduction 9

2.2 Classification de l'adaptation 13

2.3 Systèmes existants 16

2.4 Critiques 30

2.5 Conclusion 31

3 Adaptation sémantique de documents multimédia **33**

3.1 Introduction 33

3.2 Spécification de document multimédia 34

3.3 Sémantique d'un document multimédia 36

3.4 Adaptation sémantique 38

3.5 Adaptation par transgression 40

3.6 Conclusion 45

II Contribution **47**

4 Adaptation sémantique des dimensions des documents multimédia **49**

4.1 Introduction 49

4.2 Adaptation sémantique spatiale 50
4.3 Adaptation sémantique hypermedia 57
4.4 Adaptation sémantique spatio-temporelle-hypermédia 63
4.5 Conclusion 65

5 Différentes manipulations des graphes de relations 67

5.1 Introduction 67
5.2 Suppression de nœuds 68
5.3 Enrichissement des relations 75
5.4 Guider la transformation des relations 78
5.5 Conclusion 83

6 Optimisations de l'adaptation sémantique 85

6.1 Introduction 85
6.2 Groupement de relations d'une représentation 86
6.3 Groupement de nœuds d'un graphe de relations 91
6.4 Approche incrémentale d'adaptation 94
6.5 Conclusion 98

III Application de l'adaptation sémantique à des documents multimédia SMIL 101

7 Utiliser des langages standards 103

7.1 Introduction 103
7.2 Le langage SMIL 104
7.3 Le langage CC/PP 110
7.4 Conclusion 117

8 Algorithme d'adaptation sémantique de documents multimédia 119

8.1 Introduction 119
8.2 Représentation des graphes de relations 120
8.3 Consistance d'un graphe de relations 121
8.4 Représentation des graphes de voisinage 125
8.5 Calcul de solutions d'adaptation 127

8.6 Conclusion 129

9 Expérimentation de l'adaptation sémantique 131

9.1 Introduction 131

9.2 Principe d'adaptation sémantique de documents SMIL 132

9.3 Présentation du prototype 139

9.4 Exemples de cas d'adaptation 142

9.5 Conclusion 154

10 Conclusion et perspectives 155

10.1 Bilan de la recherche 155

10.2 Perspectives 156

Bibliographie 158

Chapitre 1

Introduction

1.1 Problématique

Considérons la situation concrète très actuelle mise aussi en évidence dans la figure 1.1 : un auteur a développé une présentation multimédia élaborée contenant du texte, des images, des vidéos et une bande sonore suivant un schéma narratif précis. Il la met à disposition de plusieurs utilisateurs. Ceux-ci peuvent notamment la récupérer depuis internet. Pour visualiser le document multimédia, ces utilisateurs utilisent diverses plates-formes d'exécution telles que des téléphones portables, des assistants personnels ou des lecteurs multimédia.

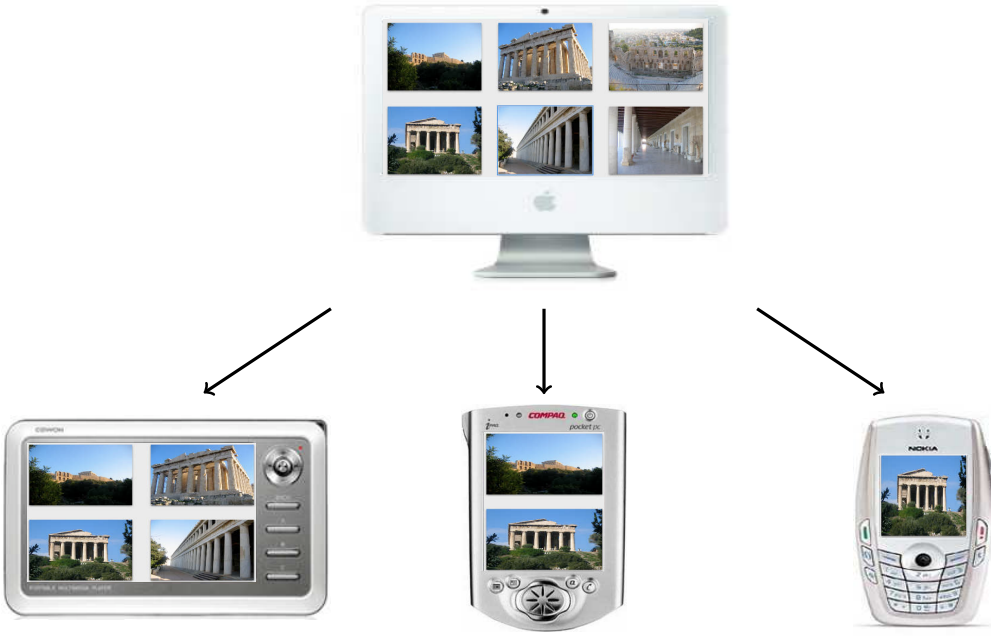


Fig. 1.1 – Une situation nécessitant l'adaptation de documents multimédia.

Dans de très nombreux cas, ces utilisateurs ne disposent donc pas d'une plate-forme identique à celle ayant servi à la réalisation du document multimédia initial. De

plus, nombre de ces plates-formes disposent de capacités limitées ou élargies comme la taille d'écran ou les moyens d'interaction possibles, voir de préférences utilisateurs comme la langue naturelle.

Ayant pour objectif d'exécuter le document multimédia initial sur de nombreuses plates-formes, il est nécessaire de l'adapter, c'est-à-dire le transformer pour qu'il satisfasse toutes les contraintes d'adaptation imposées par une plate-forme cible, autrement celui-ci ne sera pas exécuté. Ces contraintes d'adaptation peuvent porter sur les médias eux-mêmes mais aussi sur la composition du document qu'elle soit temporelle, spatiale ou hypermédia.

Par exemple, dans la figure 1.1, le document multimédia initial a été réalisé sur un ordinateur de bureau qui dispose d'un écran suffisant large pour présenter six images simultanément. Les plates-formes cibles, qui sont respectivement un lecteur multimédia, un assistant personnel (PDA) et un téléphone portable, disposent de contraintes d'adaptation spécifiques sur la composition des documents ne permettant pas d'exécuter le document multimédia initial tel quel. En effet, pour chacune des plates-formes cibles l'utilisateur souhaite un nombre restreint d'images à présenter simultanément : quatre pour le lecteur multimédia, deux pour le PDA et une seule pour le téléphone portable. Par conséquent, l'adaptation transforme le document multimédia initial et produit d'autres documents multimédia adaptés qui satisfont chaque contrainte d'adaptation et qui peuvent donc être exécutés sur chaque plate-forme cible.

Le travail présenté dans cette thèse a pour objectif de contribuer à l'adaptation de documents multimédia en considérant la sémantique des documents ainsi que l'ensemble des contraintes d'adaptation qui portent sur leur composition.

1.2 Objectifs et contribution

L'adaptation de documents multimédia permettant leurs exécutions sur n'importe quel terminal représente un vrai défi. Les solutions proposées actuellement ne s'attaquent pas au problème de l'adaptation de la composition des documents multimédia de manière complète, mais essaient de fournir des solutions, souvent manuelles ou explicites, face à des ensembles de contraintes d'adaptation très spécifiques. Ces solutions sont aussi très souvent basées sur des langages de description de documents multimédia rendant l'adaptation plus ou moins flexible.

Par conséquent, il apparaît important de rendre l'adaptation plus indépendante face à tous ces langages de description de documents multimédia et plus flexible pour ainsi couvrir de nombreuses contraintes d'adaptation et notamment celles qui portent sur la composition des documents multimédia qu'elle soit temporelle, spatiale, hypermédia ou inter-dimensionnelle.

Notre thèse propose d'abstraire les documents en une structure exprimant l'ensemble des objets du document ainsi que leurs relations. Les relations entre objets sont d'ordre temporel, spatial, hypermédia voir inter-dimensionnel, et peuvent être de nature

qualitative. Cette structure capture la sémantique des documents car elle est capable de couvrir chacune de ses exécutions potentielles. Dans ce contexte, adapter va consister à calculer un ensemble d'exécutions le plus proche possible de ces exécutions potentielles qui satisfont les contraintes d'adaptation imposées par une plate-forme cible. À cet effet, les relations de la structure abstraite sont modifiées de sorte de satisfaire ces contraintes d'adaptation.

Tout au long de nos travaux de recherche, nous avons tenté de mener une activité équilibrée entre la théorie et la pratique. En effet, il est fondamental de confronter les propositions théoriques avec un contexte applicatif concret. Deux types de résultats sont donc visés par notre travail :

1. Des résultats théoriques qui portent sur l'utilisation de représentations abstraites qualitatives de chacune des dimensions des documents multimédia, la définition de distances entre les relations d'une représentation permettant de calculer des solutions d'adaptation le plus proche possible du document initial, la combinaison des dimensions produisant une adaptation inter-dimensionnelle, l'utilisation de données propres aux documents multimédia telles que ses structurations ou ses annotations permettant le raffinement de l'adaptation, et enfin des optimisations envisageables.
2. Des résultats pratiques qui portent sur la prise en compte des contraintes de composition via un langage standard de description de profils nommé CC/PP (Composite Capability/Preference Profiles), des algorithmes qui permettent le calcul de solutions d'adaptation sur nos représentations qualitatives de documents multimédia et enfin le développement d'un prototype interactif qui adapte des documents multimédia standards tels que les documents multimédia SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language).

1.3 Plan de thèse

Ce mémoire de thèse est organisé en trois grandes parties :

Première partie

Cet état de l'art établit une synthèse ainsi qu'une critique des différentes techniques actuelles d'adaptation de documents multimédia et propose une approche sémantique complémentaire qui permet une adaptation de la composition des documents multimédia.

Chapitre 2

Dans ce chapitre, la problématique d'adaptation de documents multimédia est présentée. Quelques définitions sont ajoutées pour fixer les termes employés dans ce

mémoire. Ensuite, nous proposons une catégorie des différentes techniques d'adaptation de documents multimédia et l'illustrons via des approches et systèmes existants. Pour conclure, nous élaborons une critique montrant qu'actuellement peu de solutions complètes permettent d'adapter la composition des documents multimédia.

Chapitre 3

Une approche sémantique d'adaptation de documents multimédia est proposée. Celle-ci considère un document multimédia comme un ensemble d'exécutions potentielles. Des contraintes d'adaptation vont produire un autre ensemble d'exécutions considérées comme possibles. L'adaptation consiste alors à trouver l'ensemble d'exécutions potentielles qui sont possibles ou bien un ensemble d'exécution possibles le plus proche des exécutions potentielles.

Deuxième partie

Notre contribution théorique étend l'approche d'adaptation sémantique aux principales dimensions des documents multimédia : temporelle, spatiale et hypermédia. Des extensions de cette approche sont également proposées comme la suppression d'éléments du document, la prise en compte d'annotations fournis par l'auteur ainsi que des optimisations accélérant le calcul de solutions d'adaptation.

Chapitre 4

Nous appliquons l'adaptation sémantique de documents multimédia aux principales dimensions des documents : temporelle, spatiale et hypermédia. De plus, nous proposons de combiner l'ensemble de ces principales dimensions pour produire une adaptation spatio-temporelle-hypermédia. Nous montrons également dans ce chapitre que différentes représentations qualitatives du document peuvent être manipulées par notre approche.

Chapitre 5

Suite à l'application de l'adaptation sémantique aux principales dimensions des documents multimédia, nous proposons, dans ce chapitre, de la raffiner en autorisant la suppression d'éléments du document et en utilisant des notions propres au domaine du multimédia telles que les annotations produites par l'auteur. Enfin, nous montrons que différents types d'objets multimédia contenus dans un document peuvent être associés à différentes relations de voisinage qui induisent des adaptations plus appropriées.

Chapitre 6

Nous proposons diverses optimisations de l'adaptation sémantique qui permettent d'accélérer le calcul de solutions d'adaptation. Tout d'abord, nous montrons que la sélection d'une représentation qualitative du document devra assurer un compromis entre nombre de relations qualitatives possibles et expressivité. Enfin, la représentation abstraite du document, c'est-à-dire sa spécification, devra contenir un nombre d'éléments suffisant pour permettre l'adaptation.

Troisième partie

Cette partie plus technique et pratique met en œuvre notre approche d'adaptation sur des documents multimédia standards sur l'internet en proposant un système interactif composé de différents algorithmes qui permettent d'engendrer des solutions d'adaptation.

Chapitre 7

Nous proposons d'appliquer notre approche d'adaptation sémantique sur des documents multimédia standards sur l'internet tels que les documents multimédia SMIL. Nous motivons le choix de ce langage de description de documents et présentons brièvement sa syntaxe. Également, nous montrons que des contraintes d'adaptation sur la composition des documents multimédia peuvent être spécifiées. Pour cela, nous présentons un langage standard de description de profils nommé CC/PP et proposons une extension possible de ce langage pour spécifier ce type de contraintes.

Chapitre 8

Nous souhaitons implanter à l'aide d'algorithmes l'adaptation sémantique de documents multimédia. Pour cela, nous proposons un encodage des structures de données utilisées. Pour engendrer des solutions d'adaptation, deux principaux algorithmes sont présentés : le premier vérifie la consistance d'une solution tandis que le second ne retient que les solutions les plus proches du document multimédia initial.

Chapitre 9

Nous présentons un prototype interactif permettant d'adapter des documents multimédia SMIL. Ce système permet l'édition de documents SMIL en vérifiant sa syntaxe, applique notre stratégie d'adaptation en fournissant des contraintes de composition du document, présente toutes les solutions d'adaptation envisageables, et produit un document multimédia SMIL adapté. En parallèle à la description de ce système, nous détaillons son architecture en précisant les différentes étapes de modifications des structures de données utilisées.

Première partie

Adaptation de documents multimédia : état de l'art

Chapitre 2

Adapter des documents multimédia

Résumé

Ce chapitre expose la problématique d'adaptation de documents multimédia et présente différentes méthodes et approches permettant de la mettre en œuvre. Pour ce faire, nous proposons une classification de l'adaptation selon trois types basés sur : des alternatives, des règles de transformation et des modèles de document flexibles. De plus, nous montrons que les approches existantes ne couvrent pas tous les types de contraintes d'adaptation et offrent des stratégies d'adaptation explicites. Une autre solution sera proposée par la suite.

Sommaire

2.1 Introduction **9**
2.1.1 Problématique 10
2.1.2 Définitions 11
2.2 Classification de l'adaptation **13**
2.2.1 Spécification d'alternatives 13
2.2.2 Spécification de règles d'adaptation 14
2.2.3 Spécification de modèles de document flexibles 15
2.2.4 Autres approches 15
2.3 Systèmes existants **16**
2.3.1 Basés sur des alternatives 16
2.3.2 Basés sur des règles d'adaptation 22
2.3.3 Basés sur des modèles de document flexibles 25
2.3.4 Autres approches 29
2.4 Critiques **30**
2.5 Conclusion **31**

2.1 Introduction

Ces dernières années, les progrès technologiques ont favorisé l'émergence d'une grande variété de moyens permettant d'accéder à l'information. Par exemple, on peut citer la prolifération de différents types de téléphones mobiles, ordinateurs portables, assistants personnels, etc.

Pour que les documents soient correctement présentée sur chaque appareil il est nécessaire de les adapter. Nous nous intéressons plus particulièrement aux documents multimédia, c'est-à-dire des documents structurés qui contiennent plusieurs médias. Ce chapitre commence par montrer la nécessité d'adapter des documents multimédia dans des environnements hétérogènes et présente quelques définitions des termes utilisés dans cette thèse. Par la suite, nous proposons une classification des différentes techniques d'adaptation (§2.2) et nous les illustrons par des travaux existants (§2.3). Enfin, nous en identifions les lacunes ce qui nous amène à envisager une approche sémantique (§2.4).

2.1.1 Problématique

Aujourd'hui, une grande diversité de plates-formes (ou terminaux) permettent l'accès à l'information n'importe où et n'importe quand : les ordinateurs portables, les assistants personnels (PDA), les téléphones mobiles, les lecteurs de salon, les adjoints de poste de télévision (set-top boxes)... Chacune de ces plates-formes dispose de capacités très variées, par exemple la figure 2.1 illustre la variété de téléphones mobiles existants. En particulier, les tailles d'écran, les possibilités d'interaction et les capacités de présentation de l'information (par exemple, résolution et couleur de l'écran) diffèrent de manière importante d'un terminal à l'autre.

FIG. 2.1 – Un exemple d'hétérogénéité de téléphones mobiles.

Compte tenu de cette hétérogénéité, les documents multimédia ne peuvent pas être exploités de la même manière pour tous les terminaux. Ces documents doivent satisfaire un ensemble de contraintes de présentation spécifiées notamment dans des profils. Ces profils caractérisent les capacités matérielles et logicielles du terminal utilisé ainsi que les préférences de l'utilisateur.

Pour satisfaire ces profils, une solution possible consiste à concevoir et diffuser les variantes adaptées d'un document pour chaque terminal. Par exemple, à partir d'un document initial on pourrait concevoir des versions pour téléphones portables, pour assistants personnels... Ce traitement devrait être effectué également pour chaque type de plate-forme considérée (voir figure 2.1 concernant certains téléphones portables) et chaque type de profil envisageable sur celle-ci. Au vu du nombre d'alternatives à engendrer, leur accroissement constant, la diversité et l'évolution des profils, cette solution est coûteuse et très fastidieuse.

Dans le cas où un document multimédia ne satisfait pas un profil particulier, une autre solution consiste à *adapter* automatiquement ce document, c'est-à-dire lui faire subir un ensemble de transformations lui permettant de s'exécuter correctement compte tenu d'un profil donné. Pour garantir une qualité d'adaptation, un ensemble de propriétés sur l'application des transformations doivent être définies, comme par exemple sélectionner des transformations efficaces en termes de temps d'exécution, être le plus proche possible de l'intention de l'auteur du document initial ou bien, comme nous l'envisageons dans ce manuscrit, de la structuration du document initial.

L'adaptation de documents multimédia doit enfin être en mesure d'adapter des langages standards de description de documents, notamment ceux définis par le W3C[1] (World Wide Web Consortium) comme les documents multimédia SMIL [25], car se sont des formats très utilisés et directement exécutables sur de multiples plates-formes.

Préalablement à la présentation de diverses techniques et approches d'adaptation de documents multimédia, nous présentons dans la section suivante quelques définitions de termes qui seront utilisés tout au long de cette thèse.

2.1.2 Définitions

Pour clarifier les notions fondamentales et le vocabulaire qui intervient dans le domaine de l'adaptation, nous définissons plusieurs termes qui seront utilisés dans ce manuscrit.

Objet multimédia : Un objet multimédia est une entité qui fait référence à une ressource pouvant être, par exemple, de l'audio, du texte, une image ou bien une vidéo.

Document multimédia : Un document multimédia est constitué d'un ensemble d'*objets multimédia*. Ceux-ci sont mis en page grâce à des techniques d'assemblage propres à l'auteur et forment la *composition du document multimédia*.

Présentation multimédia : Une présentation multimédia correspond à une exécution du document sur une plate-forme et à un instant donné.

[1] `http://www.w3c.org`

Composition d'un document multimédia : Dans un document multimédia, les objets multimédia sont assemblés par un auteur selon plusieurs dimensions. Il en existe quatre principales [86] : une dimension temporelle (synchronisation des objets multimédia dans le temps), spatiale (disposition des objets multimédia dans l'espace d'affichage), logique (regroupement de certains objets multimédia sous une même entité) et hypermédia (possibilité de navigation dans le document multimédia).

Profil : Un profil décrit un ensemble de *contraintes d'adaptation*. Pour qu'un document multimédia puisse être exécuté sur une plate-forme disposant d'un profil, il est primordial que ce document satisfasse l'ensemble des contraintes imposées par ce profil.

Contrainte d'adaptation : Une contrainte d'adaptation est souvent associées à des capacités matérielles (par exemple, la taille de l'écran), logicielles (par exemple, les types de ressources exécutables) ou des préférences utilisateurs (par exemple, la langue de l'utilisateur). Ces contraintes sont fortement liées aux objets multimédia du document ainsi qu'à leur composition.

Adaptation d'objets multimédia ou adaptation de contenu : Cette opération consiste à transformer un objet multimédia en un autre objet multimédia satisfaisant un profil donné. Pour cela, des techniques de transcodage (c'est-à-dire de conversion ou de traduction du contenu, comme par exemple une transformation d'un encodage MPEG-4[2] vers l'encodage H.264[3] qui réduit la quantité de couleurs d'un objet) ou de transmodage (c'est-à-dire de modification du type de sorties, comme par exemple une transformation d'une vidéo en texte) sont souvent appliquées aux objets multimédia.

Adaptation de la composition d'un document multimédia : Cette adaptation consiste à transformer la composition d'un document multimédia pour satisfaire un profil cible. Par exemple, d'un point de vue temporel cette transformation consiste à modifier la synchronisation des différents objets multimédia d'un document.

Adaptation de documents multimédia : Cette approche consiste à adapter les objets multimédia d'un document ou sa composition dans le but de satisfaire un profil donné.

Avec ces définitions notre problématique est reformulée de la manière suivante : pour qu'un document multimédia soit présenté sur de multiples plates-formes disposant de profils, celui-ci devra subir une étape d'adaptation. Cette dernière transforme le document pour qu'il satisfasse toutes les contraintes d'adaptation exprimées dans les profils. Nous présentons dans la suite plusieurs méthodes permettant l'adaptation de documents multimédia.

[2] `http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm`
[3] `http://www.itu.int/rec/T-REC-H.264/f`

2.2 Classification de l'adaptation

Nous classifions l'adaptation de documents multimédia selon trois types basés sur : des alternatives (§2.2.1), des règles de transformation (§2.2.2) et des modèles de document flexibles (§2.2.3). Cette classification complète celle proposée dans [66]. Des méthodes portant exclusivement sur l'adaptation des objets multimédia et d'autres types d'adaptation proposés dans d'autres thématiques de recherche seront aussi présentées (§2.2.4).

2.2.1 Spécification d'alternatives

Une première méthode d'adaptation de documents multimédia consiste à solliciter l'auteur pour spécifier des alternatives de présentation. Ce dernier définit un ensemble de critères sur certains éléments du document, si les éléments satisfont les critères ils sont sélectionnés puis présentés, dans le cas contraire ils sont omis de la présentation.

Nous avons caractérisé les alternatives de présentation en trois types : (1) celles fonction du profil de la plate-forme cible (§2.2.1.1), (2) celles fonction du contenu du document (§2.2.1.2) et (3) les approches mixtes (§2.2.1.3).

2.2.1.1 Basées sur des profils cibles

Dans ce type d'approche, l'auteur du document définit des alternatives de présentation selon les profils des plates-formes cibles. Par exemple, l'auteur peut identifier différentes compositions de présentation selon les capacités matérielles d'une plate-forme cible comme la taille de l'écran, différents encodages des objets multimédia déterminés selon les capacités logicielles ou la bande passante disponible, ou bien différentes versions d'objets multimédia selon la langue de l'utilisateur.

Par conséquent, ce type d'adaptation peut être qualifié d'*adaptation a priori* car l'auteur connaît en amont toutes les conditions de sélection qui seront appliquées à son document. Un avantage certain de ce type d'alternatives est donc que l'adaptation est immédiate. Néanmoins, l'auteur doit prévoir toutes les contraintes d'adaptation possibles et spécifier toutes les alternatives envisageables. Actuellement, la diversité des profils et des plates-formes à considérer rend ce travail coûteux et fastidieux.

2.2.1.2 Basées sur le contenu

Cette seconde approche permet à l'auteur de baser les alternatives sur le contenu de la présentation. Pour cela, l'auteur agrémente son document de multiples annotations identifiant les parties plus ou moins pertinentes, décrivant plus en détail le contenu de certaines parties, etc. À l'aide des annotations, un filtrage peut ensuite être appliqué au document permettant de sélectionner les parties qui répondent aux critères de sélection établis.

Ainsi, ce type d'adaptation peut être qualifié d'*adaptation a posteriori* car l'auteur ne connaît pas les conditions de sélection qui seront effectivement appliquées à son document. Un avantage de cette seconde classe d'alternatives est donc que plus le document sera annoté, plus l'adaptation sera flexible. Cependant, l'auteur doit réaliser cet effort d'annotation. De plus, les conditions de sélection sont fortement dépendantes du langage utilisé pour annoter le document. Par conséquent, il est nécessaire d'utiliser un langage standard autrement le document ne s'adaptera que dans les contextes où le langage utilisé sera connu.

2.2.1.3 Approche mixte

Cette dernière approche fusionne les types d'alternatives présentés dans les sections précédentes pour adapter un document multimédia, c'est-à-dire les alternatives basées sur les profils des plates-formes cibles (§2.2.1.1) et celles basées sur le contenu de la présentation (§2.2.1.2). Pour cela, l'auteur effectue un double travail de spécification d'alternatives non seulement selon différents contextes d'exécutions mais aussi en ajoutant des annotations au document.

L'avantage de cette approche permet de disposer d'une adaptation directe de certaines parties du document et de bénéficier d'une flexibilité d'adaptation pour d'autres parties. Néanmoins, les inconvénients des deux précédentes approches sont maintenus pour cette approche mixte.

2.2.2 Spécification de règles d'adaptation

Pour éviter à l'auteur de spécifier toutes les alternatives possibles de présentation de son document, une autre approche d'adaptation consiste à disposer d'une base de règles de transformation qui peuvent éventuellement être appliquées aux documents multimédia.

Par exemple, dans la figure 2.2 on souhaite exécuter un bulletin météo composé d'une vidéo et d'un texte sur un lecteur multimédia. Cependant, cette plate-forme cible n'accepte aucun format vidéo. L'adaptation consistera alors à sélectionner dans la base de règles de transformations celles qui satisferont le profil considéré et à les appliquer au document. Ici, la transformation T_1 d'une vidéo en séquence d'images.

L'avantage de cette méthode réside dans le fait que l'auteur du document initial n'a pas à se soucier des contextes d'exécutions de son document. De plus, ces règles peuvent être complétées si de nouveaux contextes apparaissent.

Néanmoins, pour que ce type d'adaptation soit efficace toutes les règles de transformation envisageables doivent être spécifiées.

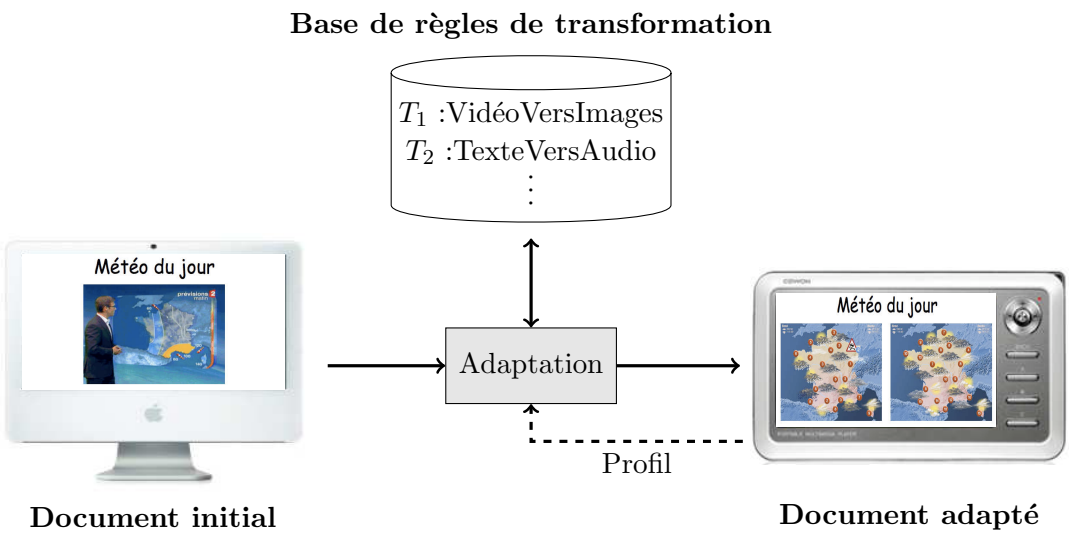


FIG. 2.2 – Adapter un document multimédia à l'aide d'une base de règles de transformation.

2.2.3 Spécification de modèles de document flexibles

Pour disposer d'une adaptation la plus flexible possible et éviter de spécifier des règles de transformations, une nouvelle thématique de recherche sur l'adaptation est apparue. Elle se fonde sur la génération automatique de documents multimédia à partir d'un ensemble non composé ou semi-composé d'objets multimédia pour répondre aux problèmes d'hétérogénéité des contextes de présentation.

Pour cela, de nombreux travaux se sont attachés à définir des modèles de documents multimédia où l'auteur ne donne pas une représentation précise de la composition du document ou des objets multimédia à présenter mais plutôt une forme d'abstraction du document, voir exclusivement son intention de discours de présentation. Par la suite, à l'aide du modèle de document fourni, un module de formatage engendre une présentation multimédia.

Les contraintes d'adaptation exprimées dans les profils peuvent donc se situer à plusieurs niveaux : à la fois sur l'abstraction du document mais aussi sur sa génération. Toutefois, les documents à adapter doivent être spécifiés dans ces modèles de description non standards et non directement exploitables.

2.2.4 Autres approches

Nous souhaitons mentionner dans cette dernière catégorie d'adaptation : des méthodes dédiées exclusivement à l'adaptation d'objets multimédia (§2.2.4.1) et d'autres types d'adaptation venant de thématique de recherche autres que celle du document multimédia (§2.2.4.2).

2.2.4.1 Adaptation d'objets multimédia

Ce type d'adaptation, définie dans la section 2.1.2, se consacre exclusivement à la transformation d'objets multimédia, comme par exemple transformer un texte en bande sonore. Cette approche est tout de même liée à l'adaptation de la composition du document. Dans notre exemple, la transformation d'un texte en bande sonore (ou inversement) a une répercussion sur l'espace d'affichage et par conséquent sur la composition spatiale des éléments du document.

Néanmoins, même si ces approches ne portent pas directement sur l'adaptation de la composition des documents multimédia, certaines méthodes d'adaptation d'objets multimédia pourraient être transposées au niveau de la composition du document. Ceci pourrait être notamment le cas des techniques de résumé qui consistent à retenir seulement les éléments importants d'une présentation.

2.2.4.2 Autres types d'adaptation

Du fait de la multiplicité des contextes d'exécutions, des domaines de recherche autres que celui des documents multimédia se sont intéressés à la problématique d'adaptation. On peut citer notamment les systèmes d'informations, l'interaction homme-machine et la synthèse d'images et animation 3D.

Même si ces approches ne considèrent pas des documents multimédia, il est intéressant d'analyser comment la notion de contexte d'exécution est modélisée et enfin quelles solutions sont envisagées par ces approches pour répondre au besoin d'adaptation.

Toutes les approches présentées précédemment s'instancient dans différents systèmes ayant tous des domaines d'applications et caractéristiques différentes. Nous les considérons ci-après.

2.3 Systèmes existants

Après avoir exposé notre classification de l'adaptation, nous illustrons à présent chaque type d'approches avec des systèmes existants. Par soucis de clarté, l'organisation de cette section suivra celle proposée dans la section précédente.

2.3.1 Basés sur des alternatives

Il existe des langages de description de documents multimédia qui permettent l'utilisation des trois types de spécification d'alternatives présentés dans la section 2.2.1. Nous les présentons ci-après.

2.3.1.1 Alternatives construites autour de profils cibles

Le langage de description de documents multimédia SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) [25], basé sur le langage XML (Extensible Markup Language) [22], permet la spécification de présentations multimédia interactives. Ce langage permet de décrire l'organisation temporelle des objets multimédia, de spécifier leur disposition spatiale et de définir des liens hypermédia internes (pointant vers différents instants de la présentation) ou externes (pointant vers d'autres documents). Un exemple de document multimédia SMIL est présenté dans la figure 2.3.

```
<smil xmlns="http://www.w3.org/2001/SMIL20/Language">
  <head>
     <layout>
        <root-layout height="500" width="500"/>
        <region id="r1" height="480" width="480" top="10" left="10"/>
     </layout>
  </head>
  <body>
     <seq>
        <img id="Titre" src="Titre.jpg" region="r1" dur="4s"/>
        <par>
           <video id="Demo" src="Demo.avi" region="r1"/>
           <audio id="Commentaire" src="Commentaire.au" begin="Demo.begin+5s"/>
        </par>
     </seq>
  </body>
</smil>
```

Fig. 2.3 – Un exemple de document multimédia SMIL.

La sémantique du document SMIL présenté dans la figure 2.3 est décrite comme suit : les objets multimédia identifiés par `Demo` et `Commentaire` se jouent en parallèle. La ressource `Commentaire` se joue cinq secondes après le début de l'objet `Demo` grâce à la synchronisation définie par la formule `begin="Demo.begin+5s"`. Notons que le groupe d'objets `Demo` et `Commentaire` est joué en séquence avec la ressource `Titre` qui dure quatre secondes (`dur="4s"`). Le document proposé spécifie également des informations de type spatial : l'espace global de présentation est défini par l'élément `root-layout`, les ressources `Titre` et `Demo` sont associées à une partie visuelle de l'espace d'affichage nommée `r1` qui est définie par l'élément `region`. Comme le montre la figure 2.3, SMIL introduit d'un point de vue syntaxique une nette séparation entre le scénario temporel et la dimension spatiale.

Le langage SMIL offre une gestion des alternatives de présentation en utilisant l'élément `switch`. Ce dernier permet de spécifier un ensemble d'alternatives pour un élément de la présentation tenant compte de la langue de l'utilisateur, de la taille d'écran du terminal, du système d'exploitation utilisé, etc. Pour cela, chaque alternative comporte des attributs de contexte contenant des expressions booléennes à évaluer. La première alternative qui est évaluée à vrai est présentée. La figure 2.4 montre un exemple d'utilisation de l'élément `switch`.

```
...
<par>
   <video id="Demo" src="Demo.avi" region="r1"/>
   <switch>
      <audio systemOperatingSystem="palmos" systemLanguage="en"
              src="Commentaire-palm.au" .../>
      <audio systemLanguage="en" src="Commentaire-en.au" .../>
      <audio systemLanguage="de" src="Commentaire-de.au" .../>
      <audio src="Commentaire.au" .../>
   </switch>
</par>
...
```

FIG. 2.4 – Un exemple d'utilisation de l'élément `switch` du langage SMIL.

Dans cet exemple, différentes alternatives de l'objet `Commentaire`, dépendantes de la langue de l'utilisateur (`systemLanguage`) et du système d'exploitation utilisé (`systemOperatingSystem`), ont été spécifiées. Le fichier audio `Commentaire-palm.au` sera réservé aux utilisateurs anglophones disposant du système d'exploitation `palmos`. Le fichier audio `Commentaire-en.au` sera utilisé pour des utilisateurs anglophones autres que ceux utilisant le système d'exploitation `palmos`. Le fichier `Commentaire-de.au` sera réservé aux utilisateurs pratiquant la langue allemande. Dans le cas où aucune condition n'est satisfaite, le fichier par défaut `Commentaire.au` sera présenté.

Bien que le langage SMIL offre des possibilités d'adaptation pour différents contextes de présentation, lorsque les alternatives sont basées sur un profil cible, l'auteur du document doit prévoir sur quelles plates-formes son document va être exécuté et en conséquence définir toutes les alternatives potentielles. De plus, la pérennité du document risque d'être remis en cause dans le cas où de nouvelles contraintes liées à de nouvelles plates-formes doivent être prise en compte.

2.3.1.2 Alternatives construites autour du contenu

Un langage de description de documents multimédia basé sur une extension temporelle du langage HTML (Hypertext Markup Language) [83] et offrant de nouveaux marqueurs et attributs est proposé dans [87]. Celui-ci permet de définir des alternatives et annotations portant sur le contenu d'une présentation multimédia. La figure 2.5 présente un exemple basé sur ce modèle.

L'auteur à la possibilité d'enrichir son document avec des annotations précisant des valeurs d'importance de certains objets multimédia, le type de versions proposées, etc. Des conditions relatives à un profil cible sont par la suite appliquées au document pour satisfaire les contraintes et offrir un document adapté.

Un exemple de conditions à appliquer au document de la figure 2.5 est proposé dans la figure 2.6. Dans cet exemple, on décide de ne retenir que les informations du document considérées comme importante par l'auteur, des versions courtes et une exécution simultanée.

```
<object id="China" description="Offres de voyages pour la Chine">
   <object id="video" importance="high" default src="china-clip-v1.avi"/>
   <object id="video" importance="low" src="china-clip-v2.avi"/>
   <htlink orig="beg" target="video.beg"/>
</object>
<object id="Japan" description="Offres de voyages pour le Japon">
   <object id="video" version="long" default src="long-japan-clip.avi"/>
   <object id="video" version="short" src="short-japan-clip.avi"/>
   <htlink orig="beg" target="video.beg"/>
</object>
<htlink target="China.beg"/>
<htlink id="JapanBeg" version="seq" default orig="China.end" target="Japan.beg"/>
<htlink id="JapanBeg" version="par" orig="China.beg" target="Japan.beg"/>
```

FIG. 2.5 – Enrichissement d'un document multimédia en vue d'une adaptation.

```
<condition>
   <disjunction>
      <choice type="importance" value="high"/>
      <choice type="version" value="short"/>
      <choice type="version" value="par"/>
   </disjunction>
</condition>
```

FIG. 2.6 – Spécification de conditions à appliquer au document de la figure 2.5.

Le résultat de l'application des conditions spécifiées dans la figure 2.6 au document de la figure 2.5 est présenté dans la figure 2.7.

```
<object id="China">
   <object id="video" src="china-clip-v1.avi"/>
   <htlink orig="beg" target="video.beg"/>
</object>
<object id="Japan">
   <object id="video" src="short-japan-clip.avi"/>
   <htlink orig="beg" target="video.beg"/>
</object>
<htlink target="China.beg"/>
<htlink orig="China.beg" target="Japan.beg"/>
```

FIG. 2.7 – Résultat de l'application des conditions de la figure 2.6 au document de la figure 2.5.

Ce type d'adaptation par sélection du contenu peut être apparenté à l'application d'une feuille de style au document. Par exemple, il est possible de réaliser cette opération au moyen du langage XSLT [30] pour des document de type XML, comme proposé dans [97], ou CSS [20] pour des pages HTML comme suggéré dans [13]. On peut également citer le système WebViews [41] qui utilise des expressions XPath [31] pour sélectionner des parties de documents. L'originalité de ce système est que ses utilisateurs manipulent une interface améliorée permettant de sélectionner graphiquement le contenu. Ainsi, les utilisateurs ne sont pas obligés de connaître le langage XPath.

Cependant, l'adaptation de tels documents impose que les conditions de sélection ou de transformation du contenu reposent sur un langage dépendant du langage de description du document initial.

2.3.1.3 Approche mixte

AHM Le modèle AHM (Amsterdam Hypermedia Model) [50] a été développé afin de fournir un cadre de travail pour la combinaison de deux domaines : le multimédia et l'hypermédia. Le modèle a été défini en combinant le modèle hypertexte Dexter [49, 48] avec le modèle multimédia CMIF [27] tout en ajoutant quelques extensions relatives à l'hypermédia.

Comme le modèle Dexter, AHM permet l'usage d'un ensemble d'attributs de présentation spécifiques à des composants individuels du contenu. AHM étend cet ensemble d'attributs en définissant le concept de canaux. Les canaux sont des entités abstraites associées à la présentation d'un élément du contenu multimédia. Un canal regroupe un ensemble de caractéristiques qui concernent la présentation de l'élément multimédia, tel que le style ou la taille d'un texte, le volume d'un objet audio, etc. Lorsqu'un document multimédia est joué, les canaux sont instanciés selon les caractéristiques spécifiées dans le profil cible.

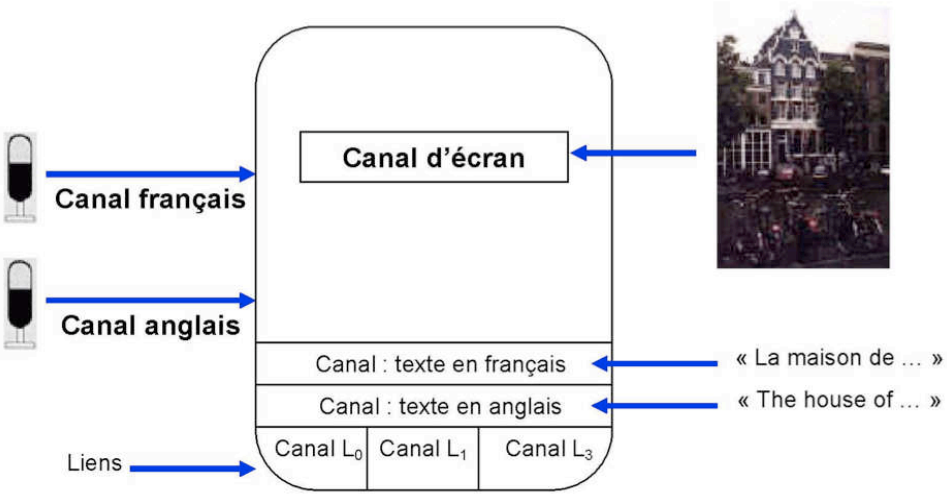


FIG. 2.8 – Un exemple présentant le modèle AHM.

La figure 2.8 présente un exemple d'utilisation de canaux AHM pour une présentation multimédia. Deux canaux audio sont utilisés, un canal pour un commentaire en français et un autre pour le même commentaire en anglais. La présentation contient trois liens représentés par trois canaux différents qui pointent vers des portions différentes de contenu. Deux ressources textes sont utilisées qui fournissent des informations sur la présentation en deux langues. Un canal AHM possède un attribut d'activation qui permet à l'utilisateur de spécifier si le canal doit être utilisé ou non au moment de la présentation.

Les canaux du modèle AHM permettent donc de personnaliser une présentation multimédia pour différents contextes. Cependant, l'auteur du document doit prendre en compte tous les canaux possibles. De plus, le modèle ne définit pas de stratégie explicite pour la gestion et la sélection des canaux.

Tiempo Tiempo (Temporal integrated model to present multimedia-objects) [99] est un modèle de documents multimédia flexible où les relations entre les différents objets multimédia du document sont décrites de manière qualitative.

Avec pour ambition d'exécuter le document sur différentes plates-formes, Tiempo se base sur des descriptions d'alternatives fournies par l'auteur du document. Celui-ci peut définir des alternatives à la fois concernant les objets multimédia et la composition du document. L'auteur fournit explicitement les alternatives de présentation et spécifie des valeurs de priorité d'exécution.

La figure 2.9 montre un exemple d'alternatives à l'aide du modèle Tiempo. Le groupe externe d'objets multimédia contient deux alternatives de présentation : la première est un texte, la seconde est une animation avec un autre groupe d'objets multimédia. Ce groupe interne d'objets multimédia contient lui-même deux alternatives : un discours ou des sous-titres. Des valeurs de priorité d'exécution sont ensuite associées aux alternatives. Par exemple, l'animation dispose d'une priorité maximale (100) et par conséquent doit être sélectionnée si la plate-forme cible le permet.

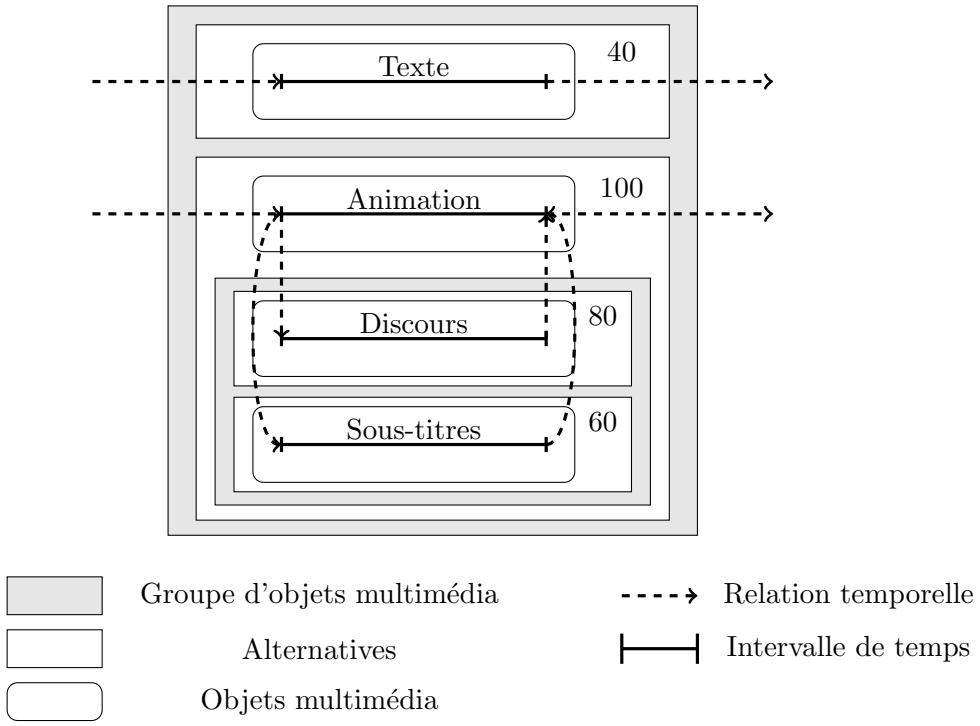


Fig. 2.9 – Un exemple présentant le modèle Tiempo.

Pour que l'adaptation soit efficace, l'auteur du document doit fournir toutes les informations nécessaires, entre autres les valeurs de priorité et les alternatives.

2.3.2 Basés sur des règles d'adaptation

Pour éviter à l'auteur de spécifier toutes les alternatives possibles de présentation de son document, certains travaux de recherche se sont focalisés sur la réalisation de systèmes basés sur des règles de transformation du document. Nous en présentons quelques exemples.

2.3.2.1 Négociation et adaptation de contenu

Une architecture flexible nommée NAC (Negotiation and Adaptation Core) [68] définit des composants qui interviennent dans la négociation et l'adaptation de contenu, et en décrit leur organisation. NAC permet plusieurs types d'adaptation : une adaptation structurelle (c'est-à-dire une transformation syntaxique de la description du document) et une adaptation des objets multimédia. Son architecture est présentée dans la figure 2.10.

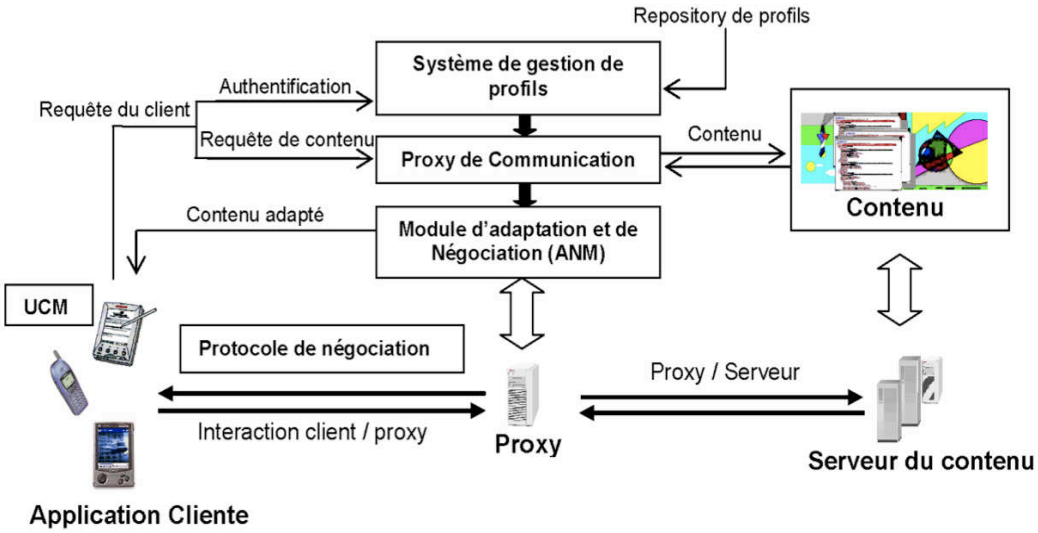


FIG. 2.10 – Organisation générale de l'architecture NAC.

Le module d'adaptation et de négociation (ANM) assure l'adaptation du document. Cela est effectué grâce à l'application d'un ensemble de méthodes de transformation structurale et d'adaptation de contenu. L'adaptation est dynamique dans la majorité des cas et dépend d'un ensemble de valeurs qui permettent de caractériser le contexte, tels que l'application cliente utilisée, les formats acceptés par le client, la taille d'écran du terminal, etc. Le module ANM coopère avec les autres entités de l'architecture afin de prendre la meilleure décision de négociation : choix de version de contenu, choix de méthode d'adaptation, choix de méthode de transmission du contenu final, etc.

Pour cela, un graphe d'adaptation est élaboré listant toutes les étapes et techniques de transformation qui permettent d'obtenir, à partir du contenu source non adapté, un contenu respectant l'ensemble des contraintes. Le choix entre les méthodes d'adaptation

disponibles prend en compte la qualité du contenu, l'efficacité des méthodes (en termes de temps d'application) ainsi que la satisfaction du contexte courant.

En ce qui concerne la transformation de la composition du document, l'architecture NAC s'appuie sur le langage de transformation XSLT. Cependant, afin d'éviter le développement de feuilles de transformation pour chaque profil et pour chaque type de document, des feuilles de transformation génériques sont définies. Néanmoins, toutes les transformations dans la base de règles doivent être spécifiées.

2.3.2.2 Approche construite autour de MPEG-21

Le standard MPEG-21 [19] offre des possibilités d'adaptation de documents multimédia. Cependant, ses possibilités sont restreintes à l'adaptation des objets multimédia et non à la composition du document. Pour remédier à ces lacunes, un ensemble de règles d'adaptation en interaction avec le modèle MPEG-21 est proposé dans [3]. Cette approche, illustrée dans la figure 2.11, tient compte des relations spatio-temporelles et des dépendances entre objets multimédia.

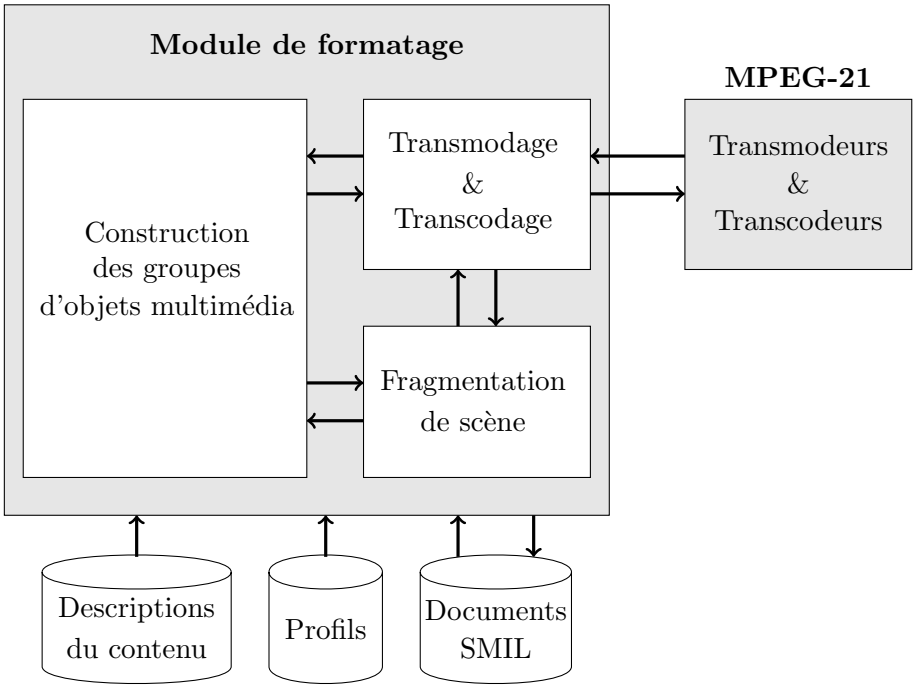


Fig. 2.11 – Organisation générale de l'architecture construite autour de MPEG-21.

Initialement, chaque objet multimédia est associé à un ensemble de valeurs de présentation, comme sa taille minimale, maximale et optimale. Ensuite, des relations de dépendances sont définies, comme par exemple des dépendances spatiales qui stipuleraient que deux objets multimédia doivent être à proximité l'un de l'autre. Enfin, un module de formatage (figure 2.11) groupe au maximum les objets multimédia ayant des dépendances et fournit un rendu visuel satisfaisant pour chaque objet. Pour cela, ce module utilise les outils du standard MPEG-21 pour la transformation des objets

multimédia et calcule les valeurs de présentation les plus proches possibles des valeurs optimales spécifiées par l'auteur du document.

Bien que ce module de formatage dispose de règles de transformation de la composition du document, celui-ci ne répond qu'à un ensemble restreint de contraintes d'adaptation. À titre d'exemple, seules des contraintes de formats d'exécution, de tailles d'écran du terminal cible et de sélections d'un sous-ensemble d'objets multimédia sont présentées dans [2].

2.3.2.3 Xadaptor

Un système d'adaptation basé sur un ensemble de règles d'adaptation, nommé Xadaptor, est proposé dans [51]. Dans une première phase, ce système interprète la composition ainsi que le contenu d'une page HTML et identifie le profil d'une plateforme cible. Puis, en fonction du profil cible celui-ci engendre un ensemble de règles Prolog [92], c'est-à-dire un ensemble de prédicats que le document final doit satisfaire. Dans une seconde phase, un module de formatage calcule une solution satisfaisant tous les prédicats.

Malgré le fait que ce type de système soit extensible et par conséquent que de nouveaux prédicats puissent être définis, ceux-ci devront obligatoirement être spécifiés lors de l'apparition de nouveaux profils. De plus, ce système est lié au format HTML : il ne considère donc pas la dimension temporelle des documents.

2.3.2.4 AHA !

AHA ! [21] est un système offrant des possibilités d'adaptation de la dimension hypermédia des documents. Celui-ci se base sur des techniques de modification des liens hypermédia qui permettent leurs suppressions ou activations ainsi que la modification de leurs cibles (c'est-à-dire la modification des possibilités de navigation dans les documents). Ces règles d'adaptation sont entre autres définies dans [23].

De plus, ce système propose une bulle colorée devant les liens hypermédia identifiant leur pertinence pour un utilisateur donné (par exemple une bulle verte devant un lien spécifie que ce lien pointe vers un concept inconnu par l'utilisateur).

Malheureusement, ce type de système ne considère que les liens textuels alors que des liens hypermédia pourraient être spécifiés au niveau des images ou des vidéos, voir même sur des portions d'images ou de vidéos. De plus, AHA ! ne gère pas la dimension temporelle des documents multimédia. En effet, dans de tels documents les liens hypermédia peuvent eux-mêmes disposer d'une temporalité indépendante de celle de l'objet multimédia associé à ce lien (par exemple une vidéo de 10 secondes qui comporte un lien hypermédia actif durant 5 secondes).

2.3.2.5 Approche abstraite relative au contexte

Prenant en considération l'évolution des profils, un système est proposé dans [100] dans lequel les règles de transformation dépendent du contexte de l'utilisateur final. Ces règles sont relativement abstraites et ne dépendent pas de la transformation effective à appliquer. Ainsi, si de nouveaux opérateurs de transcodage ou transmodage sont définis ceux-ci ne remettront pas en cause les règles d'adaptation calculées.

À titre d'exemple, considérons qu'un utilisateur est en situation de conduite d'un véhicule et qu'une vidéo doit lui être présentée. Dans un tel cas, une règle d'adaptation abstraite précise que la vidéo doit être transformée en audio. La transformation effective de transmodage de cette vidéo sera gérée par la suite. Une série d'autres exemples de règles d'adaptation de ce type est présentée dans [100].

Bien que ce système bénéficie d'une gestion abstraite des transformations, il est nécessaire, dès lors que de nouveaux contextes apparaissent, de spécifier toutes les nouvelles règles de transformation à appliquer au document. De plus, ce système ne propose pas de règles abstraites transformant la composition du document.

2.3.2.6 Approche qualitative

Une approche qualitative d'adaptation de documents multimédia est proposée dans [8]. Plus précisément, cette approche considère des documents multimédia où les dimensions temporelle et spatiale sont décrites de manière qualitative.

En premier lieu, les objets multimédia considérés comme interdits par un profil cible sont remplacés par d'autres objets sémantiquement proches pouvant être exécutés. Une fois que les objets multimédia interdits sont remplacés, ils sont contraints de disposer de relations spatio-temporelles identiques aux relations initiales. Néanmoins, certains conflits spatio-temporels, connus a priori et résultant de ces transformations, sont identifiés et résolus. Par exemple, une partie d'un texte ne peut recouvrir visuellement un autre objet multimédia ou deux bandes sonores ne peuvent s'exécuter simultanément.

Cette approche étant basée sur une description qualitative des documents multimédia, l'adaptation proposée demeure flexible. Cependant, les contraintes d'adaptation des profils ne se focalisent que sur les objets multimédia et non au niveau de la composition du document. De plus, lorsqu'un conflit temporel ou spatial est détecté chaque relation qualitative interdite est substituée par une autre mais l'approche ne garantit pas la consistance globale du document. Enfin, la dimension hypermédia n'est pas considérée.

2.3.3 Basés sur des modèles de document flexibles

Pour éviter de spécifier des règles de transformation exhaustives, nous présentons dans ce qui suit quatre modèles de documents multimédia flexibles. Le premier repose

sur des modèles abstraits du document et de l'utilisateur. Le second se base sur des descriptions de relations sémantiques entre objets multimédia. Le troisième permet à l'auteur de se concentrer sur le côté créatif de sa présentation. Enfin, le dernier est construit autour de schémas prédéfinis de présentation (templates).

2.3.3.1 Document Virtuel Personnalisable

Un document virtuel est un document qui ne possède pas d'état persistent et dont les instances sont calculées dynamiquement en fonction de la demande [98]. Par conséquent, ce type de document permet à un lecteur de disposer de différentes compositions ou organisations définies par un auteur.

Un document virtuel personnalisable (DVP) [95] est composé d'un ensemble de fragments d'information, non ordonné a priori, associé avec des outils ou des techniques permettant la création de documents réels. Le document virtuel est qualifié de personnalisable si les méthodes de composition d'un document réel permettent une adaptation de ce dernier à un lecteur donné.

La composition d'un document virtuel personnalisable se base sur plusieurs modèles représentés dans la figure 2.12 [95] :

- un modèle du domaine qui renseigne sur la sémantique contenue dans chaque fragment d'information (par exemple, validité, importance, fiabilité).
- un modèle de l'espace d'énonciation qui fourni les modalités de sortie disponibles sur la plate-forme utilisée, les dispositifs physiquement disponibles...
- un modèle utilisateur qui regroupe l'ensemble des connaissances sur l'utilisateur.

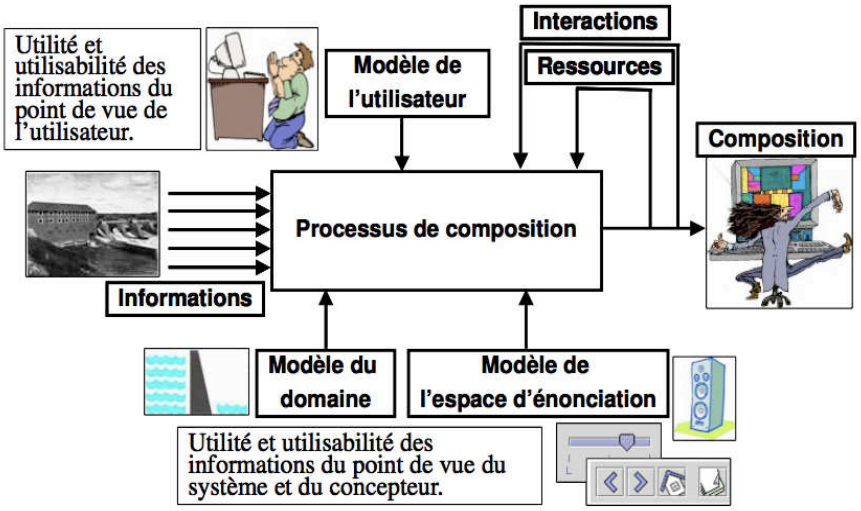


FIG. 2.12 – Processus de composition d'un document virtuel personnalisable.

Différentes stratégies d'organisation peuvent être envisagées dans le processus de composition. Par exemple, [54] propose une stratégie orientée auteur qui suit une structure narrative définie par l'auteur et une stratégie orientée lecteur qui consiste à organiser les fragments d'information en fonction des objectifs du lecteur.

L'adaptation des DVP demeure flexible. Cependant, le choix d'application des règles de composition contraintes par les modèles n'est pas clairement défini.

2.3.3.2 Cuypers

Cuypers [47] vise la génération de présentations multimédia sur le Web. L'approche repose sur la formulation de relations sémantiques entre les objets multimédia d'une présentation. Par exemple, "un objet multimédia *illustre* un autre objet multimédia" est une relation sémantique envisageable dans ce système. Le passage d'une description sémantique à la présentation effective s'effectue en plusieurs étapes comme le montre la figure 2.13.

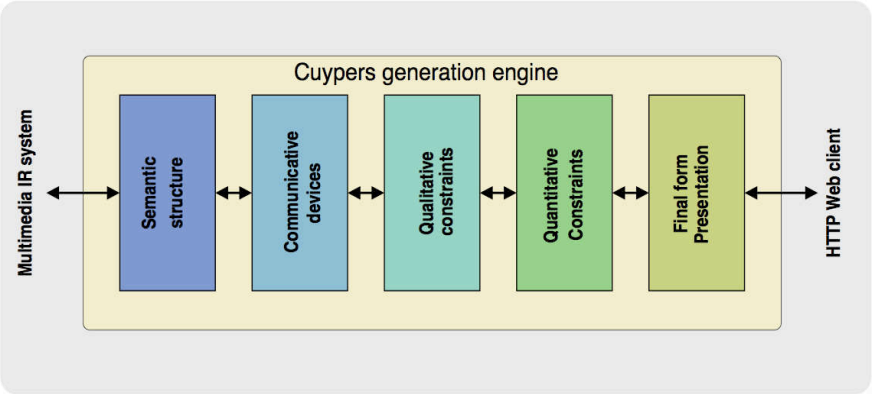


FIG. 2.13 – Organisation générale de l'architecture Cuypers.

Dans [46], les auteurs étendent le système Cuypers en y intégrant des ontologies qui décrivent le domaine des objets multimédia, les discours possibles et les structures narratives envisageables. Un graphe sémantique est ensuite construit par un auteur sur la base du vocabulaire défini dans les ontologies pour, par la suite, être transformé en présentation multimédia effective.

Cette approche permet potentiellement d'envisager des adaptations à chacun des niveaux de la figure 2.13. Toutefois, les adaptations ne sont effectivement réalisées qu'au niveau de la couche la plus abstraite avec pour objectif d'adapter la présentation aux capacités de la plate-forme utilisée par l'utilisateur.

2.3.3.3 MM4U

Le système MM4U [17] permet la génération dynamique de présentations multimédia personnalisées. Ce système utilise différents modules relatifs au profil utilisateur, aux données multimédia, à la composition des objets multimédia et à la génération du document. La composition de ces modules est présentée dans la figure 2.14.

Dans ce type de système, l'auteur du document se concentre sur le côté créatif de la présentation multimédia sans se soucier de l'organisation quantitative précise des objets multimédia. La spécification du document multimédia peut ensuite être adaptée

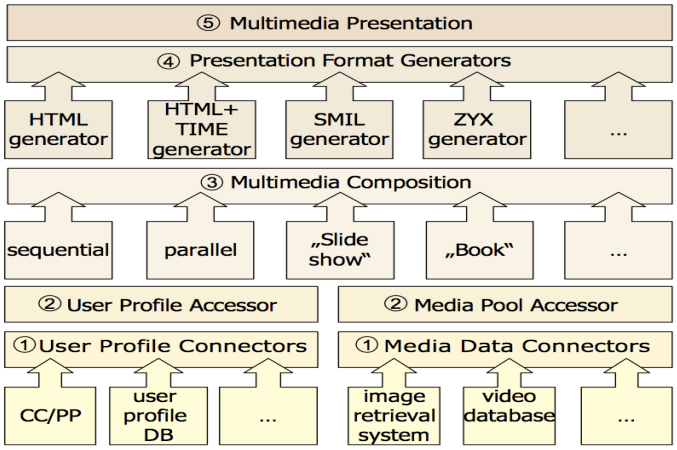


FIG. 2.14 – Organisation générale de l'architecture MM4U.

en fonction du contexte d'utilisation et être générée sous différents formats tels que SMIL, HTML...

Malheureusement, ce type d'approche a le défaut de partir d'un langage propriétaire et non standard ou exécutable. Il est donc nécessaire que l'utilisateur de ce système crée son document dans ce langage propriétaire. D'autre part, l'adaptation étant fonction d'un langage propriétaire vers des langages exécutables, il n'est pas possible d'enchaîner plusieurs adaptations à la suite suivant des critères différents.

2.3.3.4 STAMP

STAMP (Synchronized Templates for Adaptable Multimedia Presentations) [15] est un modèle qui vise la génération dynamique de présentations multimédia à partir de contenus semi-structurés. Cette approche repose sur la construction de patrons (templates) qui décrivent l'organisation spatiale, temporelle et navigationnelle d'une présentation multimédia dont le contenu peut varier. Pour cela, des relations qualitatives entre éléments de la présentation sont définies pour ajouter plus de flexibilité. Outre ces trois dimensions, le modèle en introduit trois autres : la dimension donnée (modélise le contenu à insérer dans la présentation), la dimension composition (décrit la présentation au moyen de structures emboîtées et identifie les parties pertinentes du document) et la dimension décorative (correspond à la personnalisation de l'apparence de la présentation).

Lors de la génération de la présentation finale le modèle de présentation s'adapte automatiquement lorsqu'il ne satisfait pas le profil de la plate-forme cible. Les transformations proposées se démarquent par la préoccupation de préserver l'intention initiale de l'auteur de la présentation. Cependant, celles-ci sont limitées à l'exclusion d'éléments ou à la mise en séquence de groupes d'éléments ne pouvant être joués simultanément.

Nous considérons ci-après d'autres travaux adaptant uniquement des objets multimédia, ainsi que d'autres domaines de recherche sensibilisés à l'adaptation.

2.3.4 Autres approches

Dans cette section nous présentons des travaux dédiés spécifiquement à l'adaptation d'objets multimédia, ainsi que d'autres types d'adaptation venant de domaines de recherche autres que celui du document multimédia.

2.3.4.1 Adaptation d'objets multimédia

InfoPyramid [70, 78] manipule les différentes variantes des objets multimédia avec différentes modalités (par exemple, qualité, taille) et niveaux de fidélité, et sélectionne les alternatives afin d'adapter le contenu sources à plusieurs plates-formes. L'approche adoptée par le modèle InfoPyramid se base sur une description hiérarchique des objets multimédia afin de faciliter la recherche et l'extraction du contenu.

L'objectif du projet DANAE[4] est de proposer une architecture d'adaptation d'objets multimédia dynamique et distribuée. Pour ce faire, ce projet se propose de spécifier, développer, intégrer et valider une approche qui fournit une qualité de services (QoS) optimale à l'utilisateur final.

Le projet aceMedia[5] se concentre sur la génération et l'exploitation automatique de méta-données associées à des objets multimédia, en vue de leur adaptation face à différents contextes.

Le projet IST REVEAL-THIS [45] tente de résumer des objets multimédia tels que des vidéos de journaux télévisés. Pour cela, les acteurs de ce projet tentent d'analyser les contenus audio-visuels, rechercher et évaluer les différents contenus pertinents face à des profils utilisateurs en vue de leur synthèse.

Princess [77] est une plate-forme permettant une adaptation d'objets multimédia via la gestion de services Web. Lorsqu'un client désire exécuter une ressource, un service est créé qui gère la transformation de cette ressource selon un profil donné.

Enfin, quelques travaux, comme par exemple [91, 64], utilisent des technologies issues du Web Sémantique [11] en vue d'adapter des objets multimédia. Celles-ci sont généralement construites autour :

- du langage RDF (Resource Description Framework) [74] qui est un modèle de graphe destiné à décrire de façon formelle les ressources du Web ainsi que leurs métadonnées.
- du langage OWL (Web Ontology Language) [76] qui permet de décrire des ontologies, c'est-à-dire de définir des terminologies, via des concepts et propriétés, décrivant des domaines de connaissances.
- du langage CC/PP (Composite Capabilities and Preferences Profile) [57] permettant de fournir un cadre de description des capacités d'une plate-forme ou des préférences utilisateurs.

Notons qu'aucune de ces approches d'adaptation ne considère directement l'adap-

[4] `http://danae.rd.francetelecom.com`
[5] `http://www.acemedia.org`

tation de la composition du document. Cependant, il pourrait être envisageable de s'inspirer des principes utilisés, notamment concernant les niveaux de fidélité, pour adapter la composition des documents multimédia.

2.3.4.2 Autres types d'adaptation

Les systèmes d'information permettent d'acquérir, de stocker, de structurer et de communiquer un ensemble de ressources. [89, 28] proposent des systèmes où l'information peut être modifiée et diffusée sur de nombreux supports (notamment mobiles).

L'interaction homme-machine est aussi un domaine dans lequel la notion de contexte est à prendre en considération. Par exemple, la notion de plasticité des interfaces, c'est-à-dire la capacité des interfaces à s'adapter à leur contexte d'usage dans le respect de leur utilisabilité, a été définie dans [93]. À titre d'exemple, [79] propose un système où les possibilités d'actions de l'utilisateur se modifient en fonction du contexte d'utilisation.

À l'heure où les données 3D, comme par exemple les jeux vidéos, sont de plus en plus présents sur plates-formes mobiles, la synthèse d'images et animation 3D s'est aussi intéressée à la problématique d'adaptation dans [29, 56, 14].

Précédemment, nous avons constaté que l'adaptation de documents multimédia est une solution pour répondre aux problèmes d'hétérogénéité des plates-formes d'exécution. Nous montrons dans la section suivante que les approches présentées sont limitées.

2.4 Critiques

Dans ce chapitre, nous avons présenté plusieurs approches relatives à l'adaptation de documents multimédia et plus précisément celles offrant des possibilités d'adaptation de la composition des documents multimédia.

De cette étude il ressort les lacunes suivantes :

- **Adaptation explicite :** Les approches présentées prévoient l'adaptation : soit l'auteur du document ou l'utilisateur connaît ou sélectionne des alternatives de présentation, soit les règles de transformation ou les techniques de génération du document sont connues à l'avance pour des profils particuliers.
- **Pauvreté de l'adaptation de la composition du document :**
  - **liée aux contraintes d'adaptation :** Les contraintes d'adaptation liées à la composition des documents multimédia sont assez limitées. En effet, les approches présentées ne considèrent que des contraintes relatives à la taille de l'écran du terminal cible ou bien au nombre d'objets multimédia qui peuvent être exécutés simultanément ou enfin aux types d'objets multimédia qui peuvent être présentés. Aucune approche ne considère, par exemple, l'ensemble de contraintes d'adaptation suivant : deux vidéos transmissibles en flux (streamables) ne peuvent commencer au même instant (même si celles-

ci peuvent être exécutées simultanément), certaines images exécutées simultanément ne peuvent se chevaucher dans l'espace d'affichage, l'utilisateur ne peut sélectionner qu'un seul lien hypermédia actif à la fois...

- **liée aux stratégies d'adaptation :** Les stratégies de transformation de la composition des documents multimédia sont assez pauvres. En effet, les contraintes spécifiées dans les profils des plates-formes cibles étant limitées et ne portant que très partiellement sur la composition du document, peu de stratégies de transformations sont envisagées.

- **Adaptation dépendante des langages de description de documents :** Les différentes approches présentées basent leurs stratégies d'adaptation sur des langages de description de documents multimédia propriétaires ou standards.
- **Proximité avec le document initial :** Certaines approches d'adaptation ne mesurent pas la qualité du document adapté produit. Par exemple, il est souhaitable que le document adapté s'éloigne le moins possible de la volonté de l'auteur.

2.5 Conclusion

Une approche d'adaptation prenant en compte toutes les possibilités de contraintes sur la composition des documents multimédia doit donc être définie. Celle-ci se doit d'être la plus flexible possible pour couvrir l'ensemble des dimensions des documents, comme les dimensions temporelle, spatiale et hypermédia, et ceci avec des représentations du document plus ou moins précises. De plus, l'adaptation se doit d'être abstraite, c'est-à-dire indépendante des langages de description de documents multimédia.

Nous présentons dans le chapitre suivant une approche flexible et abstraite d'adaptation de documents multimédia. Celle-ci est qualifiée de sémantique car chaque document est considéré comme un ensemble d'exécutions potentielles et chaque profil comme un ensemble d'exécutions possibles. Dans ce contexte, l'adaptation consistera à trouver un ensemble d'exécutions possibles le plus proche des exécutions potentielles.

Aucune règle de transformation n'est donc explicitée, en effet, les transformations appliquées pour satisfaire un profil cible sont liées à la sémantique du document. De plus, ces transformations produisent un document adapté proche du document initial.

Chapitre 3

Adaptation sémantique de documents multimédia

Résumé

Ce chapitre présente une approche d'adaptation sémantique de documents multimédia. Chaque document multimédia est considéré comme un ensemble d'exécutions potentielles et chaque profil considère un ensemble d'exécutions possibles. L'adaptation sélectionnera les exécutions possibles les plus proches des exécutions potentielles. L'objectif de cette thèse est de combler le fossé entre la définition théorique de cette approche et sa mise en pratique.

Sommaire

3.1 Introduction **33**
3.2 Spécification de document multimédia **34**
3.3 Sémantique d'un document multimédia **36**
3.4 Adaptation sémantique **38**
3.5 Adaptation par transgression **40**
3.6 Conclusion **45**

3.1 Introduction

Au vu du constat réalisé à la fin du chapitre précédent, il est nécessaire d'utiliser une approche flexible et abstraite pour l'adaptation de documents multimédia.

Une telle approche a été proposée dans [36]. Celle-ci est qualifiée de sémantique car elle est basée sur l'interprétation de documents multimédia, vue comme un ensemble d'exécutions potentielles. Un profil va produire un autre ensemble d'exécutions considérées comme possibles, c'est-à-dire satisfaisant toutes les contraintes d'adaptation. Dans ce contexte, "adapter" va consister à calculer l'intersection entre ces deux ensembles et ainsi fournir un ensemble d'exécutions potentielles possibles. Dans le cas où aucune exécution potentielle n'est possible, l'adaptation fournit un ensemble d'exécutions qui satisfait un profil cible le plus proche des exécutions potentielles.

Nous détaillons dans ce chapitre l'approche sémantique d'adaptation de documents multimédia proposées dans [36]. Dans un premier temps, nous présentons une abstraction possible de document multimédia (§3.2). Ensuite, nous montrons que cette abstraction peut être interprétée comme un ensemble d'exécutions (§3.3). Enfin, l'approche d'adaptation sémantique est présentée (§3.4). Pour que celle-ci fournisse un ensemble d'exécutions satisfaisant un profil cible le plus proche des exécutions potentielles, une proximité entre exécutions sera définie (§3.5).

3.2 Spécification de document multimédia

Une spécification de document multimédia contient toutes les informations de présentation de chaque objet multimédia, en particulier elle décrit la composition du document multimédia.

Par exemple, considérons un document multimédia contenant cinq objets multimédia : Poster, Résumé, Personnages, Bande-annonce et Dates. Ces différents objets multimédia sont organisés temporellement comme le montre l'exécution du document présentée dans la figure 3.1. Dans cette figure, l'objet Poster commence au temps t = 0s et se termine à t = 7s, le résumé débute à t = 5s et se termine à t = 12s...

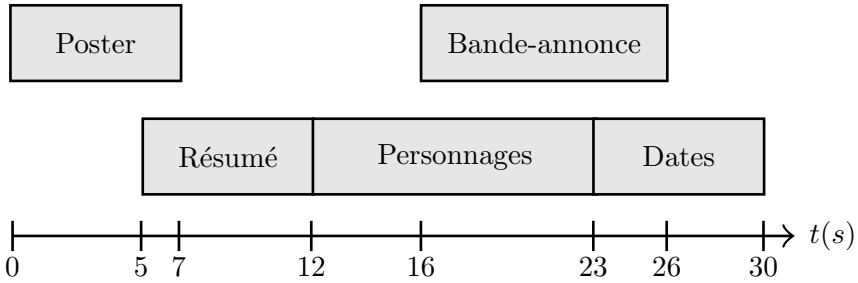


FIG. 3.1 – La composition temporelle d'un document multimédia.

Cette description peut être qualifiée de précise et quantitative car elle définit exactement les informations de présentation de chaque objet multimédia. Elle est alors suffisante pour exécuter le document multimédia.

Les documents multimédia ne sont pas toujours spécifiés de manière précise, ceci est notamment le cas dans certains systèmes d'édition de documents multimédia, tels que les systèmes Magic [34] et Madeus [55], ou modèles de documents comme ZYX [18]. Les descriptions de la composition des documents y sont exprimées par des relations qualitatives, ce qui offre une flexibilité de présentation. Ces descriptions utilisent, entre autres, un formalisme de représentation temporel basé sur les intervalles [1], noté A_{13}. Il consiste à détailler la position des intervalles les uns par rapport aux autres au moyen de relations temporelles qualitatives, définies dans la table 3.1.

Définition 1 (Satisfaction d'une relation atomique de Allen) *Soient une relation atomique de Allen r, et deux intervalles $x = \langle x^-, x^+ \rangle$ et $y = \langle y^-, y^+ \rangle$. Le couple*

relation (r) : x r y	x / y	inverse : y r^{-1} x
before (b)	— —	(bi) after
meets (m)	——	(mi) met-by
during (d)	——	(di) contains
overlaps (o)	——	(oi) overlapped-by
starts (s)	——	(si) started-by
finishes (f)	——	(fi) finished-by
equals (e)	——	(e)

TAB. 3.1 – Les 13 relations de Allen sur les intervalles (A_{13}).

d'intervalles $\langle x, y\rangle$ satisfait r si et seulement si une des conditions suivantes est satisfaite : r = before et $x^+ < y^-$, ou r = meets et $x^+ = y^-$...

Toutes les configurations d'intervalles qui satisfont une relation de Allen sont illustrées dans la table 3.1.

Définition 2 (Satisfaction d'un ensemble de relations de Allen) *Soient r un ensemble de relations de Allen, et deux intervalles x et y. L'ensemble de relations r est satisfait si le couple d'intervalles $\langle x, y\rangle$ satisfait au moins une relation atomique de r.*

Tout au long de ce chapitre, nous utiliserons ce formalisme pour identifier les relations temporelles entre les objets multimédia d'une présentation.

Pour s'abstraire des langages de description de documents et disposer d'une flexibilité de présentation, une spécification de document multimédia associera à chaque paire d'objets multimédia un ensemble de relations qualitatives.

Définition 3 (Spécification de document multimédia) *Une spécification de document multimédia $s = \langle O, C\rangle$ est composée d'un ensemble d'objets multimédia O ainsi que d'un ensemble de relations (ou contraintes) C entre les éléments de O.*

Une spécification temporelle correspondant au document multimédia de la figure 3.1 est présentée dans l'exemple 1.

Exemple 1 (Spécification temporelle de document multimédia)

$$\begin{aligned} s_1 \;=\; \langle\{&\textit{Poster, Résumé, Personnages, Bande-annonce, Dates}\},\\ &\{\textit{Poster}\{o\}\textit{Résumé}, \textit{Résumé}\{b,m\}\textit{Personnages},\\ &\textit{Bande-annonce}\{oi\}\textit{Personnages}, \textit{Bande-annonce}\{o\}\textit{Dates},\\ &\textit{Personnages}\{m\}\textit{Dates}\}\rangle \end{aligned}$$

Dans ce qui suit, nous considérons que les relations entre objets multimédia sont binaires. Une spécification de document multimédia peut donc être représentée à l'aide d'un graphe de relations.

Définition 4 (Graphe de relations) *Soient O un ensemble d'objets multimédia et C un ensemble de relations entre les éléments de O. Une spécification de document multimédia $s = \langle O, C \rangle$ peut être représentée par un graphe orienté étiqueté $g_s = \langle O, E, \lambda \rangle$ nommé graphe de relations. Les éléments de O et E correspondent respectivement aux nœuds et aux arcs du graphe g_s, et la fonction totale d'étiquetage $\lambda : E \rightarrow 2^{\mathcal{R}}$ associe à chaque arc du graphe g_s un ensemble de relations de $\mathcal{R}$ tel que pour tout $x\ r\ y \in C$, $r \in \lambda(\langle x, y \rangle)$.*

Définition 5 (Graphe de relations résolu) *Un graphe de relations g_s est résolu si et seulement si g_s est complet et toutes les étiquettes des arcs de g_s comportent des ensembles de relations réduits à un seul élément (singleton).*

Un graphe de relations temporelles résolu correspondant à la figure 3.1 est présenté dans la figure 3.2[1].

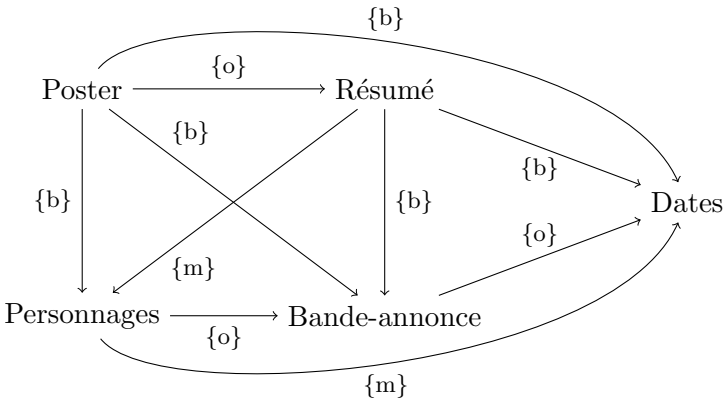


FIG. 3.2 – Graphe de relations temporelles résolu correspondant à la figure 3.1.

Pour illustrer la flexibilité de présentation d'une spécification de document multimédia, nous allons définir formellement, dans la section suivante, l'ensemble des exécutions qui la satisfont.

3.3 Sémantique d'un document multimédia

D'un point de vue sémantique, une spécification de document multimédia doit être interprétée comme un ensemble d'exécutions potentielles. De façon formelle, on définit l'interprétation d'une spécification de la manière suivante :

Définition 6 (Interprétation) *Soit une spécification de document multimédia $s = \langle O, C \rangle$. L'interprétation de la spécification s est un couple $\langle I, D \rangle$ tel que D est le domaine d'interprétation et I est une fonction de O vers D. On note l'ensemble des interprétations d'une spécification de document multimédia $\mathcal{I}_s$.*

[1]Selon la définition 4, dans cet exemple $\mathcal{R}$ équivaut à l'ensemble de relations de Allen A_{13}.

Une interprétation temporelle d'une spécification de document multimédia est présentée dans l'exemple 2.

Exemple 2 (Interprétation temporelle) *Soit une spécification temporelle de document multimédia $s = \langle O, C \rangle$. L'interprétation de la spécification s associe à chaque objet multimédia de O un couple d'intervalles de nombres réels positifs.*

Dans la figure 3.3, l'exécution e_4 correspond à une interprétation temporelle possible de la spécification s_1. Cependant, cette interprétation ne satisfait pas toutes les relations temporelles spécifiées dans s_1. Il est donc nécessaire de sélectionner les *modèles* d'une spécification, c'est-à-dire des interprétations particulières du document qui satisfont toutes les relations d'une spécification.

Définition 7 (Modèle) *Un modèle d'une spécification $s = \langle O, C \rangle$ est une interprétation $\langle I, D \rangle$ telle que $\forall o_1, o_2 \in O$ avec $o_1\ r\ o_2 \in C$, $\langle I(o_1), I(o_2) \rangle$ satisfait r. L'ensemble des modèles d'une spécification de document multimédia est noté $\mathcal{M}_s$.*

L'exemple 3 présente un modèle temporel de la spécification de l'exemple 1.

Exemple 3 (Modèle temporel) *L'interprétation du document multimédia représentée par e_7 dans la figure 3.3 est un modèle de la spécification s_1.*

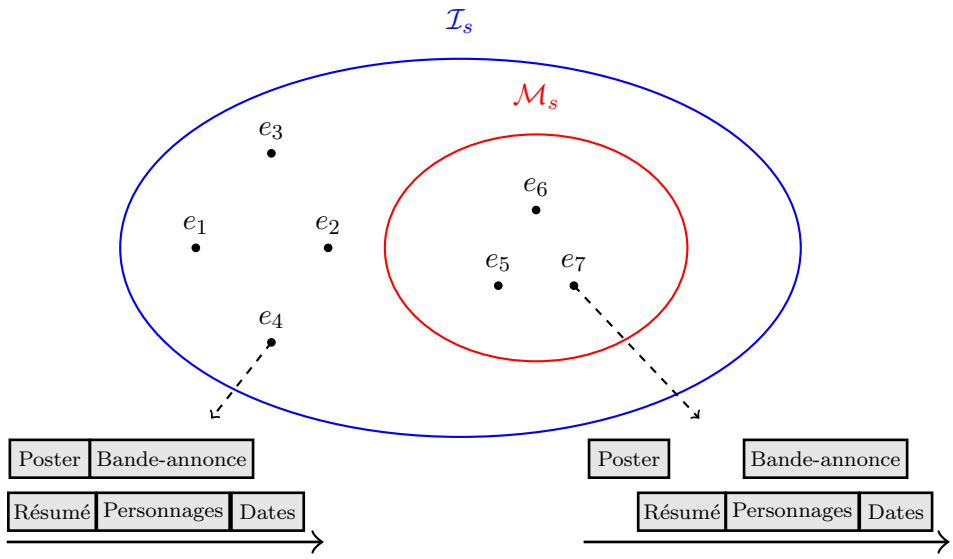


FIG. 3.3 – Ensembles d'interprétations et de modèles d'un document multimédia.

Dans la suite du manuscrit, nous considérons qu'il existera toujours au moins un modèle correspondant à une spécification de documents multimédia, c'est-à-dire que l'on ne cherchera pas à exécuter des documents initialement inconsistants.

Dans la section suivante, nous montrons que l'adaptation sémantique consiste à calculer l'intersection entre un ensemble d'exécutions potentielles (c'est-à-dire des modèles de la spécification initiale) et un ensemble d'exécutions possibles (c'est-à-dire des modèles correspondant au profil cible).

3.4 Adaptation sémantique

Dans le chapitre 2, nous avons montré que l'adaptation d'un document multimédia est contrainte par le profil d'une plate-forme cible. Sémantiquement, cela signifie que chaque contrainte d'adaptation doit être associée à un ensemble d'exécutions possibles.

Définition 8 (Contrainte d'adaptation) *Une contrainte d'adaptation a détermine un ensemble d'exécutions possibles $\mathcal{M}_a$, c'est-à-dire un ensemble d'exécutions satisfaisant la contrainte a.*

Une contrainte d'adaptation temporelle est présentée dans l'exemple 4.

Exemple 4 (Contrainte d'adaptation temporelle) *Le nombre maximum n d'objets multimédia d'un ensemble T pouvant être exécutés simultanément est une contrainte d'adaptation temporelle, nous la nommons $MSO_T(n)$. Cette contrainte détermine un ensemble d'interprétations $\langle I, D\rangle$ d'une spécification $s = \langle O, C\rangle$ telle que $\forall i \in \mathbb{R}, \|\{o \in T, I(o)^- \leq i \leq I(o)^+\}\| \leq n$.*

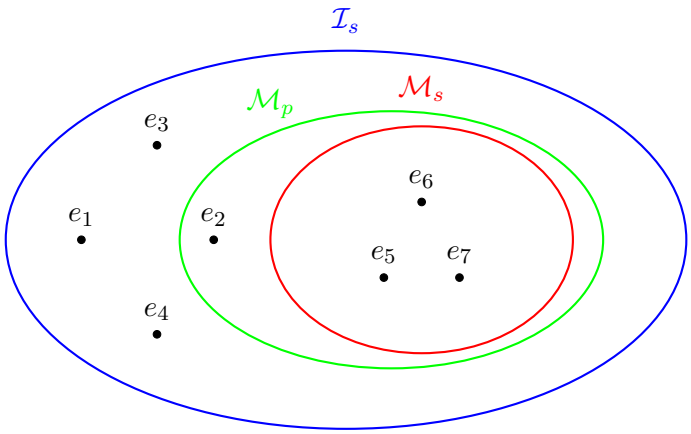
Un profil correspond à un ensemble d'exécutions satisfaisant toutes les contraintes d'adaptation.

Définition 9 (Profil) *Un profil $p = \{a_1, \ldots, a_n\}$ est composé d'un ensemble de contraintes d'adaptation a_i. Celui-ci détermine un ensemble d'exécutions possibles $\mathcal{M}_p = \bigcap_{i=1}^{n} \mathcal{M}_{a_i}$, c'est-à-dire un ensemble d'exécutions qui satisfait toutes les contraintes d'adaptation.*

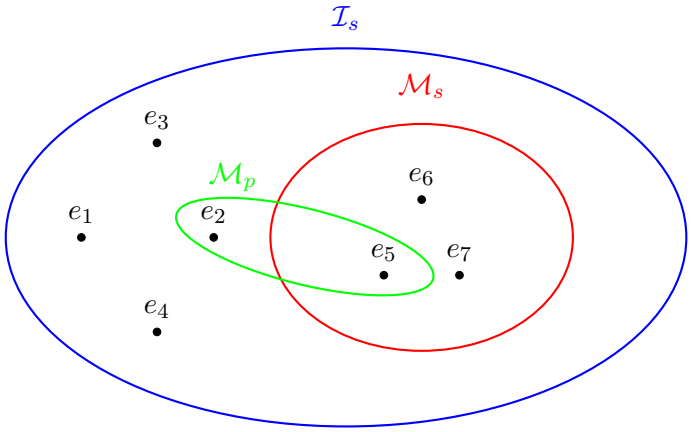
Un profil détermine une classe de modèles, que nous avons nommé $\mathcal{M}_p$ dans la définition 9, qui satisfait toutes les contraintes d'une plate-forme cible. Le rôle de l'adaptation consiste donc à déterminer s'il existe des modèles de la spécification du document multimédia initial $\mathcal{M}_s$ appartenant à $\mathcal{M}_p$.

Définition 10 (Classification de l'adaptation sémantique) *Trois types d'adaptation sont identifiés en fonction de la valeur de $\mathcal{M}_s \cap \mathcal{M}_p$ (figure 3.4) :*

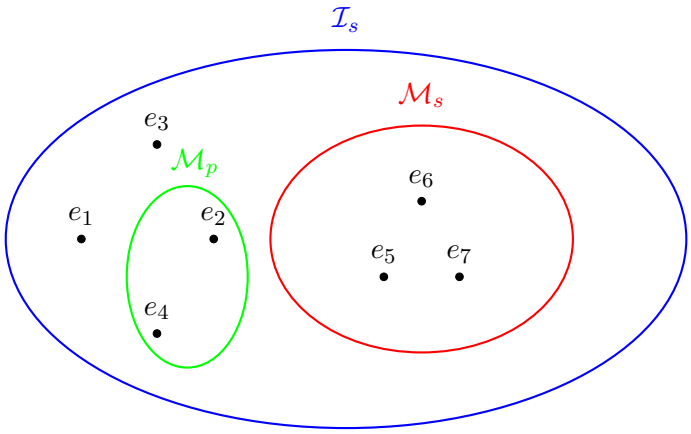
- **Spécification conforme :** $\mathcal{M}_s \cap \mathcal{M}_p = \mathcal{M}_s$ *(figure 3.4(a)). Tous les modèles de la spécification du document multimédia initial satisfont toutes les contraintes d'adaptation. Aucune adaptation n'est par conséquent nécessaire.*
- **Adaptation par raffinement :** $\emptyset \subset \mathcal{M}_s \cap \mathcal{M}_p \subset \mathcal{M}_s$ *(figure 3.4(b)). Certains des modèles de la spécification du document multimédia initial satisfont toutes les contraintes d'adaptation. L'adaptation consistera alors à sélectionner seulement les modèles de $\mathcal{M}_s$ appartenant à l'ensemble $\mathcal{M}_s \cap \mathcal{M}_p$.*
- **Adaptation par transgression :** $\mathcal{M}_s \cap \mathcal{M}_p = \emptyset$ *(figure 3.4(c)). Aucun modèle de la spécification du document multimédia initial ne satisfait les contraintes d'adaptation. L'adaptation consistera alors à trouver un autre ensemble de modèles proches des modèles initiaux satisfaisant les contraintes d'adaptation.*



(a) Spécification conforme.



(b) Adaptation par raffinement.



(c) Adaptation par transgression.

FIG. 3.4 – Classification de l'adaptation sémantique.

Exemple 5 (Adaptation sémantique temporelle) *Soit $s_1 = \langle O, C \rangle$ la spécification de document multimédia présentée dans l'exemple 1.*

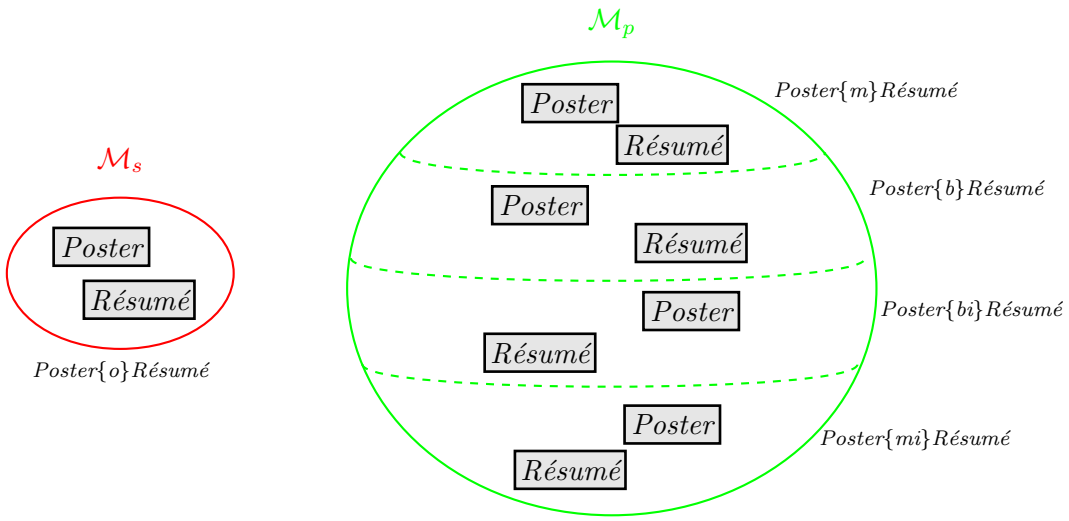
- *Si le profil $p = \{MSO_O(2)\}$: la spécification s_1 est conforme car celle-ci satisfait le profil p.*
- *Si le profil $p = \{$contiguïté [2]$\}$: Certains modèles de la spécification s_1 satisfont le profil p. L'adaptation par raffinement sélectionnera les modèles où notamment Résumé $\{m\}$ Personnages et écartera les modèles où Résumé $\{b\}$ Personnages.*
- *Si le profil $p = \{MSO_O(1)\}$: aucun modèle de la spécification s_1 ne satisfait le profil p puisque certains objets multimédia sont présentés simultanément (par exemple, les objets Poster et Résumé). Dans ce cas, l'adaptation sera transgressive, c'est-à-dire qu'il sera nécessaire de transformer s_1 pour sélectionner d'autres modèles proches des modèles initiaux satisfaisant le profil p.*

Puisque l'adaptation par transgression sélectionne un ensemble de modèles proches des modèles initiaux, la section suivante s'attache à définir cette notion de proximité entre modèles.

3.5 Adaptation par transgression

L'objectif de l'adaptation par transgression est de trouver un ensemble de spécifications satisfaisant les contraintes d'adaptation qui soit le plus proche possible d'une spécification initiale. D'un point de vue sémantique cela consiste à trouver des spécifications qui ont les modèles les plus proches de ceux de la spécification initiale.

Exemple 6 *Soient la spécification $s_2 = \langle \{Poster, Résumé\}, \{Poster\{o\}Résumé\} \rangle$ et le profil $p = MSO_{\{Poster, Résumé\}}(1)$, les ensembles de modèles $\mathcal{M}_s$ et $\mathcal{M}_p$ sont représentés graphiquement ci-après :*



[2] Cette contrainte d'adaptation temporelle impose qu'au moins un objet multimédia soit exécuté à tout instant de la présentation.

Chaque classe de modèles est représentée par une spécification. Dans l'exemple, $\mathcal{M}_p$ contient quatre classes de modèles représentées par quatre spécifications. L'adaptation par trangression consiste à sélectionner certaines classes de modèles de $\mathcal{M}_p$ proches de celles de $\mathcal{M}_s$, c'est-à-dire sélectionner certaines spécifications.

Pour identifier une proximité entre classes de modèles, une distance entre spécifications doit être définie. Puisqu'une spécification est représentée à l'aide d'un graphe de relations, [36] propose une distance possible entre deux graphes. Celle-ci calcule les variations des relations portées sur les arcs des graphes considérés.

Définition 11 (Distance entre graphes de relations)

$$d(\lambda, \lambda') = \Sigma_{o_1,o_2 \in O} \mathrm{Min}_{r \in \lambda(\langle o_1,o_2 \rangle),\ r' \in \lambda'(\langle o_1,o_2 \rangle)} \delta(r, r')$$

Pour mesurer ces variations entre relations, [36] utilise la notion de *voisinages conceptuels*, ci-après définie.

Définition 12 (Voisinage conceptuel) *Soient deux objets x et y, et une relation entre ces objets $r(x, y)$. Une relation de voisinage conceptuel est une relation binaire $N^X_{\mathcal{R}}$ entre éléments d'un ensemble de relations $\mathcal{R}$ tel que $N^X_{\mathcal{R}}(r, r')$ est vraie si la relation $r(x, y)$ peut aboutir à $r'(x, y)$ par une transformation continue X des objets, sans être transformée en une relation intermédiaire $r''(x, y)$.*

Des relations de voisinage conceptuel entre relations temporelles de Allen sont illustrées dans [42]. Un *graphe de voisinage conceptuel* permet de représenter toutes les relations de voisinage conceptuel sur un ensemble de relations $\mathcal{R}$.

Définition 13 (Graphe de voisinage conceptuel) *Un graphe de voisinage conceptuel exprime la relation de voisinage $N^X_{\mathcal{R}}$ tel que chaque nœud correspond à une relation de $\mathcal{R}$ et chaque arc entre r et r' correspond à la satisfaction de $N^X_{\mathcal{R}}(r, r')$, c'est-à-dire que r et r' sont des relations voisines.*

Un graphe de voisinage conceptuel sur l'algèbre d'intervalles de Allen, nommé $N^A_{A_{13}}$, est présenté dans la figure 3.5. Celui-ci correspond à une transformation, nommée A dans [42], qui déplace de manière continue une extrémité d'un intervalle, sans en affecter l'autre extrémité. Dans ce graphe de voisinage conceptuel, on constate que les relations temporelles de Allen before et meets sont voisines en appliquant la transformation A ($N^A_{A_{13}}(b, m)$ est satisfaite), alors que les relations temporelles before et overlaps ne le sont pas.

Une *distance conceptuelle* entre relations peut être calculée à l'aide d'un graphe de voisinage, en utilisant la distance du plus court chemin entre les relations considérées.

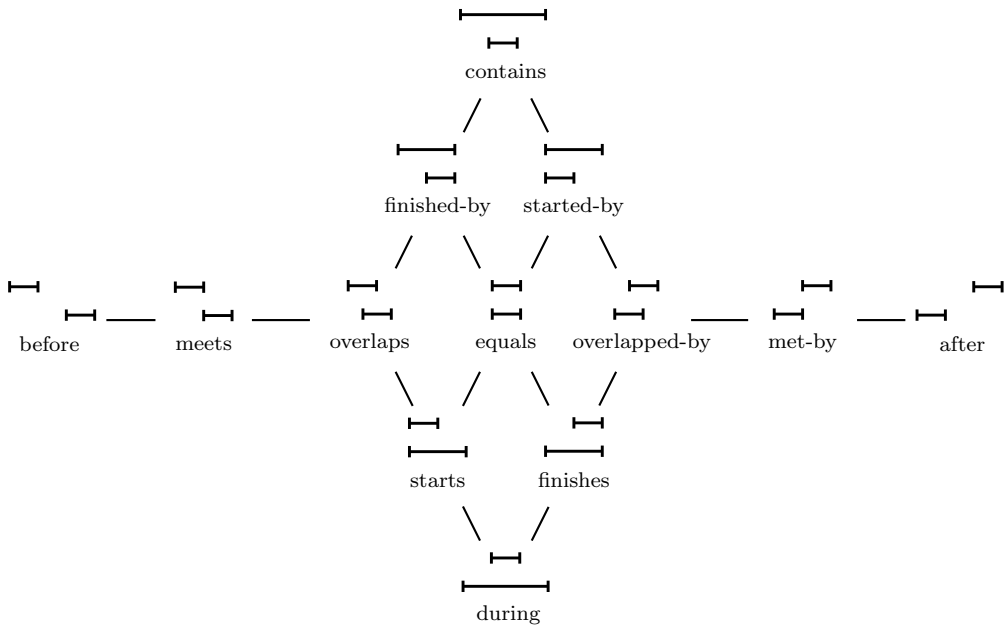
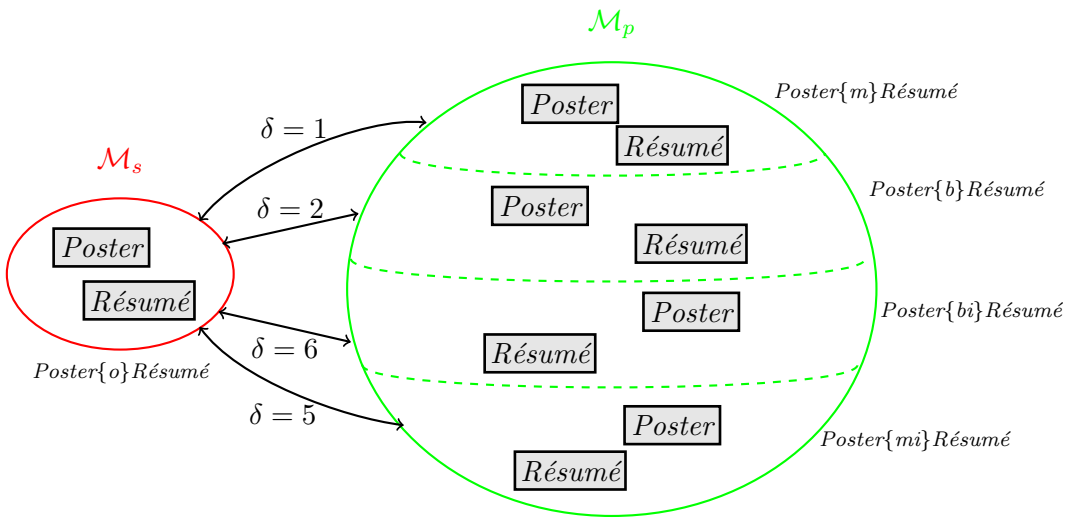


FIG. 3.5 – Graphe de voisinage conceptuel de relations de Allen ($N^A_{A_{13}}$).

Définition 14 (Distance conceptuelle) *Une distance conceptuelle δ entre deux relations r et r' appartenant à l'ensemble de relations $\mathcal{R}$ est la longueur du plus court chemin entre ces relations dans le graphe de voisinage $N^X_{\mathcal{R}}$.*

Une application de cette distance est donnée dans l'exemple 7.

Exemple 7 *Soient les ensembles de modèles $\mathcal{M}_s$ et $\mathcal{M}_p$ de l'exemple 6. À l'aide du graphe de voisinage conceptuel de la figure 3.5, des distances conceptuelles sont calculées entre ces deux ensembles :*



Dans cet exemple, $\delta(o, mi) = 5$ car la distance du plus court chemin entre les relations temporelles overlaps et met-by dans le graphe de la figure 3.5 est 5.

Dans ce contexte, adapter va consister à sélectionner un ensemble de spécifications (ou de graphes de relations) satisfaisant le profil cible à une distance minimale de la spécification initiale (ou du graphe de relations initial). Cet ensemble calculé de graphes de relations adaptées résolus correspondra à des solutions d'adaptation.

Exemple 8 *Dans l'exemple 7, Poster* $\{m\}$ *Résumé est une solution d'adaptation car celle-ci satisfait le profil* $p = MSO_{\{Poster,Résumé\}}(1)$ *et minimise la distance entre la spécification initiale et les spécifications possibles (voir dans l'exemple 7,* $\delta(o, m) = 1$ *est la distance conceptuelle minimale).*

En guise d'exemple plus conséquent, nous montrons ci-après l'application de cette approche d'adaptation sémantique sur le document multimédia présenté dans la figure 3.1, avec un profil stipulant qu'aucun objet multimédia ne peut être exécuté simultanément à un autre. Nous prenons comme spécification du document initial le graphe de relations de la figure 3.2.

Exemple 9 *Si le profil d'une plate-forme cible stipule qu'aucun objet multimédia ne peut être exécuté simultanément à un autre objet multimédia, un certain nombre de relations temporelles de la figure 3.2 ne satisfont pas cette contrainte d'adaptation, comme par exemple les trois relations temporelles suivantes : Poster* $\{o\}$ *Résumé, Personnage* $\{o\}$ *Bande-annonce et Bande-annonce* $\{o\}$ *Dates.*

Par conséquent, l'adaptation est transgressive (aucun modèle de la spécification du document multimédia initial ne satisfait les contraintes d'adaptation), celle-ci va sélectionner un ensemble de spécifications satisfaisant le profil cible qui soit proche de la spécification initiale.

La figure 3.6 présente l'ensemble des relations temporelles possibles entre chaque couple d'objets multimédia.

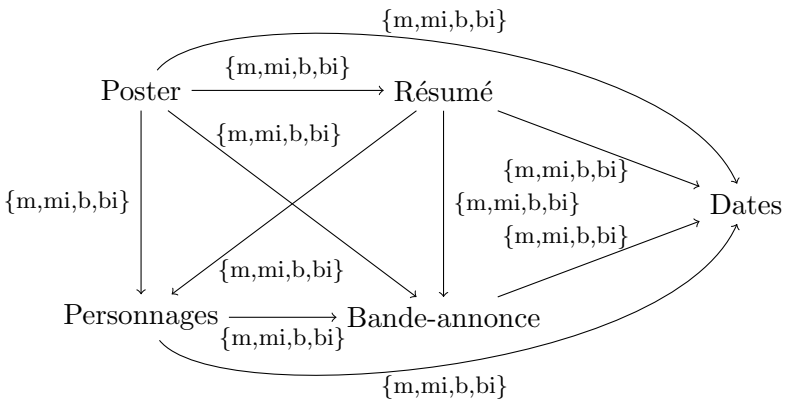
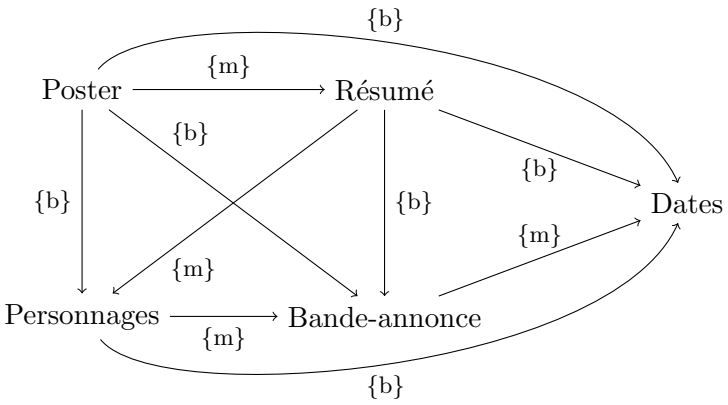


FIG. 3.6 – Graphe de relations temporelles possibles correspondant au profil "aucun objet multimédia ne doit être exécuté simultanément à un autre".

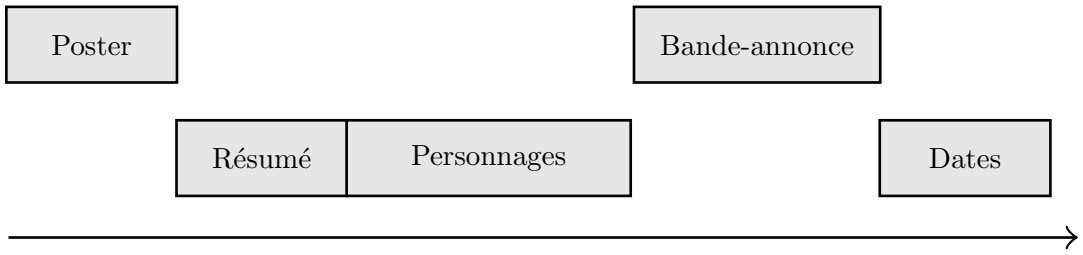
L'adaptation par transgression doit sélectionner dans ce graphe de relations un ensemble de spécifications à une distance minimale de la spécification initiale, c'est-à-dire un ensemble de graphes de relations résolus à une distance minimale du graphe de relations initial.

La figure 3.7(a) présente une solution d'adaptation, c'est-à-dire un graphe de relations résolu satisfaisant le profil cible à une distance minimale du graphe de relations initial. Cette distance minimale est $d = 4$: les relations meets (m) étant proches des relations interdites overlaps (o) ($\delta(o, m) = 1$) celles-ci ont donc remplacé les trois relations interdites, la relation meets (m) entre Personnages et Dates a été transformée en relation before (b) ($\delta(m, b) = 1$), même si celle-ci satisfait le profil cible, pour des raisons de consistance du graphe de relations.

La figure 3.7(b) quant à elle est une exécution correspondant au graphe de relations adaptées de la figure 3.7(a). Cette exécution satisfait les contraintes d'adaptation spécifiées dans le profil cible (c'est-à-dire qu'aucun objet multimédia n'est exécuté simultanément à un autre) et cette présentation multimédia est proche du document initial, en effet l'ordre d'apparition des objets multimédia est conservé.



(a) Graphe de relations temporelles adaptées.



(b) Une exécution correspondant au graphe de relations de la figure 3.7(a).

FIG. 3.7 – Une solution d'adaptation temporelle.

3.6 Conclusion

L'approche d'adaptation sémantique présentée répond aux lacunes évoquées dans le chapitre précédent. En effet, celle-ci s'abstrait des langages de descriptions de documents multimédia et les transformations d'adaptation appliquées sont liées à la sémantique du document. De plus, cette approche fournit des solutions d'adaptation proche du document multimédia initial.

Cependant, dans son état actuel, l'approche d'adaptation sémantique proposée dans [36] reste très générale. L'objectif de cette thèse est de contribuer à combler le fossé qui sépare sa définition théorique de sa mise en pratique.

Pour cela, dans un premier temps, l'approche doit considérer toutes les dimensions des documents multimédia, c'est-à-dire les dimensions temporelle, spatiale, hypermédia, ainsi que leur aspect inter-dimensionnel.

Dans un second temps, durant l'adaptation par transgression, il est possible que l'approche sémantique ne fournisse aucune solution d'adaptation. Dans un tel cas, une stratégie qui consiste à supprimer certains objets multimédia doit permettre le calcul de nouvelles solutions d'adaptation.

Dans un troisième temps, l'approche doit pouvoir se spécialiser selon différentes représentations qualitatives du document et selon des informations propres au document multimédia telle que le type d'objets multimédia manipulés (c'est-à-dire texte, image, son, vidéo) et les annotations fournies par l'auteur.

Dans un dernier temps, l'approche doit adapter des langages standards de description de documents multimédia telle que le langage SMIL.

Nous abordons chacun de ces objectifs dans les chapitres suivants.

Deuxième partie

Contribution

Chapitre 4

Adaptation sémantique des dimensions des documents multimédia

Résumé

Dans le chapitre précédent, nous avons appliqué l'approche sémantique d'adaptation à la dimension temporelle des documents multimédia. Dans ce chapitre, nous étendons d'abord l'approche aux dimensions spatiale et hypermédia. Nous proposons ensuite de combiner toutes les dimensions du document afin d'aboutir à une adaptation spatio-temporelle-hypermédia.

Sommaire

4.1 Introduction **49**
4.2 Adaptation sémantique spatiale **50**
4.2.1 Relation indéfinie et représentation spatiale topologique . . . 50
4.2.2 Adaptation spatiale topologique 52
4.2.3 Adaptation spatiale directionnelle 55
4.3 Adaptation sémantique hypermedia **57**
4.3.1 Adaptation des liens hypermédia 58
4.3.2 Adaptation de multiples spécifications 62
4.4 Adaptation sémantique spatio-temporelle-hypermédia . . . **63**
4.5 Conclusion **65**

4.1 Introduction

Un document multimédia est composé de plusieurs dimensions qui sont principalement temporelle (synchronisation des objets multimédia), spatiale (disposition des objets multimédia dans l'espace d'affichage) et hypermédia (interaction avec certains objets multimédia). Dans le chapitre 3, nous avons montré que l'approche d'adaptation sémantique de documents multimédia s'applique à la dimension temporelle en utilisant l'algèbre de Allen [1].

Ce chapitre s'attache à appliquer, dans un premier temps, l'approche d'adaptation

à la dimension spatiale des documents (§4.2). Pour ce faire, nous mettons en évidence la nécessité d'introduire la notion de relation indéfinie entre objets multimédia visibles et sonore, et montrons que toutes les représentations spatiales ne sont pas efficaces dans ce cadre.

Dans un deuxième temps, nous étendons l'approche à la dimension hypermédia (§4.3). Cette dernière considère des éléments supplémentaires (les liens hypermédia) qui ont une relation de dépendance avec un objet multimédia.

Enfin, les trois dimensions (temporelle, spatiale et hypermédia) sont combinées afin d'aboutir à une adaptation spatio-temporelle-hypermédia (§4.4).

4.2 Adaptation sémantique spatiale

Dans cette section, nous détaillons le principe d'adaptation spatiale. Nous montrons tout d'abord que dans une présentation certains objets multimédia, notamment audio, ne disposent d'aucune relation spatiale avec les autres objets visibles de la présentation. Pour que l'adaptation considère l'ensemble des objets multimédia, nous introduisons la notion de relations indéfinies et accommodons la distance conceptuelle avec ces relations (§4.2.1).

Ensuite, nous montrons que l'utilisation d'une représentation spatiale topologique dans le cadre de l'adaptation sémantique ne permet pas de produire des documents qui soient proches du document initial (§4.2.2). Enfin, pour y remédier, nous proposons d'utiliser une autre représentation spatiale qualifiée de directionnelle (§4.2.3).

4.2.1 Relation indéfinie et représentation spatiale topologique

Dans sa dimension spatiale, un document multimédia est composé d'objets multimédia visibles comme par exemple des images, des vidéos, du texte. Ces objets visibles disposent entre eux de relations spatiales dans l'espace d'affichage d'un terminal.

Pour décrire ces relations spatiales, nous utilisons une représentation qualitative nommée RCC-8, plus connue sous le nom de "Region Connection Calculus". Celle-ci a été définie dans [84] et propose huit relations spatiales topologiques que nous illustrons dans la figure 4.1.

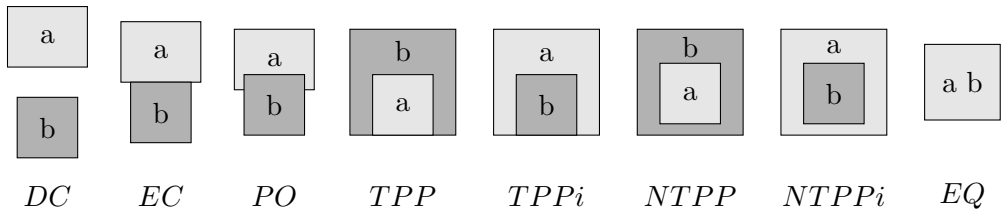


FIG. 4.1 – Les relations spatiales topologiques RCC-8.

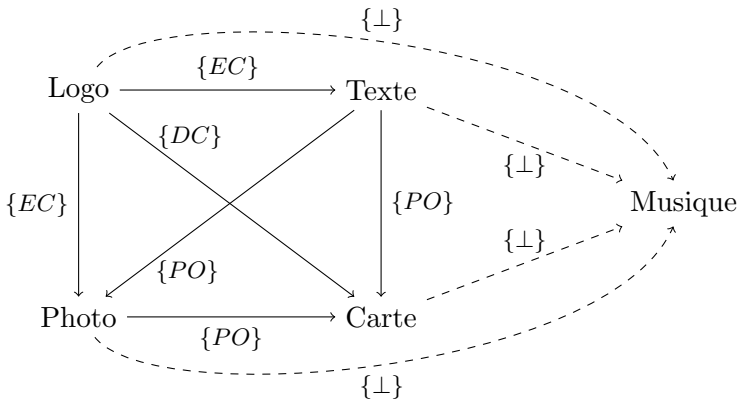
Les huit relations topologiques présentées dans la figure 4.1 sont :

- *DC* (*is disconnected from*) : les deux régions sont disjointes.
- *EC* (*is externally connected with*) : les deux régions ne sont pas incluses l'une dans l'autre et leurs bordures sont en contact.
- *PO* (*partially overlaps*) : les deux régions se chevauchent l'une avec l'autre.
- *TPP* (*is a tangential proper part of*) : les deux régions sont incluses l'une dans l'autre et leurs bordures sont en contact.
- TPP_i : la relation inverse de *TPP*.
- *NTPP* (*is a nontangential proper part of*) : les deux régions sont incluses l'une dans l'autre et leurs bordures ne sont pas en contact.
- $NTPP_i$: la relation inverse de *NTPP*.
- *EQ* (*equals*) : les deux régions se confondent l'une avec l'autre.

Ce formalisme est largement utilisé dans les systèmes d'information géographique où les utilisateurs s'interrogent sur les relations spatiales entre différents objets [9] ainsi que dans les documents CSVG [6] pour la description de scène graphique.

En guise d'exemple, considérons le document multimédia de la figure 4.2(a) qui illustre un circuit touristique proposé par une agence de voyages.

(a) Un exemple de document multimédia illustrant un circuit touristique.



(b) Graphe de relations spatiales correspondant à la figure 4.2(a).

FIG. 4.2 – Une présentation multimédia d'un circuit touristique.

Ce document est composé de quatre objets multimédia visibles : un logo, une photo, une carte et une zone de texte. Les relations spatiales topologiques entre ces quatre objets visibles sont identifiées dans le graphe de relations de la figure 4.2(b). En outre, une musique est exécutée simultanément à la présentation de ces objets multimédia visibles.

Pour adapter ce document, une première solution consiste à ne considérer, dans la spécification initiale du document, que les objets multimédia visibles avec leurs relations spatiales (c'est-à-dire le graphe de relations avec les flèches pleines dans la figure 4.2(b)). L'adaptation de cette spécification spatiale ne tiendra donc pas compte des objets sonores, comme l'objet Musique. Par conséquent, l'adaptation est restreinte à un sous-ensemble d'objets multimédia, on ne pourra donc pas transformer un objet sonore en objet visuel (et inversement).

Pour éviter de restreindre l'adaptation, une autre solution consiste à conserver l'ensemble des objets multimédia dans la spécification du document. Pour identifier qu'un objet multimédia ne dispose d'aucune relation avec un autre objet multimédia, on introduit une nouvelle relation entre objets multimédia qualifiée d'*indéfinie* que nous notons $\perp$ (c'est-à-dire que l'on considère les flèches en pointillées dans la figure 4.2(b)).

Définition 15 (Relation indéfinie $\perp$) *Dans le cas où il n'existe aucune information sur la relation entre deux objets multimédia, la relation indéfinie $\perp$ sera utilisée telle que pour toute relation $r \in \mathcal{R}$: $r \circ \perp = \perp$, $\perp \circ r = \perp$, $\perp \circ \perp = \perp$, $(\perp^{-1}) = \perp$. La distance conceptuelle δ entre une relation indéfinie et une relation $r \in \mathcal{R}$ sera $\delta(r, \perp) = v$ et $\delta(\perp, r) = v$ avec $v \geq 0$ (la valeur de v peut dépendre de la transformation d'un objet sonore en objet visible, et inversement). Enfin, $\delta(\perp, \perp) = 0$.*

L'ensemble des relations d'une représentation spatiale $\mathcal{R}$ est augmenté de cette relation supplémentaire $\perp$. Comme illustré dans la figure 4.2(b), Photo $\{PO\}$ Carte et Carte $\{\perp\}$ Musique. De plus, l'extension de la distance conceptuelle proposée dans la définition 15 rend possible l'adaptation sémantique d'une spécification comportant des relations indéfinies. C'est ce que nous montrons dans la section suivante.

4.2.2 Adaptation spatiale topologique

Dans cette section, nous montrons qu'il est possible d'adapter une spécification spatiale de documents multimédia comportant des relations indéfinies. Dans un même temps, nous mettons en évidence, à l'aide du document multimédia de la figure 4.2, que l'adaptation sémantique d'une spécification comportant des relations spatiales topologiques ne permet pas de produire des documents qui soient proches du document initial.

Supposons que le document multimédia de la figure 4.2 doive être exécuté sur une plate-forme disposant du profil p suivant : aucun objet multimédia visible ne peut recou-

vrir spatialement un autre objet multimédia[1]. Certaines relations spatiales du graphe de relations de la figure 4.2(b) ne satisfont pas ce profil. En effet, c'est le cas des relations Texte $\{PO\}$ Photo, Texte $\{PO\}$ Carte et Photo $\{PO\}$ Carte. Par conséquent, l'adaptation est transgressive, c'est-à-dire qu'aucun modèle de la spécification du document multimédia initial ne satisfait le profil cible.

En se basant sur le principe évoqué dans la section 3.5, l'adaptation par transgression va consister à sélectionner un ensemble de graphes de relations, qui satisfera le profil p, à une distance minimale du graphe de relations initial. Pour cela, nous utilisons un graphe de voisinage conceptuel entre relations spatiales topologiques RCC-8. Celui-ci est illustré dans la figure 4.3 (N^T_{RCC8}).

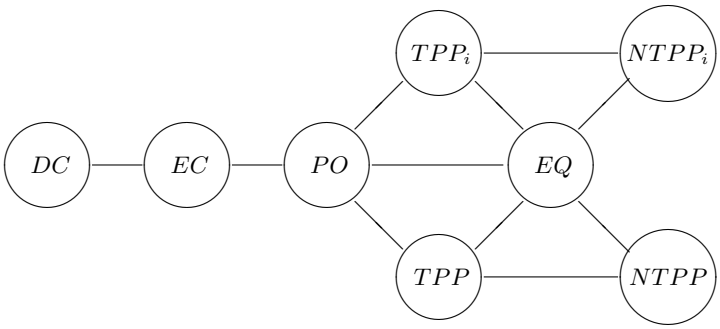


FIG. 4.3 – Graphe de voisinage conceptuel de relations topologiques RCC-8 (N^T_{RCC8}).

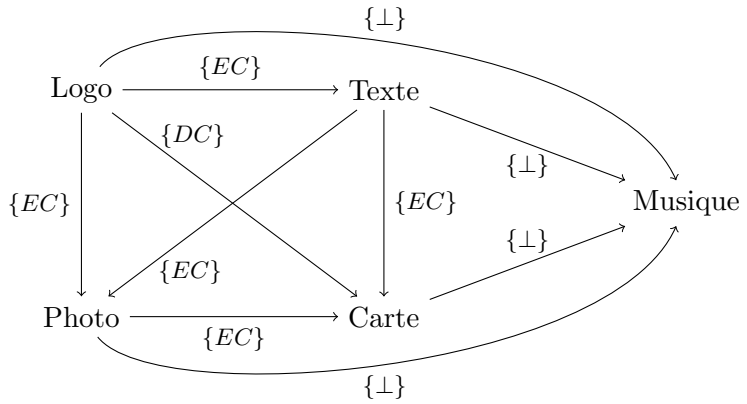
La figure 4.4 présente une solution d'adaptation qui satisfait le profil p. La distance de cette solution par rapport au graphe de relations initial de la figure 4.2(b) est $d = 3$. En effet, les trois relations spatiales PO ont été transformées en relation EC sachant que $\delta(PO, EC) = 1$. La figure 4.4(b), quant à elle, est une exécution correspondant au graphe de relations adaptées de la figure 4.4(a). Cette exécution satisfait le profil p, elle est proche du document initial présenté dans la figure 4.2(a).

Adapter une spécification de documents multimédia comportant des relations spatiales topologiques ainsi que des relations indéfinies est donc possible. Cependant, la représentation spatiale topologique RCC-8 offre une grande flexibilité d'exécutions car la notion d'orientation entre objets n'est pas prise en compte, aussi de nombreuses configurations spatiales peuvent satisfaire une relation spatiale topologique.

Par conséquent, même si l'on dispose de solutions d'adaptation considérées comme proches du document initial, certaines exécutions peuvent quant à elles être relativement éloignées (cf., figure 4.4(c)).

Dans la section suivante, nous montrons qu'une représentation spatiale directionnelle permettra de produire des documents adaptés plus proches du document initial.

[1] Ce type de profil a aussi été envisagé dans [12].



(a) Graphe de relations spatiales topologiques adaptées.

(b) Une exécution correspondant au graphe de relations de la figure 4.4(a).

(c) D'autres solutions d'adaptation spatiales du graphe de relations de la figure 4.4(a).

FIG. 4.4 – Une solution d'adaptation spatiale.

4.2.3 Adaptation spatiale directionnelle

Une représentation spatiale directionnelle [81] permet de définir des orientations dans l'espace entre des objets, ce dont ne dispose pas une représentation topologique comme la représentation RCC-8. Par exemple, considérons deux points A et B, représentant les centres de gravité des objets multimédia visibles. Neuf relations spatiales directionnelles sont possibles entre ces deux points : *nord*, *nord-est*, *nord-ouest*, *est*, *ouest*, *sud*, *sud-est*, *sud-ouest*, *même position*. Ces relations sont aussi nommées dans la littérature *relations cardinales* [40].

Néanmoins, en considérant un objet multimédia comme un seul et unique point, on ne peut distinguer le fait que l'objet A soit contenu dans l'objet B (et inversement). Si ces objets multimédia sont maintenant définis par deux points représentant, par exemple pour des objets rectangulaires, l'angle supérieur gauche et l'angle inférieur droit, il est alors possible d'étendre les relations spatiales en ajoutant des relations de chevauchement, d'alignement entre objets...

L'algèbre de relations sur les intervalles [1], utilisée pour caractériser la dimension temporelle des documents, peut être utilisée pour définir des relations spatiales. En se focalisant sur l'axe horizontal, on identifie 13 relations d'Allen entre deux objets multimédia visibles. Il en est de même pour l'axe vertical. La figure 4.5 présente toutes les relations spatiales basées sur l'algèbre de Allen. Chaque colonne identifie une relation de Allen sur l'axe horizontal et chaque ligne considère une relation sur l'axe vertical. On peut donc en déduire 169 relations spatiales directionnelles : $\langle b, b\rangle$, $\langle b, m\rangle$...

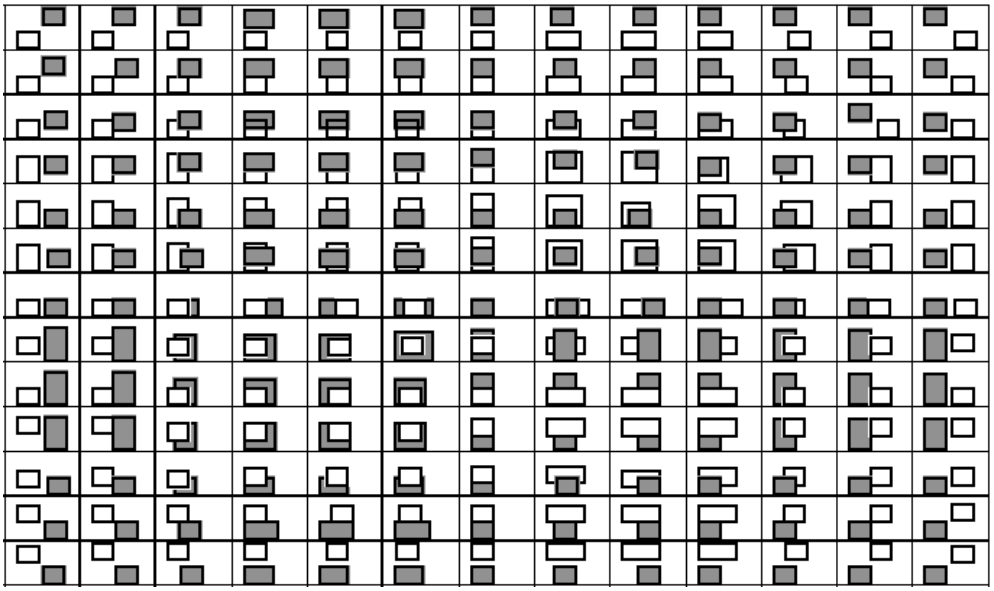


FIG. 4.5 – Les 169 relations spatiales directionnelles de Allen illustrées dans [35].

Une relation spatiale directionnelle comprend donc deux composantes : une pour l'axe horizontal et l'autre pour l'axe vertical. À titre d'exemple, la spécification spatiale correspondant à la présentation multimédia de la figure 4.2(a) est représentée dans le graphe de relations spatiales directionnelles de la figure 4.6.

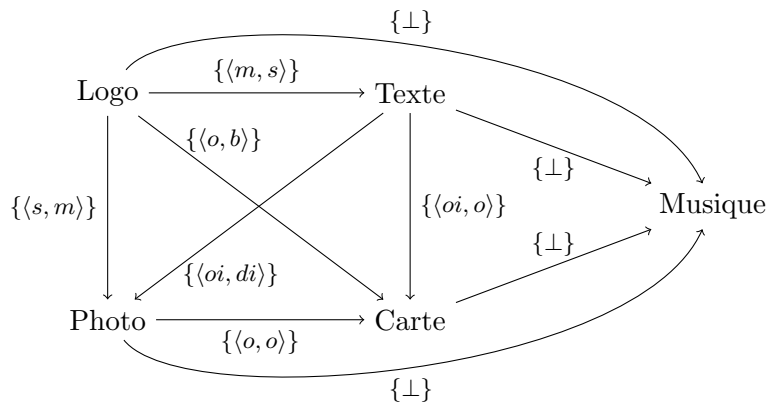


FIG. 4.6 – Graphe de relations spatiales directionnelles correspondant à la figure 4.2(a).

En l'état, la distance conceptuelle de la définition 14 ne peut s'appliquer avec de telles relations spatiales car elle est fondée sur une seule relation et non une relation à plusieurs composantes. Nous proposons donc d'étendre cette distance dans la définition suivante.

Définition 16 (Distance conceptuelle d'une relation à plusieurs composantes) *Soient deux relations* $r = \langle r_1, \ldots, r_n \rangle$ *et* $r' = \langle r'_1, \ldots, r'_n \rangle$ *avec* r_i *et* r'_i *appartenant à une représentation* $\mathcal{R}$*. La distance conceptuelle* $\delta(r, r') = \sum_{i=1}^{n} \delta(r_i, r'_i)$*.*

L'exemple suivant illustre une distance conceptuelle entre des relations spatiales directionnelles basées sur l'algèbre de Allen.

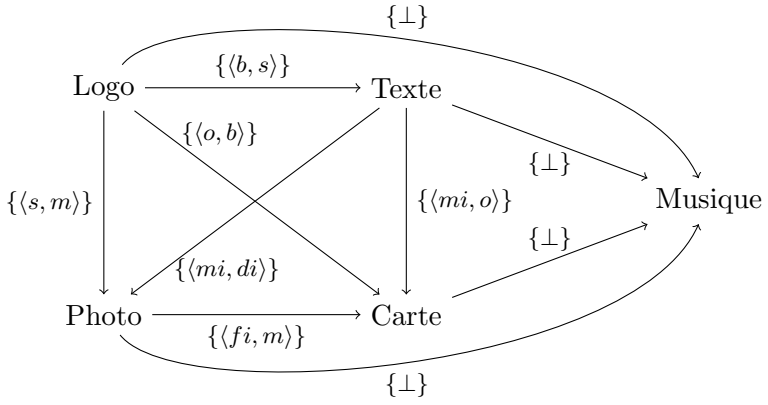
Exemple 10 *Soient les relations spatiales directionnelles* $r = \langle o, o \rangle$ *et* $r' = \langle fi, m \rangle$ *chacune composée de deux relations de Allen. La distance conceptuelle entre* r *et* r' *sera* $\delta(r, r') = \delta(o, fi) + \delta(o, m) = 1 + 1 = 2$*.*

La définition 16 permet de sélectionner des relations directionnelles, qui satisfont un profil cible, proches de relations initiales. La figure 4.7 présente une solution d'adaptation satisfaisant la contrainte de non recouvrement entre objets multimédia.

La distance entre le graphe de relations initial de la figure 4.6 et le graphe de relations adaptées de la figure 4.7(a) est $d = 5$:

- la relation $\langle m, s \rangle$ entre Logo et Texte a été transformée en relation $\langle b, s \rangle$ car $\delta(\langle m, s \rangle, \langle b, s \rangle) = 1$.
- la relation $\langle o, o \rangle$ entre Photo et Carte a été transformée en relation $\langle fi, m \rangle$ car $\delta(\langle o, o \rangle, \langle fi, m \rangle) = 2$.
- la relation $\langle oi, o \rangle$ entre Texte et Carte a été transformée en relation $\langle mi, o \rangle$ car $\delta(\langle oi, o \rangle, \langle mi, o \rangle) = 1$.
- la relation $\langle oi, di \rangle$ entre Texte et Photo a été transformée en relation $\langle mi, di \rangle$ car $\delta(\langle oi, di \rangle, \langle mi, di \rangle) = 1$.

La figure 4.7(b) propose une exécution qui correspond au graphe de la figure 4.7(a). Contrairement à la représentation topologique RCC-8, les exécutions proposées dans la figure 4.4(c) sont ici écartées des exécutions adaptées.



(a) Graphe de relations directionnelles adaptées.

(b) Une exécution possible du graphe de la figure 4.7(a).

FIG. 4.7 – Graphe de relations spatiales directionnelles adaptées.

Néanmoins, bien que l'adaptation de ce type de représentation permette de disposer de contraintes de présentation directionnelles, le calcul de solutions d'adaptation basé sur 169 relations spatiales est assez coûteux. De plus, l'ensemble d'exécutions correspondant aux solutions d'adaptation offre peu de flexibilité. Par exemple, le Logo et le Texte pourraient être juxtaposés. Dans le chapitre 6, nous proposerons une autre représentation spatiale qui assurera un compromis entre nombre de relations et expressivité.

Dans la section suivante, nous allons adapter la dimension hypermédia des documents multimédia.

4.3 Adaptation sémantique hypermedia

Un document multimédia peut contenir des liens hypermédia. Ces liens hypermédia permettent à un utilisateur d'interagir avec la présentation multimédia.

L'ancre d'un lien hypermédia, c'est-à-dire son origine, est généralement fixée sur un objet multimédia ou une partie d'un objet multimédia, alors que la cible d'un lien hypermédia est un document ou une partie d'un document.

Il existe deux types de liens hypermédia :

- **les liens internes :** Ces liens hypermédia permettent de naviguer à l'intérieur d'une même présentation, c'est-à-dire l'ancre et la cible du lien se situent dans le même document multimédia.
- **les liens externes :** Ces liens hypermédia permettent de naviguer vers d'autres documents, c'est-à-dire l'ancre et la cible du lien se situent dans des documents multimédia différents.

Nous montrons que l'adaptation sémantique de documents multimédia s'applique à ces deux types de liens hypermédia (§4.3.1). Dans le cas des liens hypermédia externes, nous montrons que l'adaptation doit adapter de multiples spécifications (§4.3.2).

4.3.1 Adaptation des liens hypermédia

Un lien hypermédia est un élément d'un document multimédia disposant d'informations de présentation temporelles et spatiales. Par exemple, la figure 4.8 contient deux liens hypermédia l_1 (externe) et l_2 (interne). L'ancre de ces liens hypermédia sont respectivement les objets multimédia Poster et Résumé, et leurs cibles correspondent respectivement à une autre présentation multimédia et au début de l'objet multimédia Bande-annonce.

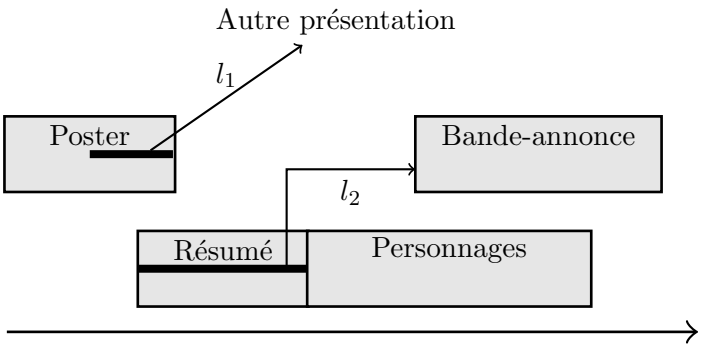


FIG. 4.8 – Un document multimédia contenant des liens hypermédia.

D'un point de vue temporel, chaque lien hypermédia est actif pendant un temps qui peut être différent du temps de présentation de son ancre. Lorsqu'un lien hypermédia n'est pas actif cela signifie qu'il n'est pas possible d'interagir avec celui-ci. Par exemple, le lien l_1 est actif durant une partie de la présentation du Poster, alors que l_2 est actif durant toute la présentation du Résumé.

D'un point de vue spatial, un lien hypermédia peut être associé à une région de l'espace d'affichage. Par exemple, dans la figure 4.7, la zone de texte contient trois liens hypermédia : Trip Planning, Prices et Online Reservation.

L'adaptation sémantique présentée dans le chapitre 3 considère, dans une spécification de document multimédia, exclusivement des objets multimédia. Par conséquent, la composition temporelle et spatiale des liens hypermédia n'est pas adaptée. Pour remédier à cette lacune, nous proposons dans la définition suivante de les intégrer dans la spécification de document multimédia [59].

Définition 17 (Spécification de document multimédia) *Soient O_m un ensemble d'objets multimédia et O_l un ensemble de liens hypermédia. Une spécification de document multimédia $s = \langle O, C \rangle$ est composée d'un ensemble d'objets O, avec $O = O_m \cup O_l$, ainsi que d'un ensemble de relations (ou contraintes) C entre les éléments de O.*

L'exemple ci-après illustre une spécification de documents multimédia composée de liens hypermédia.

Exemple 11 *La spécification temporelle correspondant à la figure 4.8 est représentée dans le graphe de relations de la figure 4.9. Les liens hypermédia l_1 et l_2 sont désormais des nœuds du graphe de relations et disposent de relations temporelles vis-à-vis des objets multimédia de la présentation.*

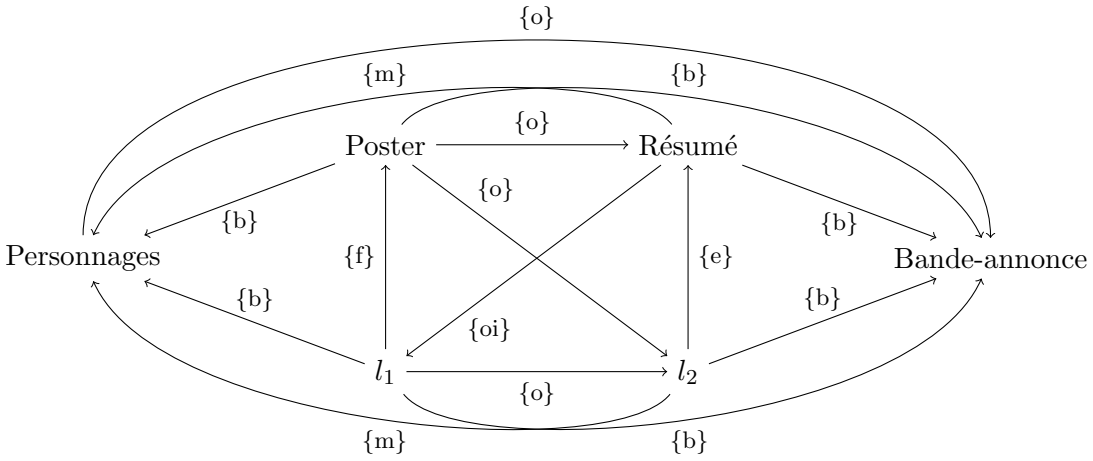


FIG. 4.9 – Graphe de relations temporelles correspondant à la figure 4.8.

Une extension à la dimension spatiale peut aisément être menée en utilisant des relations spatiales, comme par exemple celles utilisées dans la section 4.2.

L'approche d'adaptation sémantique, décrite dans le chapitre 3, peut maintenant s'appliquer à une spécification disposant d'informations sur la composition des objets multimédia et des liens hypermédia.

Néanmoins, la prise en compte des liens hypermédia dans une spécification n'est pas suffisante lors de l'adaptation. En effet, une adaptation par transgression, c'est-à-dire lorsque des relations entre objets sont transformées, peut mener vers l'incohérence suivante : un lien hypermédia n'appartient plus à son ancre.

Par exemple, la figure 4.10 illustre ce type d'incohérence à un niveau temporel car le lien hypermédia l_1 est actif lorsque son ancre (l'objet Poster) n'est plus exécutée.

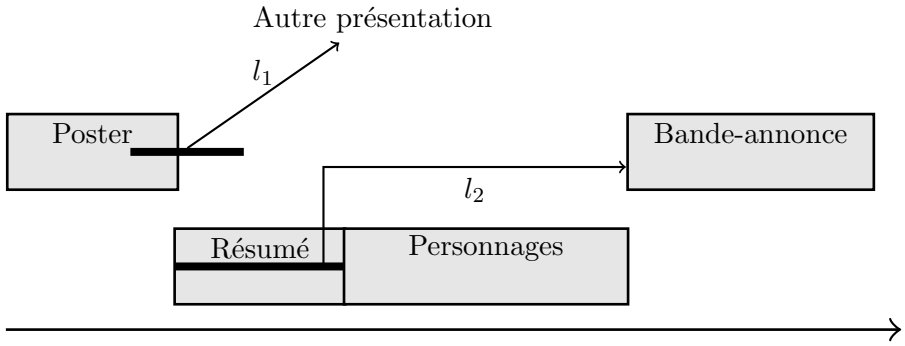


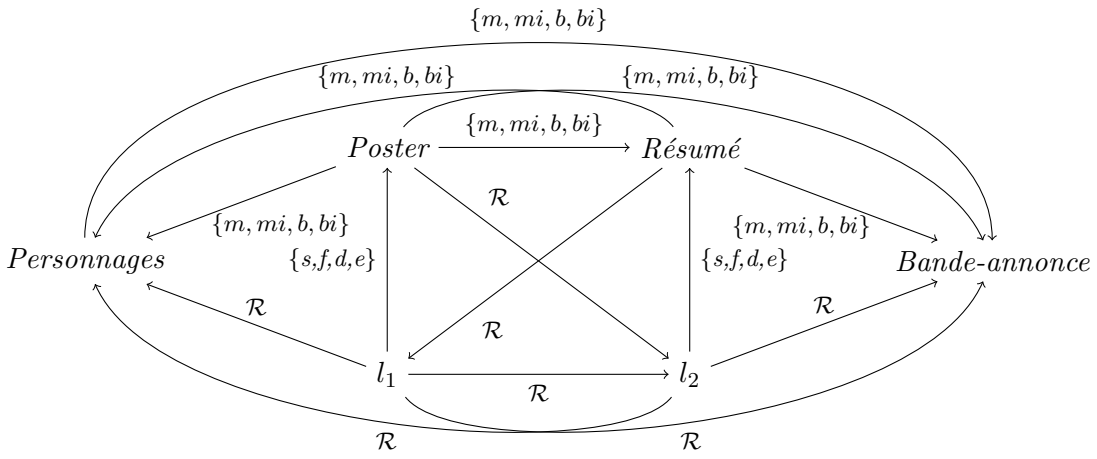
FIG. 4.10 – Incohérence temporelle entre un lien hypermédia et son ancre.

Par conséquent, toute spécification de document multimédia doit satisfaire une propriété de dépendance entre un lien hypermédia et son ancre.

Propriété 1 (Dépendance entre un lien hypermédia et son ancre) *Soit une spécification $s = \langle O, C \rangle$. L'ensemble C de contraintes doit nécessairement exprimer qu'un lien hypermédia $l \in O_l$ appartient à un objet multimédia $m \in O_m$ avec $O = O_m \cup O_l$. D'un point de vue temporel, l est actif seulement lorsque m est exécuté et d'un point de vue spatial l est une zone cliquable contenue dans la zone d'affichage de m.*

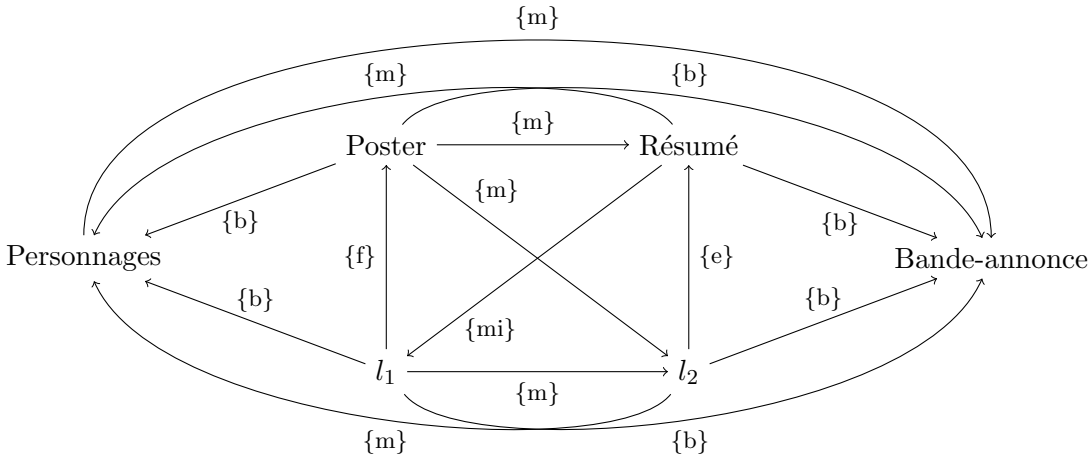
Initialement, le graphe de relations de la figure 4.9 satisfait la propriété 1. Si celui-ci est transformé par une adaptation transgressive, il doit toujours la satisfaire. Nous présentons un exemple d'adaptation de liens hypermédia ci-après.

Exemple 12 *Considérons le graphe de la figure 4.9 et le profil suivant : aucun objet multimédia ne peut être exécuté simultanément à un autre ($MSO_O(1)$). Deux relations temporelles ne satisfont pas le profil considéré : Poster $\{o\}$ Résumé et Personnage $\{o\}$ Bande-annonce. Le graphe de relations suivant présente les relations possibles entre chaque objet de la présentation satisfaisant le profil cible et la propriété 1 :*

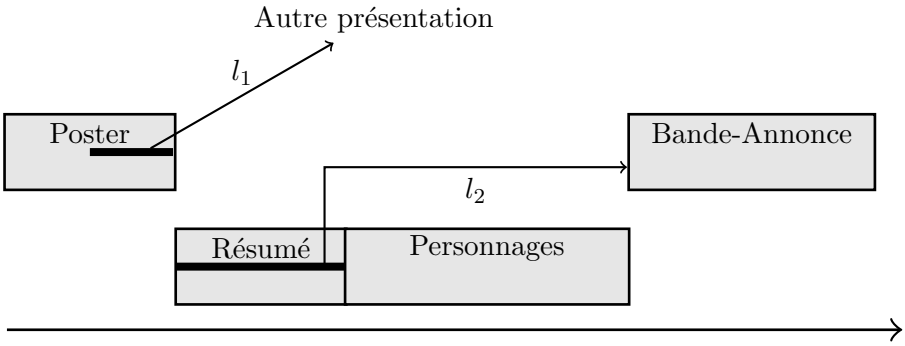


L'ensemble de relations {m, mi, b, bi} entre chaque objet multimédia correspond au profil considéré. Selon la propriété 1, un lien hypermédia est actif seulement lorsque son ancre associée est exécutée. Par conséquent, seules des relations d'inclusion temporelle {s, f, d, e} sont possibles entre un lien hypermédia et son ancre. L'ensemble de relations $\mathcal{R}$ stipule, quant à lui, que toutes les relations temporelles sont possibles entre deux objets.

À l'aide de ce graphe de relations possibles, l'adaptation par transgression va calculer un graphe de relations adaptées à une distance minimale du graphe de relations initiales (cf., figure 4.11).



(a) Graphe de relations temporelles adaptées.



(b) Une exécution correspondant au graphe de la figure 4.11(a).

FIG. 4.11 – Une solution d'adaptation considérant la composition hypermédia.

La figure 4.11(a) présente un graphe de relations adaptées dont la distance par rapport au graphe de relations initiales de la figure 4.9 est $d = 5$. En effet, les relations entre Poster et Résumé, et entre Personnages et Bande-annonce ont été transformées pour satisfaire le profil. Les relations entre Résumé et l_1, Poster et l_2, l_1 et l_2 ont aussi été transformées pour satisfaire la propriété 1.

La figure 4.11(b) est une exécution correspondant au graphe de relations adaptées de la figure 4.11(a). Cette présentation satisfait le profil cible et la propriété 1. De plus, elle est proche du document initial de la figure 4.8.

Dans cette section, nous avons adapté la composition des liens hypermédia d'un document. Nous avons illustré cette adaptation d'un point de vue temporel en utilisant des relations de Allen. Un raisonnement similaire peut être mené d'un point de vue spatial.

Nous montrons, dans ce qui suit, que l'adaptation de la dimension hypermédia doit également être en mesure de tenir compte de multiples spécifications dues aux liens hypermédia externes.

4.3.2 Adaptation de multiples spécifications

Lorsqu'un document multimédia est composé de liens hypermédia externes, de multiples présentations doivent être considérées. Par exemple, la figure 4.12 présente une spécification de document multimédia S_1 composée d'un lien hypermédia externe l_1 pointant vers une autre spécification S_2.

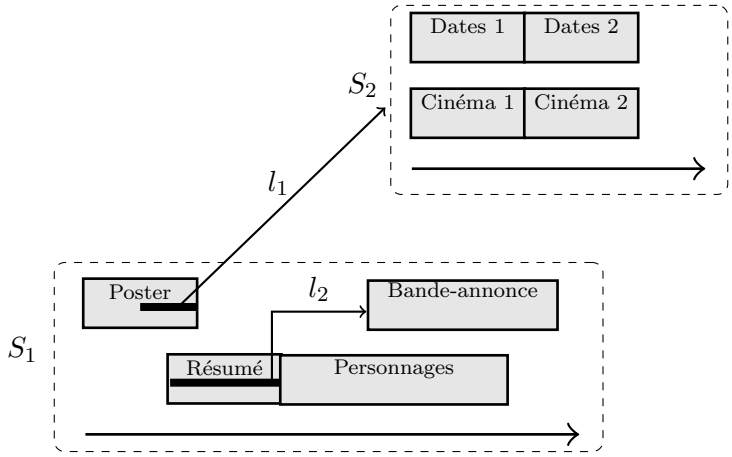


FIG. 4.12 – Les spécifications de documents multimédia correspondant aux liens hypermédia externes.

Par conséquent, l'adaptation de documents multimédia doit être en mesure d'adapter toutes les spécifications du document. Dans notre exemple, il s'agira d'adapter S_1 et S_2. Or, l'adaptation sémantique présentée dans le chapitre 3 considère une seule et unique spécification globale. Nous proposons donc de grouper dans une spécification globale les multiples spécifications dues aux liens hypermédia externes.

Définition 18 (Spécification globale de document multimédia) *Une spécification globale de document multimédia $\mathcal{S} = \{S_1, \ldots, S_n\}$ peut être composée d'un ensemble de spécifications $S_i = \langle O_i, C_i \rangle$ avec O_i un ensemble d'objets multimédia et C_i un ensemble de relations (ou contraintes) entre les éléments de O_i.*

Adapter une spécification globale de document multimédia $\mathcal{S}$ correspondra à adapter chaque spécification $S \in \mathcal{S}$.

Nous avons illustré l'adaptation de la dimension hypermédia d'un document à l'aide de la dimension temporelle. Une extension peut aisément être mené pour la dimension spatiale en utilisant les représentations présentées dans la section 4.2.

Nous proposons dans ce qui suit d'étendre l'approche sémantique d'adaptation à plusieurs dimensions, afin d'aboutir à une adaptation spatio-temporelle-hypermédia.

4.4 Adaptation sémantique spatio-temporelle-hypermédia

Les dimensions d'un document multimédia sont dépendantes les unes des autres. En effet, un objet multimédia est exécuté à un instant donné, à un endroit donné (pour les objets multimédia visibles) et peut comporter des liens hypermédia actifs pendant une période donnée.

La figure 4.13 présente un document multimédia qui met en évidence cette dépendance entre dimensions temporelle, spatiale et hypermédia. Cet exemple est issu de la SMILthèque de l'INRIA[2] qui contient de nombreux documents multimédia présentés sous cette forme de présentation.

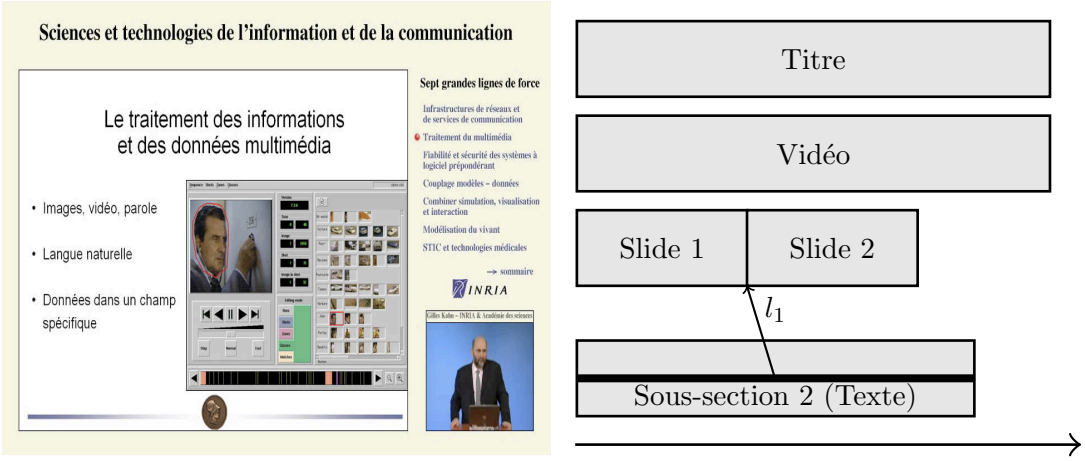


FIG. 4.13 – Une présentation multimédia issue de la SMILthèque de l'INRIA.

Pour représenter la dimension spatio-temporelle d'un document multimédia, nous proposons de combiner les représentations temporelles et spatiales.

Définition 19 (Relation spatio-temporelle) *Une relation spatio-temporelle* $r = \langle r_t, r_s \rangle$ *est composée d'une relation temporelle* r_t *ainsi que d'une relation spatiale* r_s.

La spécification de la figure 4.13 est présentée dans le graphe de relations spatio-temporelles de la figure 4.14. Dans cet exemple l'algèbre de Allen est utilisée pour identifier les relations temporelles entre objets multimédia, tandis que la représentation spatiale topologique RCC-8 est utilisée pour caractériser la dimension spatiale du document.

[2] `http://www.inria.org/MULTIMEDIA/Smiltheque-fra.html`

À l'instar des précédentes sections, de nombreuses contraintes spatio-temporelle-hypermédia peuvent maintenant être spécifiées dans un profil. Par exemple, deux objets multimédia visibles ne peuvent se recouvrir dans l'espace d'affichage simultanément.

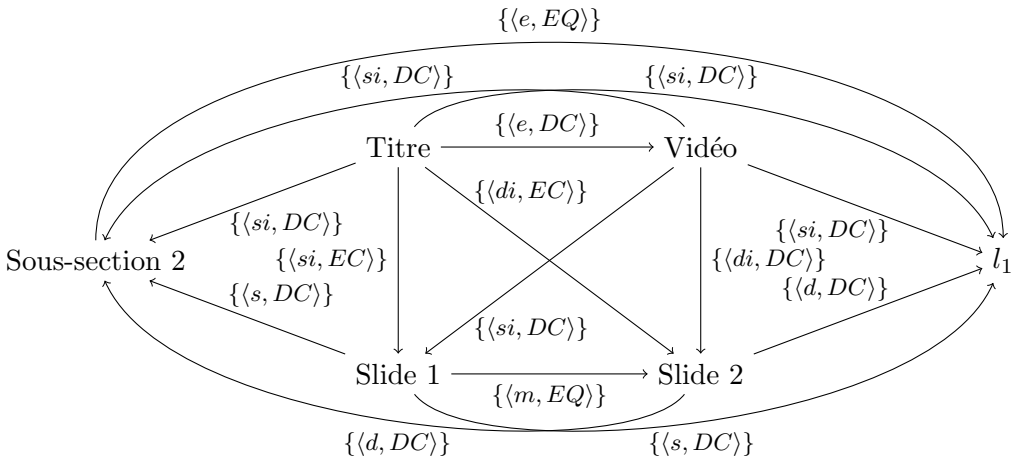


FIG. 4.14 – Graphe de relations spatio-temporelles correspondant à la figure 4.13.

Cependant, notre distance conceptuelle entre relations (cf., définition 14) est basée sur un seul et unique graphe de voisinage. Or, pour calculer des solutions d'adaptation qui soient proches du document initial, il est nécessaire de combiner les graphes de voisinage temporel et spatial. Pour ce faire, nous proposons d'effectuer un produit de graphes de voisinage [58].

Par exemple, des voisinages conceptuels temporels et spatiaux ont déjà été présentés dans les sections précédentes (figure 3.5 pour A_{13} et figure 4.3 pour RCC-8). Une partie du graphe produit de ces deux graphes de voisinage est représentée dans la figure 4.15.

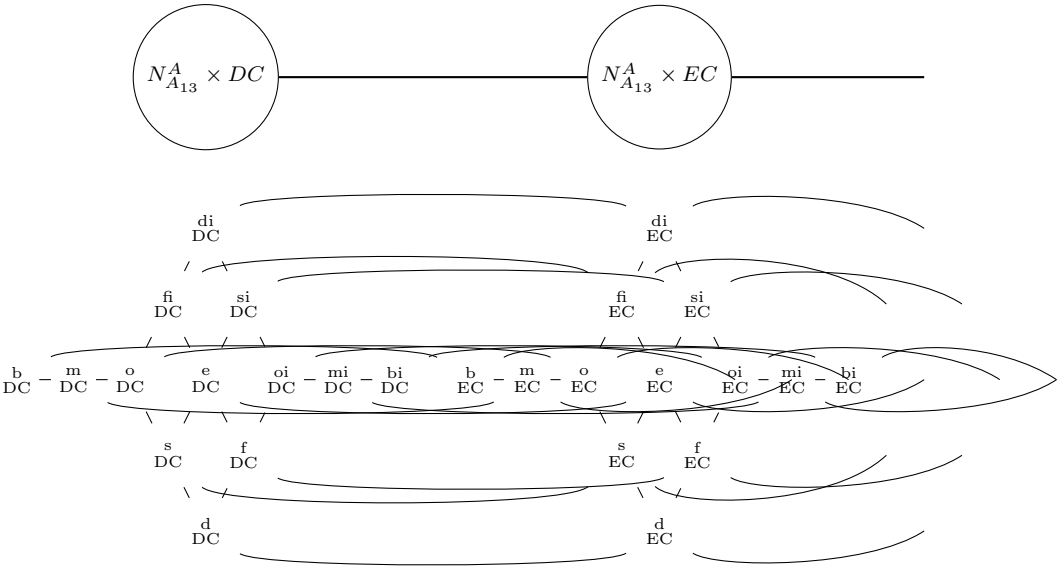


FIG. 4.15 – Graphe produit $N^A_{A_{13}} \times N^T_{RCC8}$.

Propriété 2 *Soient deux relations spatio-temporelles* $r_1 = \langle r_t^1, r_s^1 \rangle$ *et* $r_2 = \langle r_t^2, r_s^2 \rangle$*, deux graphes de voisinage temporels* N_t^X *et spatiaux* $N_s^{X'}$*, et le graphe produit* $N_{st}^{X''} = N_t^X \times N_s^{X'}$*. La distance conceptuelle* $\delta(r_1, r_2)$ *dans* $N_{st}^{X''}$ *est égale à la somme de* $\delta(r_t^1, r_t^2)$ *dans* N_t^X *et de* $\delta(r_s^1, r_s^2)$ *dans* $N_s^{X'}$*.*

À l'aide du graphe produit, il est maintenant possible de calculer une distance conceptuelle entre relations spatio-temporelles. Par exemple, dans le graphe de la figure 4.15 la distance conceptuelle entre les relations spatio-temporelles $\langle di, DC \rangle$ et $\langle oi, EC \rangle$ est égale à 3. La propriété 2 est aussi satisfaite car $\delta(di, oi) = 2$ dans $N_{A_{13}}^A$ et $\delta(DC, EC) = 1$ dans N_{RCC8}^T.

Une adaptation sémantique de la dimension spatio-temporelle-hypermédia peut dorénavant être appliquée en suivant les principes présentés dans le chapitre 3.

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appliqué l'adaptation sémantique décrite dans le chapitre 3 aux principales dimensions des documents multimédia. Nous avons introduit la notion de relation indéfinie entre objets multimédia visibles et sonores, et nous avons montré que l'ensemble de solutions d'adaptation varie en fonction de la représentation qualitative utilisée. De plus, nous avons combiné les principales dimensions des documents multimédia pour réaliser une adaptation spatio-temporelle-hypermédia.

Cependant, l'adaptation sémantique proposée considère le même nombre d'objets multimédia dans le document multimédia initial et adapté, une seule spécification initiale du document, ainsi qu'un seul type de voisinage entre relations.

Dans le chapitre suivant, nous étendons l'approche d'adaptation du chapitre 3 pour combler ces lacunes.

Chapitre 5

Différentes manipulations des graphes de relations

Résumé

Dans ce chapitre, nous proposons différentes manipulations de graphes de relations. Celles-ci sont à même de supprimer des objets, d'enrichir les relations du graphe et de faire varier ses transformations. Parallèlement, nous montrons que l'approche sémantique d'adaptation est flexible car elle s'accommode, par exemple, des annotations du document et des types d'objets multimédia utilisés.

Sommaire

5.1 Introduction **67**
5.2 Suppression de nœuds **68**
5.2.1 Suppression d'objets 68
5.2.2 Résumé de documents multimédia 73
5.3 Enrichissement des relations **75**
5.3.1 Annotations fonctionnelles 75
5.3.2 Gestion des alternatives 77
5.3.3 Relations floues 78
5.4 Guider la transformation des relations **78**
5.4.1 Privilégier certaines relations 78
5.4.2 Privilégier certaines transformations 79
5.5 Conclusion **83**

5.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que l'approche d'adaptation sémantique de documents multimédia s'applique aux principales dimensions des documents. Toutefois, celle-ci reste relativement rigide pour les raisons suivantes :

- l'approche considère un nombre identique d'objets multimédia dans le document initial et adapté.
- l'approche considère une seule et unique composition initiale du document.
- l'approche considère un unique graphe de voisinage conceptuel entre les relations d'une représentation.

Dans ce chapitre, nous proposons d'accroître la flexibilité de cette approche d'adaptation. Dans un premier temps, nous permettons la suppression d'objets du document multimédia initial (§5.2). Dans un second temps, nous montrons que les annotations du document, fournies par l'auteur, permettent de considérer initialement plusieurs compositions du document (§5.3). Dans un dernier temps, nous montrons que les transformations appliquées aux documents multimédia ne sont pas uniques et s'accommodent, par exemple, des types d'objets multimédia manipulés (§5.4).

5.2 Suppression de nœuds

Nous proposons tout d'abord d'étendre l'adaptation sémantique, présentée dans le chapitre 3, pour que celle-ci puisse supprimer des objets multimédia d'une présentation (§5.2.1). Ensuite, à l'aide d'indices de pertinence d'objets multimédia, nous montrons que des résumés de documents multimédia peuvent être produits (§5.2.2).

5.2.1 Suppression d'objets

Le principe d'adaptation par transgression d'une spécification de document multimédia doit permettre la suppression d'objets multimédia ou de liens hypermédia. Cela peut s'avérer utile dans plusieurs situations : le profil stipule que la présentation doit contenir un nombre restreint d'objets multimédia ou de liens hypermédia, l'ancre d'un lien hypermédia n'existe plus, aucune relation n'est possible entre deux objets multimédia, etc.

Nous nommons O_s l'ensemble d'objets multimédia ou de liens hypermédia qui sont à supprimer dans une spécification de document multimédia (ou dans un graphe de relations). Une stratégie naturelle de suppression d'objets (ou de nœuds) consiste à supprimer, dans la spécification initiale, chaque élément de O_s ainsi que les ensembles de relations incidents à ces éléments.

Exemple 13 *Soient le document initial de la figure 5.1(a) et le profil suivant :*

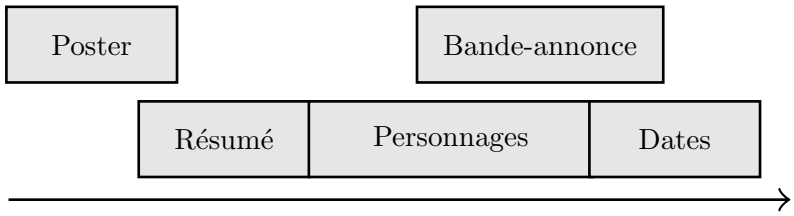
- *deux objets multimédia ne doivent pas être joués simultanément.*
- *seulement 4 objets multimédia peuvent être présentés dans la présentation.*

Les figures 5.1(b) et 5.1(c) illustrent les graphes de relations dépourvus respectivement des objets Personnages et Résumé[1]*. L'adaptation consiste à adapter ces graphes de relations à l'aide des travaux présentés dans les chapitres précédents.*

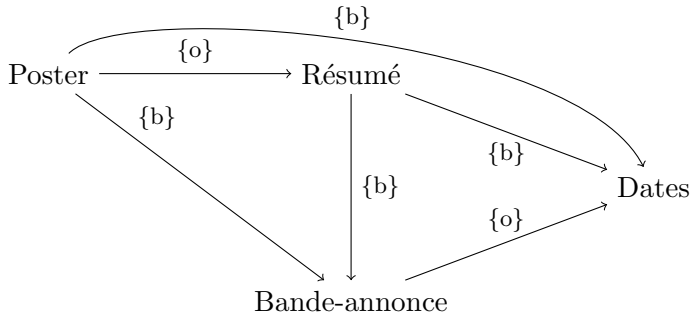
La figure 5.2 présente une solution d'adaptation pour chacun des graphes de relations initiaux de la figure 5.1. Le graphe de relations de la figure 5.2(a) est à une distance $d = 2$ du graphe de relations de la figure 5.1(b) :

- *la relation* overlaps *entre Poster et Résumé a été transformée en relation* meets *($\delta(o, m) = 1$).*

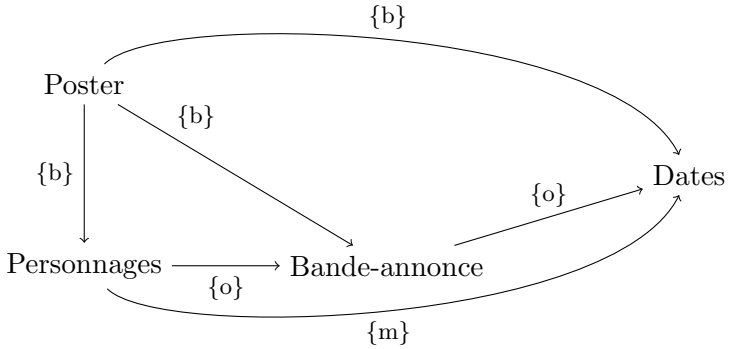
[1] Les graphes de relations dépourvus des objets Poster, Bande-annonce et Dates ne sont pas présentés.



(a) Un document multimédia initial.



(b) Graphe de relations de la figure 5.1(a) avec $O_s = \{\text{Personnages}\}$.



(c) Graphe de relations de la figure 5.1(a) avec $O_s = \{\text{Résumé}\}$.

FIG. 5.1 – Suppression d'éléments d'une spécification de document multimédia.

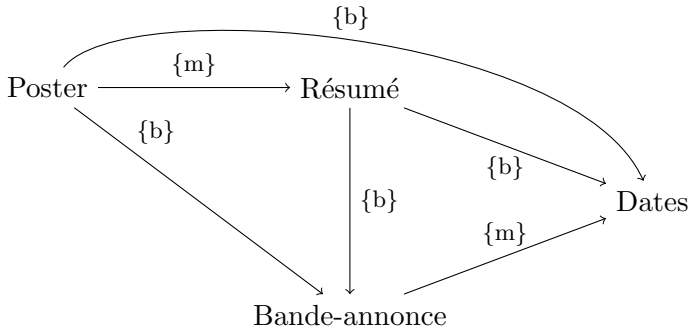
– *la relation* overlaps *entre Bande-annonce et Dates a été transformée en relation* meets *($\delta(o, m) = 1$).*

Le graphe de relations de la figure 5.2(c) est, quant à lui, à une distance $d = 3$ du graphe de relations de la figure 5.1(c) :

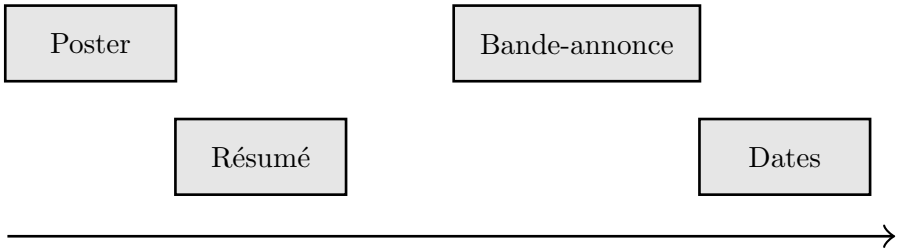
– *la relation* overlaps *entre Personnages et Bande-annonce a été transformée en relation* meets *($\delta(o, m) = 1$).*
– *la relation* overlaps *entre Bande-annonce et Dates a été transformée en relation* meets *($\delta(o, m) = 1$).*
– *la relation* meets *entre Personnages et Dates a été transformée en relation* before *($\delta(m, b) = 1$).*

Les figures 5.2(b) et 5.2(d) illustrent respectivement des exécutions des graphes de relations adaptées des figures 5.2(a) et 5.2(c).

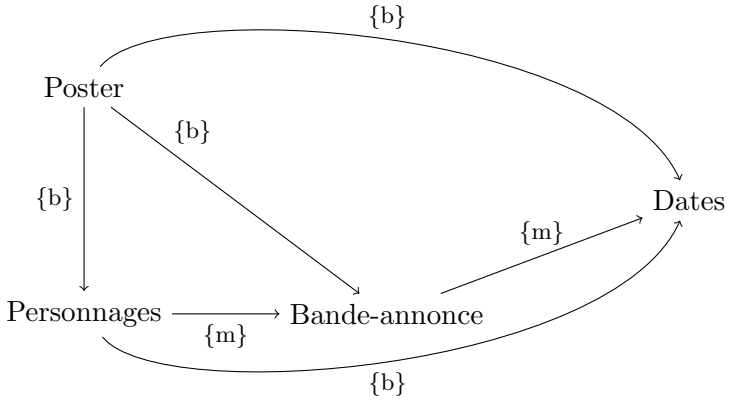
Les solutions proposées satisfont le profil cible et sont proches du document multimédia initial présenté dans la figure 5.1(a). En outre, la solution d'adaptation qui



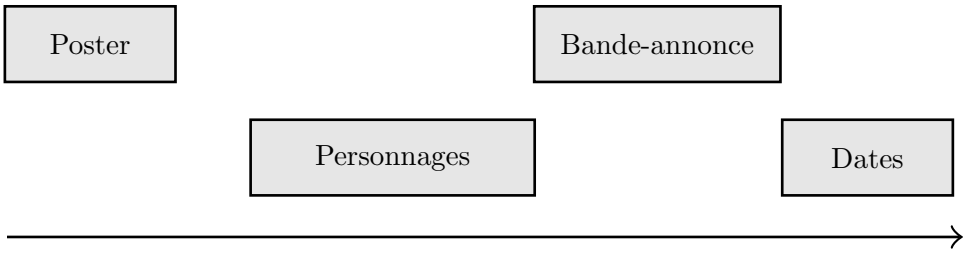
(a) Graphe de relations adaptées de la figure 5.1(b) ($d = 2$).



(b) Une exécution du graphe de la figure 5.2(a).



(c) Graphe de relations adaptées de la figure 5.1(c) ($d = 3$).



(d) Une exécution du graphe de la figure 5.2(c).

FIG. 5.2 – Des solutions d'adaptation correspondant au document de la figure 5.1.

consiste à supprimer l'objet Personnages est considérée comme étant plus proche de celle supprimant l'objet Résumé. Cependant, lors de suppressions d'objets multimédia, la propriété de proximité entre le document initial et le document adapté peut aboutir à des solutions d'adaptation contenant des intervalles de temps où aucun objet n'est exécuté. C'est le cas dans les figures 5.2(b) et 5.2(d) où aucun objet n'est exécuté entre les objets multimédia Résumé et Bande-annonce, et les objets Poster et Personnages.

Ce type d'événement est susceptible de perturber l'utilisateur. Par conséquent, pour conserver une propriété de contiguïté de présentation, il devient nécessaire de pénaliser notre mesure de proximité en sélectionnant d'autres solutions d'adaptation plus satisfaisantes [63]. Pour cela, lors du calcul de solutions d'adaptation, nous définissons la propriété de contiguïté suivante :

Propriété 3 (Contiguïté) *Soient $g_s = \langle O, E, \lambda \rangle$ un graphe de relations et $O_s \subseteq O$ un ensemble d'objets à supprimer. Le graphe de relations g_s satisfait la propriété de contiguïté si et seulement si il n'est pas possible de trouver une partition $\mathcal{P}$ de deux ensembles d'éléments de $O - O_s$ disjoints non-vides P_1 et P_2 tels que tous les éléments de P_1 sont strictement avant (before dans le sens de Allen) de tous les éléments de P_2 (respectivement, strictement après, c'est-à-dire after).*

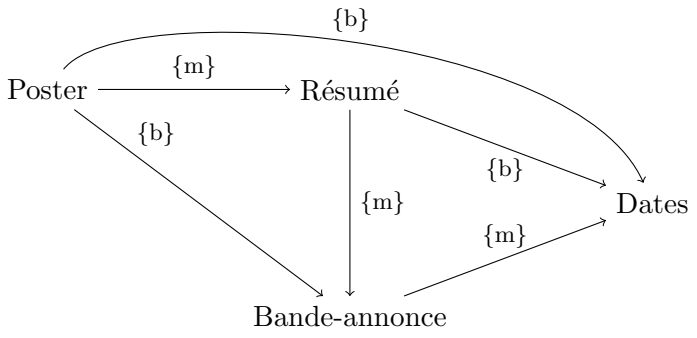
Les deux graphes de relations de la figure 5.2 ne satisfont pas cette propriété.

Exemple 14 *Le graphe de relations adaptées de la figure 5.2(a) ne satisfait pas la propriété de contiguïté car l'ensemble des objets de $P_1 = \{$Poster, Résumé$\}$ est exécuté strictement avant (c'est-a-dire,* before*) l'ensemble des objets de $P_2 = \{$Bande-annonce, Dates$\}$. Le graphe de relations adaptées de la figure 5.2(c) ne satisfait pas non plus la propriété de contiguïté car l'ensemble des objets de $P_1 = \{$Poster$\}$ est exécuté strictement avant l'ensemble des objets de $P_2 = \{$Personnages, Bande-annonce, Dates$\}$.*

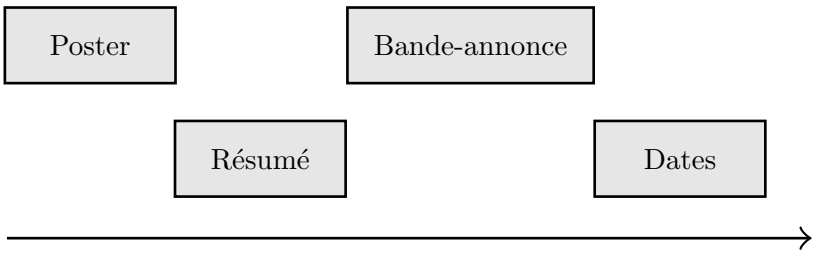
La figure 5.3 présente des solutions d'adaptation qui satisfont, non seulement le profil considéré mais aussi la propriété de contiguïté. Par rapport aux graphes de relations adaptées de la figure 5.2, ceux-ci on subit une transformation supplémentaire pour satisfaire la propriété de contiguïté. Par exemple, dans la figure 5.3(a) la relation *before* entre Résumé et Bande-annonce a été transformée en relation *meets*. Également, dans la figure 5.3(c) la relation *before* entre Poster et Personnages a été transformée en relation *meets*. Des exécutions correspondantes à ces graphes de relations adaptées sont présentées dans la figure 5.3(b) et 5.3(d).

Un raisonnement similaire peut être mené en ce qui concerne la dimension spatiale. De plus, à l'instar de la contiguïté temporelle, on pourrait également ajouter des propriétés spatiales supplémentaires lors de la suppression d'éléments visibles comme, par exemple, l'homogénéité de la présentation.

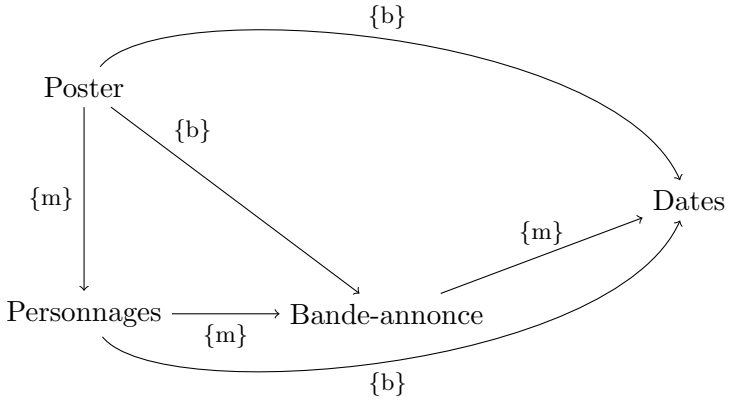
Pour éviter d'adapter de nombreux graphes de relations dépourvus d'objets multimédia, nous proposons dans la section suivante de ne supprimer que les objets considérés comme peu pertinents.



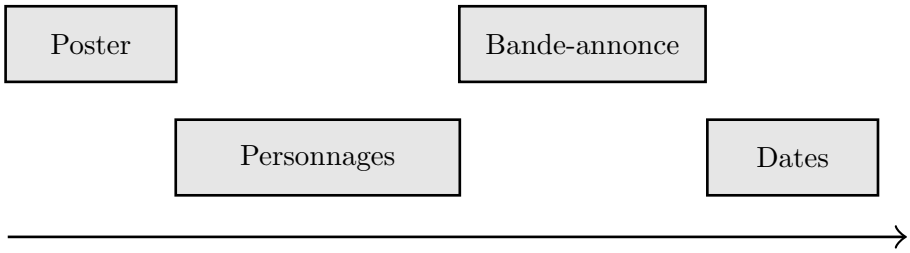
(a) Graphe de relations adaptées de la figure 5.1(b) ($d = 3$).



(b) Une exécution du graphe de la figure 5.3(a).



(c) Graphe de relations adaptées de la figure 5.1(c) ($d = 4$).



(d) Une exécution du graphe de la figure 5.3(c).

FIG. 5.3 – Des solutions d'adaptation correspondant au document de la figure 5.1 et satisfaisant la propriété de contiguïté de la présentation.

5.2.2 Résumé de documents multimédia

Afin d'être plus efficace, l'adaptation doit être en mesure de supprimer seulement les objets du document initial considérés comme étant les moins pertinents. Pour cela, nous proposons d'associer à chaque objet multimédia un indice de pertinence. Ces indices peuvent être spécifiés par l'auteur du document ou calculés a priori. Un exemple d'indice de pertinence pour le document illustré dans la figure 5.1(a) est proposé ci-après.

Exemple 15 *La table 5.1 présente deux séries d'indices de pertinence pour chaque objet multimédia du document de la figure 5.1(a).*

Poster	Résumé	Personnages	Bande-annonce	Dates
1.0	0.8	0.4	0.7	1.0
1.0	0.8	0.5	0.5	1.0

TAB. 5.1 – Indice de pertinence des objets multimédia du document de la figure 5.1(a).

Dans la première ligne de la table, l'objet Personnages est le moins pertinent. Dans la seconde ligne, les objets Personnages et Bande-annonce sont les moins pertinents.

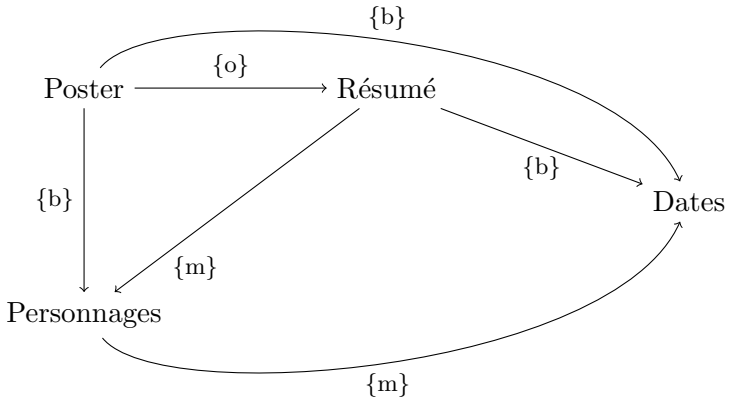
Suivant le profil décrit dans l'exemple 13, en considérant la première ligne de la table 5.1, l'objet Personnages doit être supprimé car seuls quatre objets multimédia peuvent être exécutés. Par conséquent, seul $O_s = \{\text{Personnages}\}$ est à considérer et le principe de suppression de la section précédente est appliqué (§5.2.1).

En ce qui concerne la deuxième ligne, l'ensemble d'objets à supprimer contient deux valeurs possibles : $O_s = \{\text{Personnages}\}$ ou $O_s = \{\text{Bande-annonce}\}$. Il y a donc deux graphes de relations à considérer : celui illustré dans la figure 5.1(b) et celui présenté dans la figure 5.4(a).

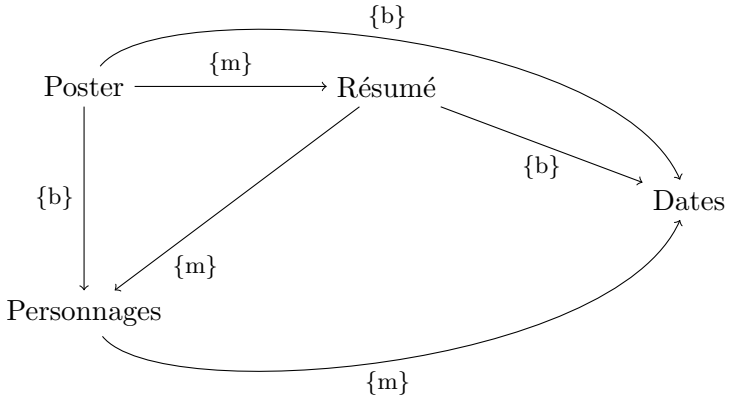
L'adaptation va donc considérer ces deux graphes de relations comme graphes initiaux et ne retiendra que les solutions à une distance minimale de ceux-ci. La figure 5.4 présente une solution d'adaptation. Le graphe de relations de la figure 5.4(b) est à une distance $d = 1$ du graphe de relations de la figure 5.4(a) car la relation *overlaps* entre Poster et Résumé a été transformée en relation *meets* ($\delta(o, m) = 1$). Une exécution correspondant au graphe de relations adapté est présentée dans la figure 5.4(c).

Dans le cas où les objets multimédia Personnages et Bande-annonce ont le même indice de pertinence, la solution de supprimer l'objet Bande-annonce est préférée à celle de supprimer l'objet Personnages car cette dernière engendre plus de transformations du document. Précédemment, nous avons vu que la suppression de l'objet Personnages mène à une distance minimale $d = 3$.

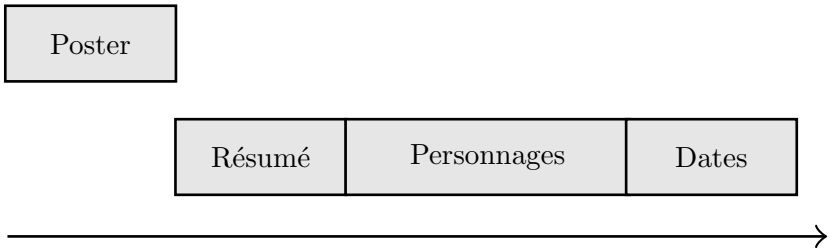
En conclusion, même si le nombre de graphes initiaux augmente lorsque plusieurs cas de suppression sont envisageables, les indices de pertinence des objets multimédia, ainsi que la proximité entre document initial et document adapté, permettent de filtrer un certain nombre de solutions d'adaptation.



(a) Graphe de relations de la figure 5.1(a) avec $O_s = \{\text{Bande-annonce}\}$.



(b) Graphe de relations adaptées de la figure 5.4(a) ($d = 1$).



(c) Une exécution possible du graphe de la figure 5.4(b).

FIG. 5.4 – Adaptation avec indice de pertinence.

Dans la section suivante, nous montrons que l'adaptation sémantique de documents multimédia peut tenir compte des annotations de l'auteur du document.

5.3 Enrichissement des relations

Dans les sections précédentes, le principe d'adaptation sémantique a été appliqué sur une seule et unique composition initiale du document multimédia, c'est-à-dire son exécution initiale. Or, il s'avère que de multiples compositions peuvent correspondre au document initial. Cet espace d'exécutions potentielles peut être conséquent même si, au final, seulement une seule exécution effective sera présentée.

L'adaptation peut tirer avantage de toutes les compositions initiales potentielles pour produire d'autres solutions d'adaptation. Nous présentons dans les sections suivantes plusieurs éléments permettant d'envisager d'autres compositions initiales du document : les annotations fonctionnelles (§5.3.1), les alternatives (§5.3.2) et les relations dites floues (§5.3.3).

5.3.1 Annotations fonctionnelles

Un document multimédia peut contenir des annotations fournies par l'auteur du document. Par exemple, considérons la présentation multimédia d'une partie d'un jeu d'échecs illustrée dans la figure 5.5[2]. Celle-ci est composée de trois vidéos, une zone de texte ainsi qu'une bande sonore.

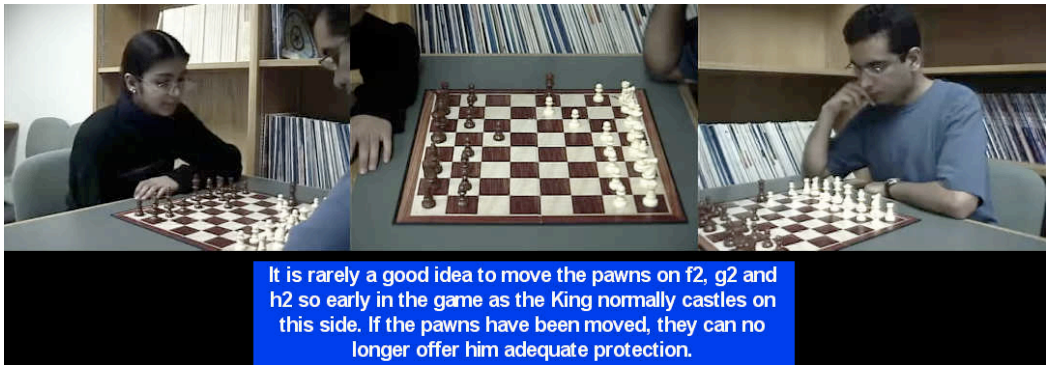


FIG. 5.5 – Une démonstration d'une partie d'un jeu d'échecs.

Ce type de document multimédia peut disposer d'annotations particulières permettant d'envisager d'autres compositions du document que celle effectivement présentée. Les *annotations fonctionnelles*, décrivant la fonction d'un objet multimédia dans le document, permettent de déduire de nouvelles compositions possibles.

Définition 20 (Annotation fonctionnelle) *Une annotation fonctionnelle est associée à un objet multimédia et décrit la fonction de cet objet dans le document.*

[2]Présentation SMIL issue du Cognitive Development Laboratory : `http://www.psych.uiuc.edu/labs/cogdev/`

On peut caractériser deux types d'annotations fonctionnelles :
(1) celles portant sur des objets multimédia individuels.
(2) celles s'appliquant à plusieurs objets multimédia du document.

La première catégorie d'annotation identifie un rôle particulier à l'objet dans la présentation. Par exemple, un titre, un menu, un logo, un bandeau publicitaire... Ce type d'annotation peut être décrit à l'aide de descripteurs comme ceux définis dans MPEG-7 [75].

La deuxième catégorie d'annotations identifie un rôle entre plusieurs objets multimédia de la présentation. Ce rôle peut traduire une forme d'intention du discours de l'auteur. [73] propose une théorie descriptive permettant de caractériser la structure des textes en définissant le type de relations rhétoriques qui relie les clauses et les propositions entre elles. Cette théorie a notamment été utilisée dans le domaine des documents multimédia pour générer des présentations [88, 32, 16].

Les annotations fonctionnelles offrent donc une dimension sémantique supplémentaire au document multimédia, que l'adaptation pourra utiliser par la suite. À titre d'exemple, la figure 5.6 propose des annotations fonctionnelles possibles de la présentation multimédia illustrée dans la figure 5.5.

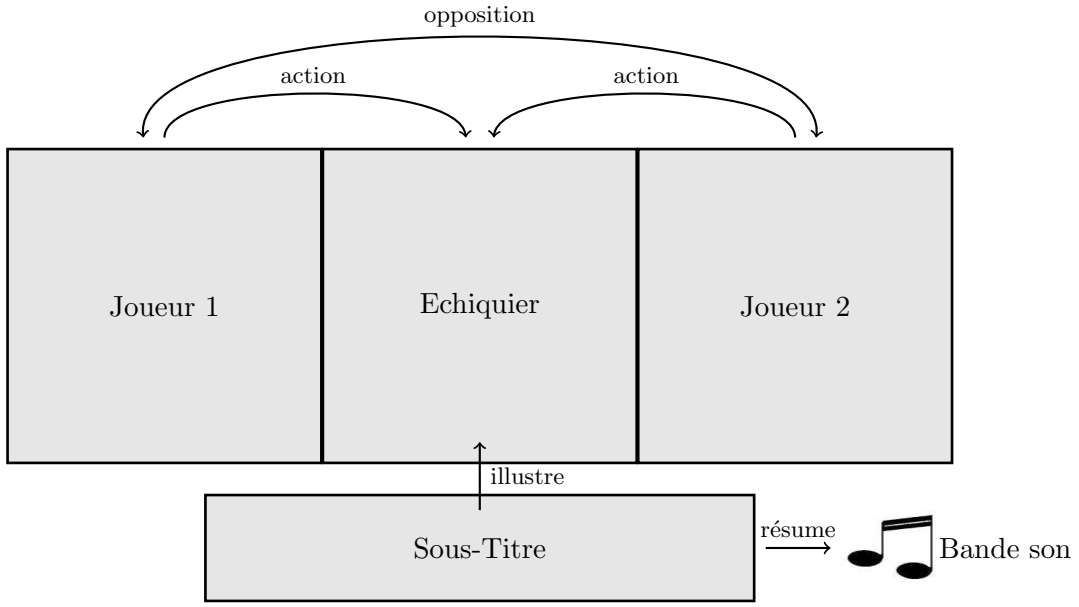
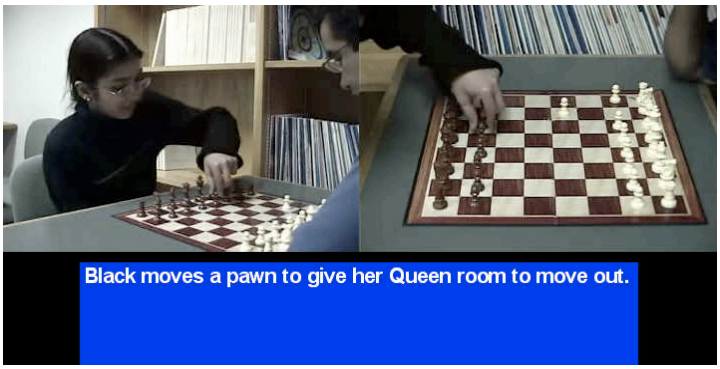


FIG. 5.6 – Annotations fonctionnelles du document multimédia de la figure 5.5.

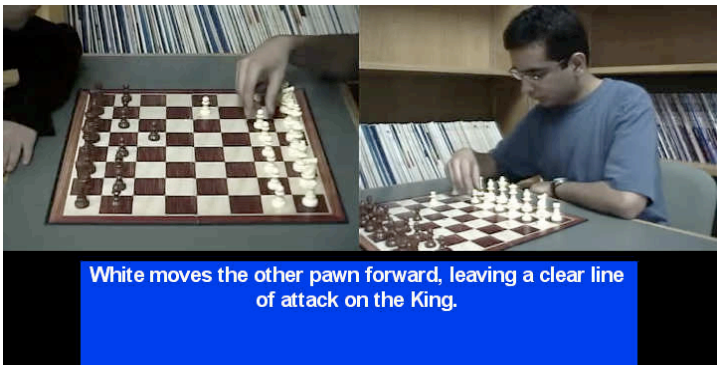
Grâce aux annotations fonctionnelles, les travaux illustrés dans [71, 43] ont identifié des correspondances possibles entre ce type d'annotations et des relations spatio-temporelles. Par exemple, un titre doit rester au dessus des objets multimédia présentés simultanément ou bien être présenté seul, une illustration ou une action d'un objet sur un autre doivent se situer proche spatialement l'une de l'autre, deux objets multimédia s'opposant peuvent être joués en séquence...

Si l'on considère toutes les relations spatio-temporelles potentielles issues des an-

notations fonctionnelles, de nombreuses exécutions initiales, outre celle effectivement présentée, peuvent être traitées par l'adaptation. Ainsi, nous proposons dans la figure 5.7 une autre exécution possible du document multimédia de la figure 5.5.



(a) t = 13 secondes



(b) t = 19 secondes

FIG. 5.7 – Une exécution envisageable via les annotations fonctionnelles proposées dans la figure 5.6.

Contrairement à l'exécution initiale illustrée dans la figure 5.5, où tous les objets multimédia sont présentés simultanément, l'opposition entre le Joueur 1 et le Joueur 2 peut engendrer une séquence de présentation de leurs diverses actions durant le jeu. De plus, les relations spatiales entre les objets multimédia visibles peuvent se diversifier.

Ce deuxième document, comme le premier, sont tous deux pris en compte comme exécutions potentielles et servent de base à l'adaptation. Ainsi, de nouvelles solutions, proches de ces deux présentations potentielles, sont proposées.

5.3.2 Gestion des alternatives

Comme nous l'avons montré dans la section 2.2.1, l'auteur du document peut avoir spécifié diverses alternatives de présentation. Par exemple, on peut considérer pour le document de la figure 5.5 que l'auteur a lui-même spécifié la deuxième alternative de présentation illustrée dans la figure 5.7.

À l'instar des annotations fonctionnelles, les alternatives permettent de disposer d'autres exécutions potentielles qui sont, elles aussi, prise en compte par l'adaptation.

5.3.3 Relations floues

Une relation entre deux objets multimédia peut être indéterminée ou floue, c'est-à-dire que plusieurs relations entre objets multimédia peuvent être considérées. Ceci peut notamment être dû aux différents types d'objets multimédia utilisés dans la présentation.

Par exemple, supposons que les trois vidéos du document de la figure 5.5 commencent au même instant :

Dans le cas où le document spécifie une durée de présentation pour chaque vidéo, les relations temporelles entre chaque objet multimédia pourront être clairement identifiées. Par exemple, si chaque vidéo a la même durée de présentation alors des relations *equals* (au sens de Allen) seront identifiées.

Dans d'autres cas, les durées de présentation des vidéos peuvent ne pas avoir été spécifiées. C'est le cas, par exemple, des objets multimédia transmissibles en flux (objets dit *streamables*) pour lesquels la durée de présentation ne sera connue qu'à la fin de son exécution. La spécification du document multimédia doit donc prendre en considération un ensemble de relations temporelles potentielles qui seront ici $\{starts, equals, started\text{-}by\}$ (au sens de Allen).

Notre approche d'adaptation sémantique considérant des ensembles de disjonctions de relations sur les arcs des graphes de relations, la gestion des relations dites floues, peut aisément être prise en compte.

5.4 Guider la transformation des relations

Le principe d'adaptation par transgression, présenté dans le chapitre 3, est de transformer un document multimédia initial pour qu'il satisfasse un profil cible. Pour ce faire, les relations interdites entre objets multimédia sont transformées en relations voisines à l'aide de graphes de voisinages conceptuels.

Dans cette section, nous montrons que ces transformations peuvent être guidées de deux façons. Tout d'abord, l'adaptation peut conserver certaines relations entre objets multimédia considérées comme privilégiées (§5.4.1). Enfin, nous montrons que les voisinages conceptuels entre relations d'une représentation ne sont pas uniques et peuvent dépendre, par exemple, du type d'objets multimédia utilisés (§5.4.2).

5.4.1 Privilégier certaines relations

Une distance entre graphes de relations a été proposée dans la définition 11. Celle-ci mesure les variations des relations entre deux graphes à l'aide de voisinages conceptuels. Cependant certaines variations peuvent être pénalisées si l'on désire conserver les relations initiales dites privilégiées, c'est-à-dire les relations que l'on souhaite préserver au maximum.

Aussi, nous proposons, dans la définition suivante, d'étendre la distance entre graphes de relations en introduisant la notion de *pénalité* de modification d'une relation. Ces pénalités peuvent être définies par l'auteur du document ou être calculées a priori.

Définition 21 (Distance entre graphes de relations avec pénalité)

$$d(\lambda, \lambda') = \Sigma_{o_1,o_2 \in O}\ \textit{pénalité}(o_1, o_2) \times \mathrm{Min}_{r \in \lambda(\langle o_1,o_2 \rangle),\ r' \in \lambda'(\langle o_1,o_2 \rangle)} \delta(r, r')$$

La prise en compte d'une pénalité de modification de relations dans l'adaptation permet non seulement de filtrer des solutions d'adaptation mais aussi de fournir de nouvelles solutions d'adaptation.

Nous montrons dans la section suivante que les voisinages conceptuels entre les relations d'une représentation peuvent varier en fonction du type d'objets multimédia utilisés.

5.4.2 Privilégier certaines transformations

Lorsqu'un document multimédia est adapté, nous transformons les relations interdites par d'autres relations voisines satisfaisant un profil cible. Ces transformations sont basées sur des voisinages conceptuels entre relations d'une représentation. Or, ces voisinages ne sont pas uniques et peuvent différer selon les types de transformations envisageables sur les objets.

Par exemple, dans le chapitre 3, nous avons présenté un graphe de voisinage temporel (cf., figure 3.5), nommé $N^A_{A_{13}}$, défini dans [42]. Celui-ci est repris dans la figure 5.8. Ce graphe de voisinage applique une transformation, nommée A, qui déplace de manière continue une extrémité d'un intervalle sans en affecter l'autre extrémité.

Dans [42], d'autres graphes de voisinage temporel ont été définis sur l'algèbre d'intervalles de Allen : $N^B_{A_{13}}$ et $N^C_{A_{13}}$. Ceux-ci sont également présentés dans la figure 5.8. Comme le met en évidence cette figure, certains voisinages entre relations diffèrent, c'est-à-dire que les arcs entre relations dépendent de la transformation appliquée aux intervalles.

Le graphe de voisinage $N^B_{A_{13}}$ considère une transformation, nommée B, qui déplace de manière continue un intervalle tout en préservant sa durée. Le graphe de voisinage $N^C_{A_{13}}$, quant à lui, considère une transformation, nommée C, qui déplace de manière continue les extrémités d'un intervalle dans les mêmes proportions (c'est-à-dire le centre de gravité de l'intervalle est préservé).

Par conséquent, la distance conceptuelle δ, utilisée dans le calcul de la distance entre graphes de relations, doit considérer des graphes de voisinages conceptuels pertinents selon le type de transformations envisageables sur les objets. Nous proposons d'utiliser l'information sur les types des objets multimédia (c'est-à-dire texte, image, audio, vidéo) pour sélectionner un graphe de voisinage conceptuel particulier.

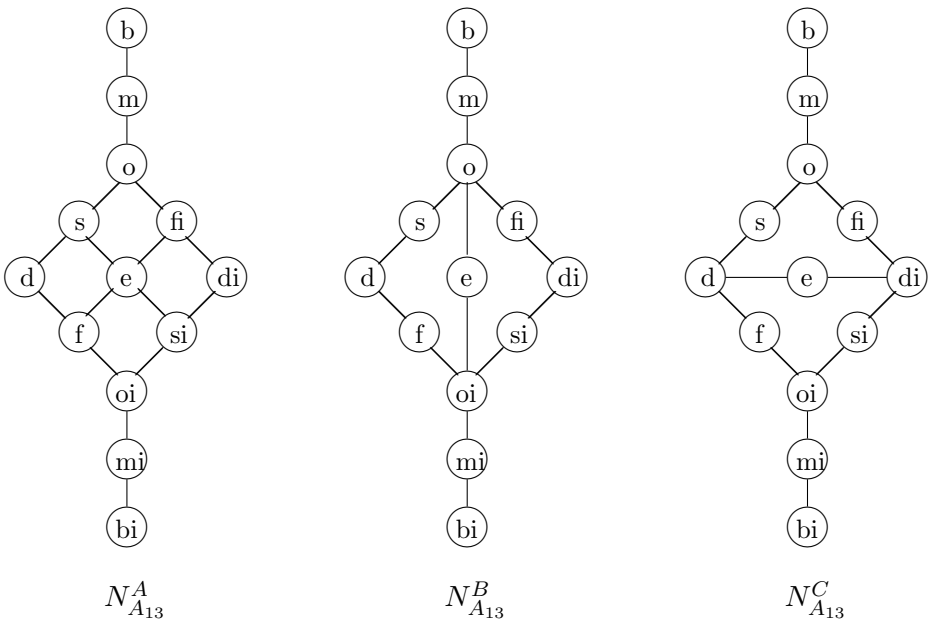


FIG. 5.8 – Différents graphes de voisinages temporels sur l'algèbre de Allen.

Dans un document multimédia, on peut observer deux catégories d'objets multimédia, les rigides et les élastiques :

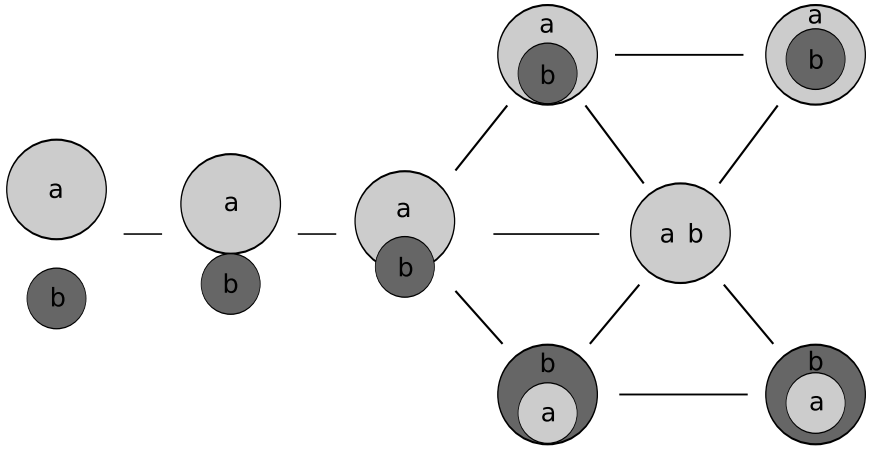
- La première catégorie d'objets multimédia fait référence à des objets dont la durée est difficilement modifiable, car ceux-ci disposent d'une durée intrinsèque de présentation. C'est le cas, par exemple, des vidéos ou des bandes sonores.
- La deuxième catégorie d'objets multimédia est plus malléable et permet une modification aisée de la durée de présentation. C'est le cas, par exemple, pour les textes ou les images.

Chaque catégorie d'objets autorise donc différentes déformations. Puisque la durée des objets rigides doit être conservée, le graphe de voisinage $N^B_{A_{13}}$ sera plus approprié. Dans le cas d'objets élastiques (c'est-à-dire la durée des objets considérés peut être modifiée), les graphes de voisinage $N^A_{A_{13}}$ et $N^C_{A_{13}}$ seront plus appropriés.

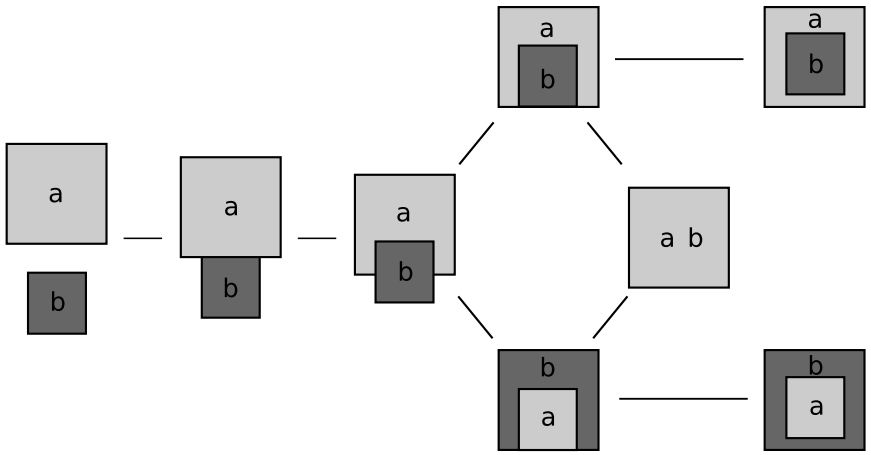
Cette diversité de graphes de voisinages conceptuels peut aussi être constatée au niveau de la dimension spatiale des documents multimédia. En effet, la forme des objets multimédia visibles (par exemple, circulaire, rectangulaire) ainsi que les différents types de déformations envisageables sur ces objets peuvent mener vers différents graphes de voisinages.

Par exemple, la figure 5.9 présente trois graphes de voisinage différents qui utilisent la représentation spatiale topologique RCC-8. Notons que le graphe de voisinage de la figure 5.9(a) a été utilisé dans le chapitre 4 pour adapter la dimension spatiale des documents multimédia.

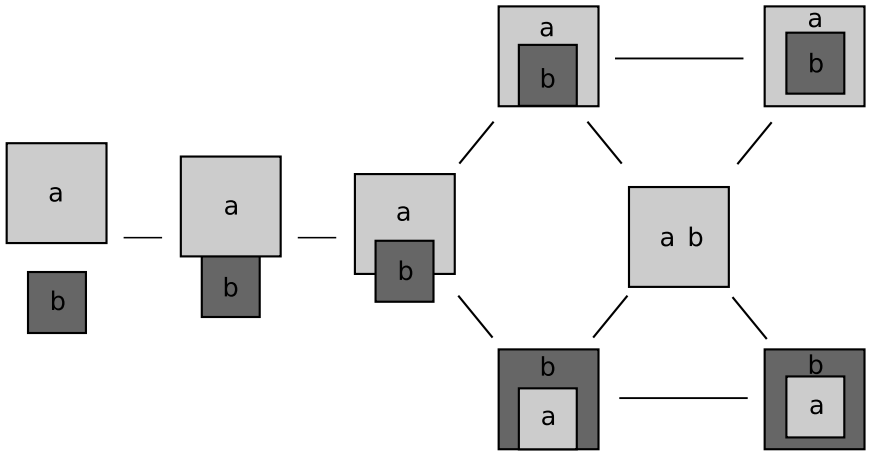
Le graphe de voisinage N^T_{RCC8} correspond à des déformations d'objets multimédia de forme circulaire. La transformation T déplace de manière continue les bords des cercles. Le graphe de voisinage $N^{T'}_{RCC8}$ (cf., figure 5.9(b)) correspond à des déformations



(a) N^{T}_{RCC8}



(b) $N^{T'}_{RCC8}$



(c) $N^{T''}_{RCC8}$

FIG. 5.9 – Différents graphes de voisinages conceptuels spatiaux.

d'objets multimédia de forme rectangulaire. La transformation T' déplace de manière continue un coin d'un rectangle sur un des axes horizontal ou vertical. Le graphe de voisinage $N^{T''}_{RCC8}$ (cf., figure 5.9(c)) correspond à des déformations d'objets multimédia de forme rectangulaire avec une autre transformation que T'. En effet, la transformation T'' dilate de manière continue un rectangle (effet de *scaling*).

Nous venons de montrer que la diversité des graphes de voisinages conceptuels pouvait être à l'origine des types ou des formes d'objets utilisés mais aussi de leurs transformations. Pour le moment, chaque arc d'un graphe de voisinage est pondéré par la même valeur, c'est-à-dire 1. Or, lorsqu'une relation dispose de plusieurs relations voisines, certaines d'entre elles peuvent conserver des propriétés sémantiques dont d'autres ne disposent plus.

Exemple 16 *Soient la relation de Allen overlaps et le graphe de voisinages $N^{A}_{A_{13}}$. Les relations voisines de overlaps (o) dans ce graphe sont meets (m), finished-by (fi) et starts (s). Si l'on désire conserver la propriété d'exécution en parallèle de la relation overlaps, alors il est préférable d'écarter la relation meets comme relation voisine.*

Pour sélectionner un sous-ensemble de relations voisines, nous proposons de pondérer les arcs des graphes de voisinages conceptuels par différentes valeurs. Pour cela, nous groupons les relations qui disposent d'une même propriété. Les relations voisines dans un même groupe seront pondérées par la valeur 1. Les relations voisines entre différents groupes seront pondérées par une valeur t_i. Nous illustrons ce principe dans l'exemple suivant.

Exemple 17 *La figure 5.10 présente le graphe de voisinage temporel $N^{A}_{A_{13}}$. Celui-ci est augmenté de plusieurs ensembles de relations qui disposent de propriétés sémantiques communes. Les zones sombres correspondent à une propriété sémantique de séquentialité, la zone clair à une propriété de simultanéité totale et les zones blanches à une propriété de simultanéité partielle.*

Chaque relation de voisinage dans chaque ensemble est pondéré par une distance de 1. Chaque transition entre relations voisines ne disposant pas d'une propriété sémantique commune est pondérée par une valeur t_i.

Considérons deux objets multimédia o_1 et o_2 avec $o_1\{meets\}o_2$. Supposons qu'un profil identifie la relation meets *comme interdite. Deux relations voisines peuvent être considérées :* before *et* overlaps. *Si $t_1 > 1$ parce que l'on souhaite que les objets multimédia joués en séquence conservent au maximum cette propriété, alors la relation* before *sera choisie. Dans le cas où, $t_1 = 1$ alors les deux relations* before *et* overlaps *seront proposées.*

Les différents graphes de voisinage ainsi que les pondérations ajoutées sur les arcs des graphes de voisinage permettent donc à la fois de filtrer les solutions d'adaptation mais aussi d'envisager d'autres solutions.

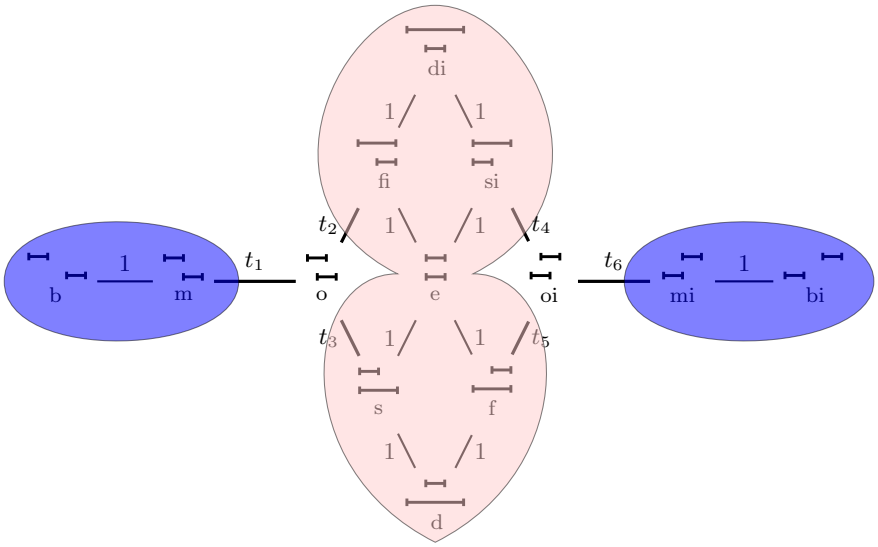


FIG. 5.10 – Similarité sémantique entre groupes de relations temporelles.

5.5 Conclusion

Dans le chapitre précédent nous avons identifié plusieurs lacunes à l'approche sémantique d'adaptation, c'est-à-dire la considération d'un même nombre d'objets multimédia dans le document multimédia initial et adapté, la manipulation d'une seule spécification initiale du document, ainsi qu'un seul type de voisinage entre relations.

Pour y remédier, nous avons proposé différentes manipulations des graphes de relations :

- Suppression d'objets : l'adaptation peut produire des résumés de documents multimédia.
- Enrichissement du graphe de relations : l'adaptation peut tirer avantage d'annotations fournies par l'auteur du document permettant de produire d'autres solutions d'adaptation.
- Varier les transformations entre relations : l'adaptation peut s'accommoder selon le type d'objets multimédia utilisés.

Ces différentes manipulations montrent que l'adaptation sémantique de documents multimédia est flexible tout en maintenant sa base systématique et rigoureuse.

Nous proposons dans le chapitre suivant des optimisations de l'adaptation sémantique permettant d'accélérer le temps de calcul de solutions d'adaptation.

Chapitre 6

Optimisations de l'adaptation sémantique

Résumé

Précédemment, nous avons montré que l'approche d'adaptation sémantique était en mesure d'adapter les principales dimensions des documents multimédia, et avons présenté différentes manipulations de graphes de relations. Dans ce chapitre, nous proposons des optimisations de l'adaptation sémantique qui permettent d'accélérer le calcul de solutions d'adaptation.

Sommaire

6.1 Introduction **85**
6.2 Groupement de relations d'une représentation **86**
6.2.1 Représentation spatiale ABLR 86
6.2.2 Adaptation des relations ABLR 89
6.3 Groupement de nœuds d'un graphe de relations **91**
6.3.1 Dimension logique 91
6.3.2 Adapter des parties de documents multimédia 92
6.4 Approche incrémentale d'adaptation **94**
6.4.1 Engendrer des sous-spécifications 95
6.4.2 Adapter les sous-spécifications étape par étape 96
6.5 Conclusion **98**

6.1 Introduction

Le choix d'une représentation qualitative du document ainsi que le nombre d'objets contenu dans une spécification de document multimédia influent fortement sur le temps de calcul de solutions d'adaptation. En effet, plus une représentation qualitative contient de relations, plus le raisonnement sur cet ensemble de relations sera complexe. De même, plus le nombre d'objets contenu dans une spécification de document multimédia est conséquent, plus le raisonnement sur cet ensemble d'objets sera complexe.

Dans ce chapitre, nous proposons des optimisations de notre approche d'adaptation à ces deux niveaux, c'est-à-dire au niveau :

- de la sélection d'une représentation qui devra assurer un compromis entre nombre de relations et expressivité.
- de la spécification du document multimédia qui devra contenir un nombre d'éléments suffisant pour permettre l'adaptation.

Ces optimisations auront pour effet d'accélérer le calcul de solutions d'adaptation.

Dans un premier temps, nous proposons de grouper, à partir d'une représentation très expressive, les relations ayant des propriétés communes (§6.2). Ceci permet de réduire le nombre de relations d'une représentation et d'améliorer la flexibilité de la présentation. Nous appliquons ce groupement de relations à la représentation spatiale directionnelle présentée dans le chapitre 4.

Dans un second temps, nous montrons que les objets d'une présentation peuvent être groupés sous une même entité (§6.3), ce qui permet de réduire le nombre d'objets contenus dans une spécification de document multimédia.

Pour finir, nous proposons une approche incrémentale afin d'adapter uniquement les spécifications du document qui sont effectivement présentées (§6.4).

6.2 Groupement de relations d'une représentation

Précédemment, nous avons adapté les principales dimensions des documents multimédia. En ce qui concerne la dimension spatiale, nous avons montré que plusieurs représentations pouvaient être utilisées : une première dite topologique contenant 8 relations et une seconde dite directionnelle contenant 169 relations.

Le premier formalisme contient un nombre restreint de relations spatiales, ce qui a pour avantage de bénéficier d'un calcul rapide de solutions d'adaptation. Cependant, celui-ci est peu expressif et fournit des solutions d'adaptation trop éloignées du document initial.

La seconde représentation proposée est, quant à elle, beaucoup plus expressive mais dispose d'un nombre conséquent de relations ce qui ralenti le calcul de solutions d'adaptation.

Pour permettre une adaptation efficace de documents multimédia, nous proposons, ici, une nouvelle représentation spatiale qui respecte le compromis entre expressivité et nombre de relations (§6.2.1). Dans cette optique, nous utilisons la représentation spatiale directionnelle en groupant les relations qui disposent de propriétés communes, et montrons qu'une telle représentation permet de produire des documents adaptés proches des documents initiaux (§6.2.2).

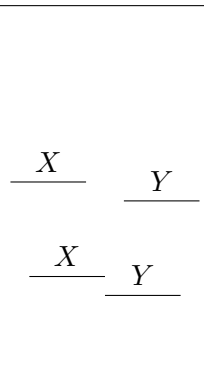
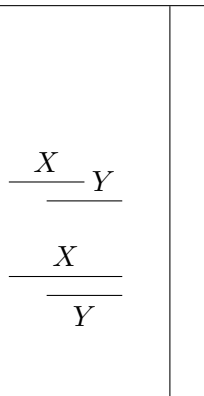
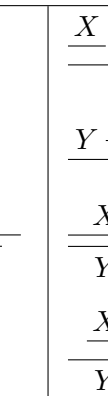
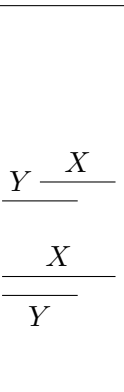
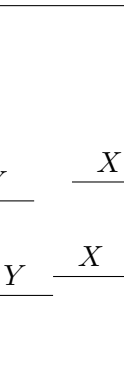
6.2.1 Représentation spatiale ABLR

Nous avons présenté dans le chapitre 4, une représentation spatiale directionnelle. Chaque relation de cette représentation contient deux composantes : une pour l'axe

horizontal et l'autre pour l'axe vertical. Puisque chaque objet est considéré comme un intervalle pour chaque axe, l'algèbre de Allen [1] a été utilisé et 169 relations spatiales ont été identifiées.

Nous proposons, dans cette section, de réduire ce nombre de relations tout en préservant la caractéristique directionnelle de la représentation. Ceci permet une plus grande flexibilité de présentation tout en favorisant la rapidité de calcul des solutions d'adaptation.

Afin de réduire le nombre de relations spatiales, nous groupons les relations de Allen qui disposent de propriétés directionnelles communes. La table 6.1 illustre ce principe.

					
left (L)	*overlaps-left* (O_L)	*contains* (C_x)	*inside* (I_x)	*overlaps-right* (O_R)	*right* (R)
above (A)	*overlaps-above* (O_A)	*contains* (C_y)	*inside* (I_y)	*overlaps-below* (O_B)	*below* (B)

TAB. 6.1 – Groupement de relations de Allen entre intervalles.

Dans cette table, pour ce qui est de l'axe horizontal, six relations spatiales ont été identifiées entre deux intervalles X et Y :

- L (*left*) : X est à gauche de Y.
- O_L (*overlaps-left*) : X chevauche l'extrémité gauche de Y.
- C_X (*contains*) : X contient Y.
- I_X (*inside*) : X est contenu dans Y.
- O_R (*overlaps-right*) : X chevauche l'extrémité droite de Y .
- R (*right*) : X est à droite de Y.

Un raisonnement similaire est mené pour l'axe vertical, ce qui aboutit à six autres relations, également illustrées dans la table 6.1 :

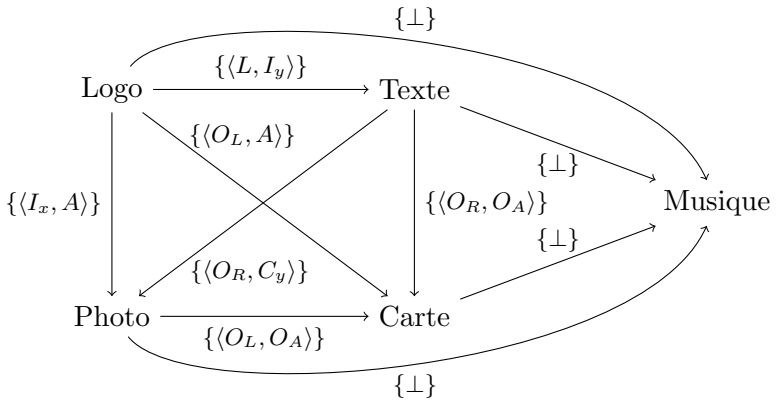
- A (*above*) : X est au dessus de Y.
- O_A (*overlaps-above*) : X chevauche l'extrémité supérieure de Y.
- C_Y (*contains*) : X contient Y.
- I_Y (*inside*) : X est contenu dans Y.
- O_B (*overlaps-below*) : X chevauche l'extrémité inférieure de Y .
- B (*below*) : X est en dessous de Y.

Ainsi, grâce à ce groupement de relations et en combinant l'axe horizontal et vertical, nous déduisons 36 relations spatiales directionnelles au lieu des 169 initiales. Nous nommons cette représentation spatiale ABLR [62] (Above Below Left Right). À l'instar de la représentation directionnelle, pour toute configuration d'objets, au moins une relation ABLR est satisfaite de manière exclusive.

Nous proposons, ci-après, un exemple de spécification de document multimédia qui utilise ce type de relations.

Exemple 18 *La figure 6.1(b) présente le graphe de relations ABLR du document multimédia illustré dans la figure 6.1(a). Par exemple, le Logo est à gauche (L) de la zone de texte et celui-ci est contenu verticalement (I_y) dans cette zone. Par conséquent, la relation ABLR entre le logo et la zone de texte est $\langle L, I_y \rangle$.*

(a) Notre exemple de document multimédia illustrant un circuit touristique.



(b) Graphe de relations spatiales ABLR correspondant à la figure 6.1(a).

FIG. 6.1 – Un exemple de document multimédia.

À présent que le nombre de relations spatiales est diminué, nous proposons dans la section suivante de définir un graphe de voisinage conceptuel entre les relations ABLR, toujours avec pour objectif de produire des documents adaptés qui soient proches du document initial.

6.2.2 Adaptation des relations ABLR

Le principe de l'adaptation par transgression consiste, entre autres, à définir des voisinages conceptuels entre les relations d'une représentation. Les transformations appliquées à la spécification du document produisent ainsi des documents adaptés proches du document initial.

Une relation ABLR étant basée sur deux composantes $\langle r_x, r_y \rangle$ avec $r_x \in \mathcal{R}$ et $r_y \in \mathcal{R}'$, des voisinages doivent donc être définis entre chaque relation de $\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}'$. Nous proposons d'établir ces voisinages à l'aide du groupement de relations de Allen.

Propriété 4 *Soient R et R' deux groupements de relations. Les relations R et R' sont voisines si et seulement si $\exists r \in R, r' \in R'$ telles que r et r' sont voisines.*

Nous illustrons cette propriété pour des relations ABLR dans l'exemple suivant :

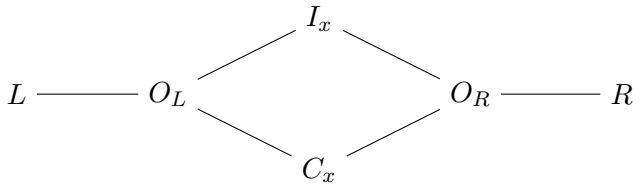
Exemple 19 *Les relations O_L et C_x, correspondant respectivement aux groupements de relations de Allen $\{o, fi\}$ et $\{di\}$, sont des relations voisines car les relations de Allen fi et di sont voisines. Par contre, les relations C_x et I_x, correspondant respectivement aux groupements de relations de Allen $\{di\}$ et $\{s, f, e, d\}$, ne le sont pas car la relation de Allen di n'est voisine avec aucune relation de l'ensemble $\{s, f, e, d\}$.*

Nous établissons, en premier lieu, tous les voisinages entre chaque composante des relations ABLR dans les figures 6.2(a) et 6.2(b). À partir de ces deux graphes, nous établissons ensuite un graphe produit (figure 6.2(c)) qui permet de calculer une distance entre relations ABLR.

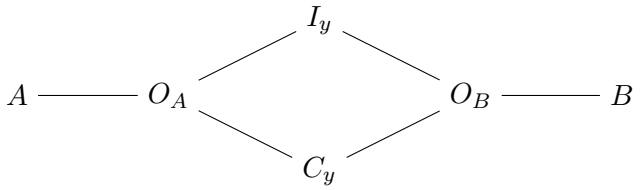
À l'aide de cette distance entre relations ABLR, il est possible d'adapter, par exemple, le document de la figure 6.1 en considérant le profil suivant : aucun objet multimédia ne doit recouvrir un autre objet multimédia. La figure 6.3 présente un graphe de relations adaptées qui satisfait le profil considéré. Sa distance du graphe de relations initial de la figure 6.1 est $d = 3$ car :

- la relation entre Photo et Carte a été transformée de $\langle O_L, O_A \rangle$ en $\langle O_L, A \rangle$ ($\delta(\langle O_L, O_A \rangle, \langle O_L, A \rangle) = 1$).
- la relation entre Texte et Carte a été transformée de $\langle O_R, O_A \rangle$ en $\langle R, O_A \rangle$ ($\delta(\langle O_R, O_A \rangle, \langle R, O_A \rangle) = 1$).
- la relation entre Texte et Photo a été transformée de $\langle O_R, C_y \rangle$ en $\langle R, C_y \rangle$ ($\delta(\langle O_R, C_y \rangle, \langle R, C_y \rangle) = 1$).

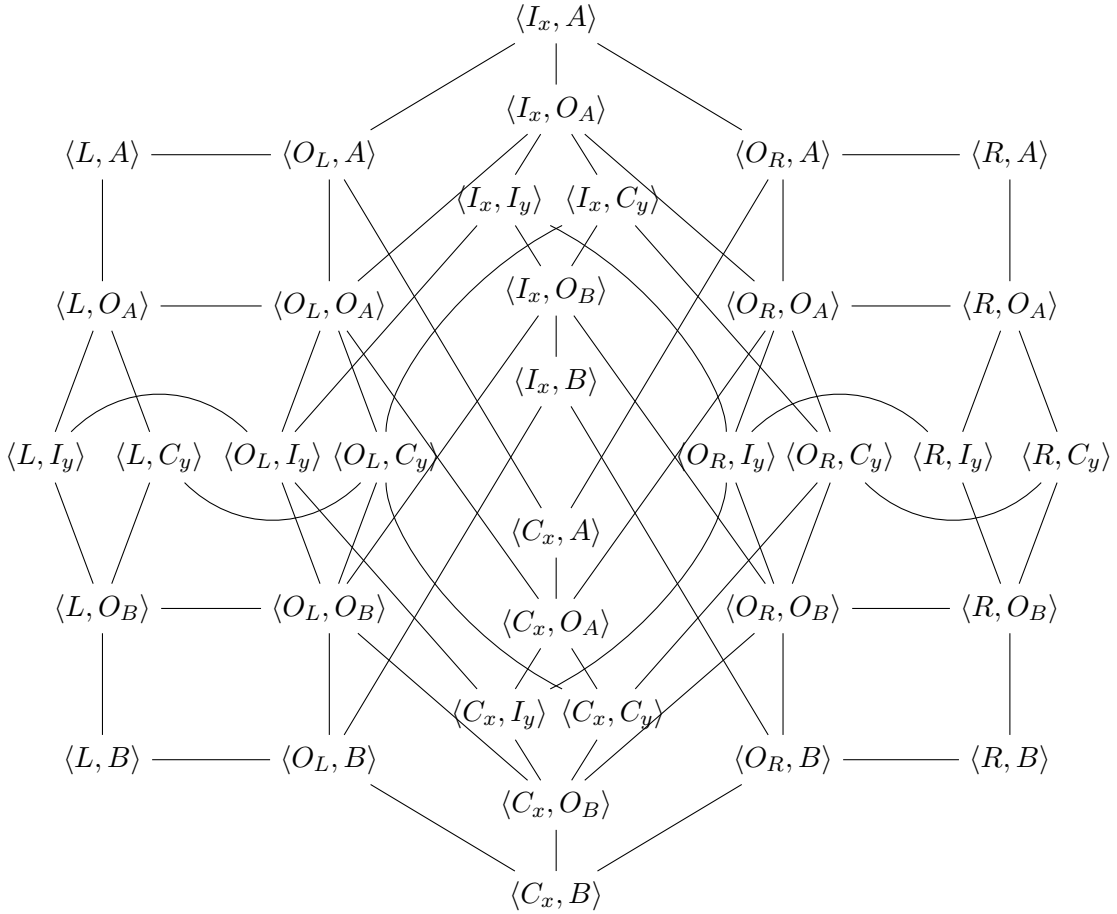
Les figures 4.4(b) et 4.7(b), présentées dans le chapitre 4, sont toutes deux des exécutions satisfaisant le graphe de relations adaptées de la figure 6.3. La représentation ABLR offre une plus grande flexibilité de présentation que la représentation spatiale directionnelle car l'exécution proposée dans la figure 4.4(b) n'était pas considérée comme solution d'adaptation. En outre, les exécutions illustrées dans la figure 4.4(c) sont aussi écartées des solutions d'adaptation, ceci est du à la préservation de la caractéristique directionnelle de la représentation ABLR.



(a) Graphes de voisinage des composantes ABLR horizontales.



(b) Graphes de voisinage des composantes ABLR verticales.



(c) Graphe produit entre les graphes des figures 6.2(a) et 6.2(b).

FIG. 6.2 – Graphes de voisinage des composantes des relations ABLR.

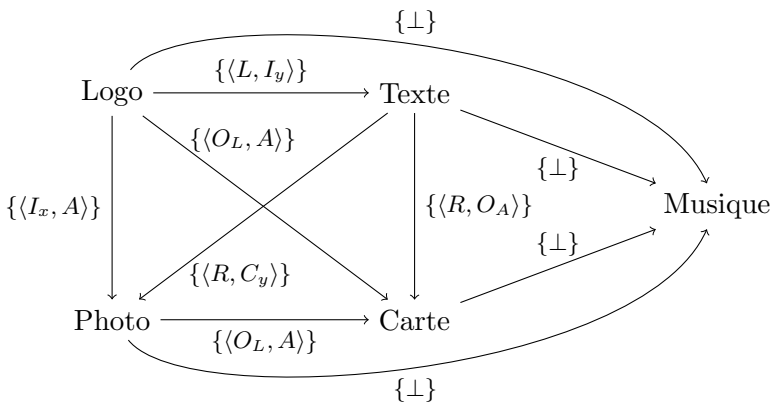


FIG. 6.3 – Graphe de relations spatiales ABLR adaptées.

Ainsi, tout en conservant des propriétés d'orientation, cette représentation offre un compromis entre nombre de relations, expressivité et flexibilité de présentation [61].

Dans la section suivante, pour accélérer le calcul des solutions d'adaptation, nous proposons de grouper les nœuds d'un graphe de relations à partir de la dimension logique du document.

6.3 Groupement de nœuds d'un graphe de relations

Un document multimédia est généralement organisé en différentes parties, par exemple il peut contenir une introduction, différents chapitres... L'auteur du document groupe les objets multimédia du document sous une même entité. Certains travaux désignent ce groupement d'objets en tant que dimension de *composition* [15] ou dimension *logique* [86] du document.

L'adaptation d'un document multimédia peut tirer avantage de ce groupement en adaptant uniquement les parties du document qui ne satisfont pas un profil cible. Le temps de calcul de solutions d'adaptation en est ainsi accéléré.

Dans un premier temps, nous définissons ce qu'est la dimension logique d'un document multimédia et en présentons une représentation (§6.3.1). Dans un second temps, nous appliquons cette dimension en l'intégrant dans notre approche d'adaptation sémantique (§6.3.2).

6.3.1 Dimension logique

Dans un document multimédia, il est possible de distinguer les parties du document qui sont sémantiquement liées et qui peuvent être groupées par le biais d'entités logiques. Grouper les éléments d'une présentation multimédia sous une même entité revient à définir une structure logique du document, plus précisément une structure hiérarchique des éléments multimédia.

La figure 6.4 présente un exemple de structure logique d'une présentation. La racine de cette structure, qui est dans notre exemple l'élément Document, représente l'ensemble du document multimédia. Ce document peut ensuite se décomposer en plusieurs parties (par exemple, Section Multimédia) et sous-parties (par exemple, Table des matières, Vidéo). Chaque partie et sous-partie peut contenir un nombre fini d'objets multimédia qui sont les feuilles de cette structure.

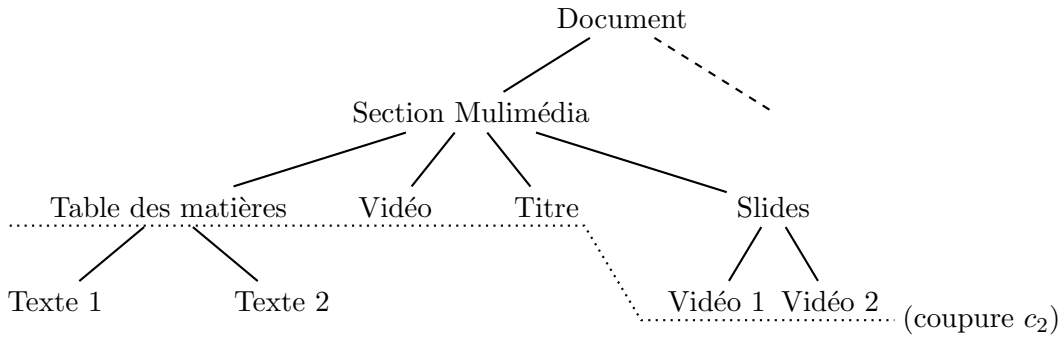


FIG. 6.4 – Un exemple de dimension logique d'un document multimédia.

Nous proposons dans la section suivante d'utiliser ce type de structure hiérarchique pour accélérer le calcul de solutions d'adaptation en établissant, dans la spécification du document multimédia, des groupements d'objets multimédia.

6.3.2 Adapter des parties de documents multimédia

L'approche d'adaptation sémantique décrite dans le chapitre 3 considère, dans la spécification du document multimédia, exclusivement des objets multimédia. Cependant, considérer dans l'adaptation l'ensemble des objets multimédia n'est pas nécessaire si seulement une partie du document doit être adaptée, d'autant plus que cela augmente le temps de calcul de solutions d'adaptation.

Nous proposons de grouper, sous des entités, des ensembles d'objets multimédia qui satisfont un profil cible. La spécification de document multimédia contiendra alors ces entités ainsi que l'ensemble des objets multimédia qui ne satisfont pas ce profil.

Pour ce faire, nous utilisons la dimension logique du document, spécifiée par l'auteur, qui nous permet de raisonner à différents niveaux de granularité. Chaque niveau de granularité est extrait de cette dimension en effectuant une *coupure* dans sa structure hiérarchique [85].

Définition 22 (Coupure) *Soit $\mathcal{A}$ un arbre représentant la structure logique d'un document multimédia. Une coupure est un ensemble de nœuds satisfaisant les propriétés suivantes :*

1. *Soit x la racine de $\mathcal{A}$ alors $\{x\}$ est une coupure ;*
2. *$fils(x)$ est une coupure, où $fils(n)$ correspond à l'ensemble des descendants immédiats de n ;*

3. *Soit C une coupure et $v \in C$ telle que $fils(v) \neq \emptyset$ alors $C' = (C - v) \cup fils(v)$ est une coupure.*

Une coupure sera aussi appelée un niveau de granularité dans $\mathcal{A}$.

Nous présentons des coupures possibles de la structuration proposée dans la figure 6.4 dans l'exemple suivant :

Exemple 20 *Soient $c_0 = \{Document\}$, $c_1 = \{$Tables des matières, Vidéo, Titre, Slides$\}$, $c_2 = \{$Tables des matières, Vidéo, Titre, Vidéo 1, Vidéo 2$\}$ et $c_3 = \{$Texte 1, Texte 2, Vidéo, Titre, Vidéo 1, Vidéo 2$\}$. c_0, c_1, c_2 et c_3 sont des coupures de l'arbre présenté dans la figure 6.4. Nous avons illustré graphiquement la coupure c_2 dans cette même figure. $c_4 = \{$Texte 2, Vidéo, Titre, Slides$\}$ n'est pas une coupure.*

Chaque coupure est une base d'éléments qui permet de construire la spécification du document multimédia, et par conséquent le graphe de relations qui en découle. À partir de cette construction, le nombre de nœuds du graphe peut varier selon la coupure choisie, puisque celle-ci peut considérer l'ensemble des objets multimédia du document ou bien seulement un sous-ensemble.

Pour disposer du raisonnement d'adaptation le plus efficace possible et éviter de considérer toutes les coupures envisageables, nous proposons de sélectionner la coupure qui regroupe le maximum d'objets dont les relations satisfont un profil cible.

Par exemple, supposons que les relations entre les objets multimédia Texte 1 et Texte 2, et entre Vidéo 1 et Vidéo 2 soient interdites par un profil cible, la coupure c_3 sera choisie comme base de construction du graphe de relations initial. Celle-ci considérant l'ensemble des objets multimédia, le graphe de relations contiendra donc 6 nœuds et 15 relations (si le graphe de relations est complet).

À présent, si on considère que la relation entre les objets multimédia Texte 1 et Texte 2 satisfait le profil cible, la coupure c_2 sera alors sélectionnée, ce qui revient à adapter un graphe de relations contenant 5 nœuds et 10 relations. Si on considère que la relation entre les objets multimédia Vidéo 1 et Vidéo 2 satisfait aussi le profil cible, la coupure c_1 sera alors sélectionnée, ce qui revient à adapter un graphe de relations contenant 4 nœuds et 6 relations.

L'utilisation de la structure logique du document permet donc de réduire le nombre de nœuds d'un graphe de relations, et par conséquent accélérer le calcul des solutions d'adaptation.

Dans la section suivante, nous montrons que les spécifications de document multimédia peuvent être adaptées de manière incrémentale en fonction des interactions de l'utilisateur.

6.4 Approche incrémentale d'adaptation

Dans le chapitre 3, chaque présentation multimédia est considérée comme une seule spécification de document multimédia. Dans le chapitre 4, lorsque nous avons présenté l'adaptation de la dimension hypermédia des documents, nous avons remarqué que l'adaptation devait être en mesure d'adapter de multiples spécifications.

Afin d'adapter uniquement les éléments du document qui sont présentés, on peut considérer que les liens hypermédia internes forment une *structure hypermédia* composée de sous-spécifications.

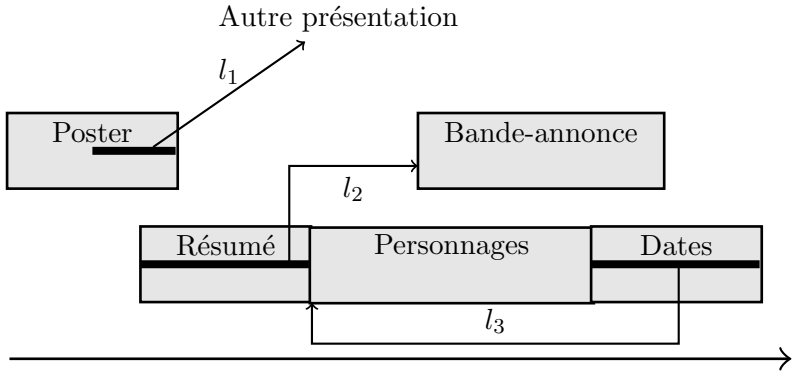


FIG. 6.5 – Un document multimédia contenant des liens hypermédia.

Définition 23 (Structure hypermédia) *Soit $\mathcal{S} = \{S_1, \ldots, S_n\}$ une spécification globale de document multimédia (définition 18). Chaque spécification S_i est construite à partir de liens hypermédia externes et $S_i = \{s_1, \ldots, s_n\}$ correspond à un ensemble de sous-spécifications s_i. Cet ensemble forme la structure hypermédia d'une spécification et est construit à partir de liens hypermédia internes. Chaque sous-spécification $s_i = \langle O_i, C_i \rangle$ avec O_i un ensemble d'objets et C_i un ensemble de contraintes entre les éléments de O_i.*

L'exemple suivant illustre la structure hypermédia du document présenté dans la figure 6.5.

Exemple 21 *Soit le document multimédia de la figure 6.5. Ce document contient trois liens hypermédia l_1, l_2 et l_3. Le lien hypermédia l_1 est un lien externe qui pointe vers une autre présentation multimédia alors que les liens l_2 et l_3 sont internes et pointent respectivement vers le début de l'objet Bande-annonce et le début de l'objet Personnages.*

La figure 6.6 présente une structure hypermédia de ce document. La spécification globale $\mathcal{S}$ est composée des spécifications S_1 et S_2. Celles-ci sont déduites du lien hypermédia externe l_1. Chacune de ces spécifications est composée d'une structure hypermédia déduite de leurs liens hypermédia internes. Par exemple, concernant S_1, trois sous-spécifications sont identifiées en fonction des liens internes l_2 et l_3 : s_1, s_2 et s_3. Ici, chaque nœud correspond à une sous-spécification et chaque arc est étiqueté par un ensemble de liens hypermédia.

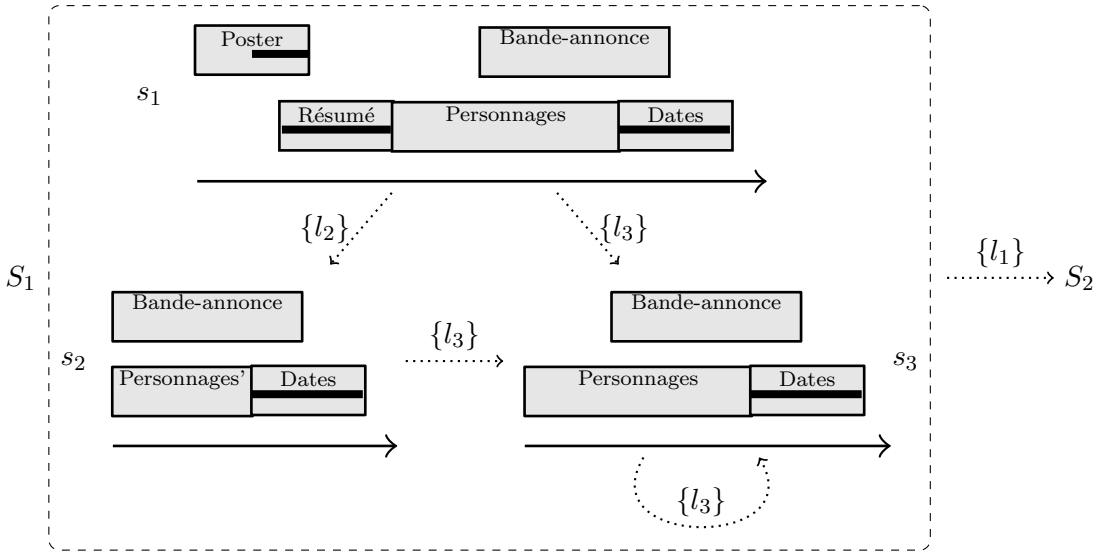


FIG. 6.6 – La structure hypermédia de S_1 correspondant à la figure 6.5.

À partir de cette structure hypermédia, nous identifions différentes sous-spécifications qui contiennent, parfois, un nombre restreint d'objets. Bien évidemment, il n'est pas envisageable d'adapter a priori toutes les sous-spécifications du document. Pour améliorer le calcul des solutions d'adaptation, nous proposons donc d'adapter celles-ci étape par étape en fonction des interactions de l'utilisateur.

Dans ce qui suit, nous montrons comment construire ces sous-spécifications (§6.4.1). Puis, nous proposons une approche incrémentale qui adapte étape par étape le document en fonction des interactions de l'utilisateur (§6.4.2).

6.4.1 Engendrer des sous-spécifications

À partir d'une spécification de document multimédia initiale, plusieurs sous-spécifications peuvent être engendrée. Considérons le document initial de la figure 6.5, si l'utilisateur sélectionne le lien hypermédia l_2 durant la présentation du Résumé, la Bande-annonce est immédiatement présentée et le début de l'objet Personnages est ignoré. Lorsqu'un lien hypermédia est sélectionné, il n'est donc pas nécessaire de considérer dans la future spécification les objets antérieurs au moment ciblé. Une sous-spécification, illustrée dans la figure 6.7, peut donc être identifiée, elle regroupe les futurs objets qui seront présentés.

Dans cet exemple, lorsque le lien hypermédia l_2 est sélectionné, les objets Poster, Résumé, l_1 et l_2 ne sont plus utiles dans la future spécification. De plus, l'objet Personnages est coupé en deux parties : une passée et une présentée. Dans ce cas, seule la partie de l'objet, nommée Personnages', est à considérer.

Construire une sous-spécification consiste donc a ignorer tous les éléments antérieurs à la cible de chaque lien hypermédia internes. Dans la section suivante, chaque sous-spécification va être adaptée en fonction des interactions de l'utilisateur.

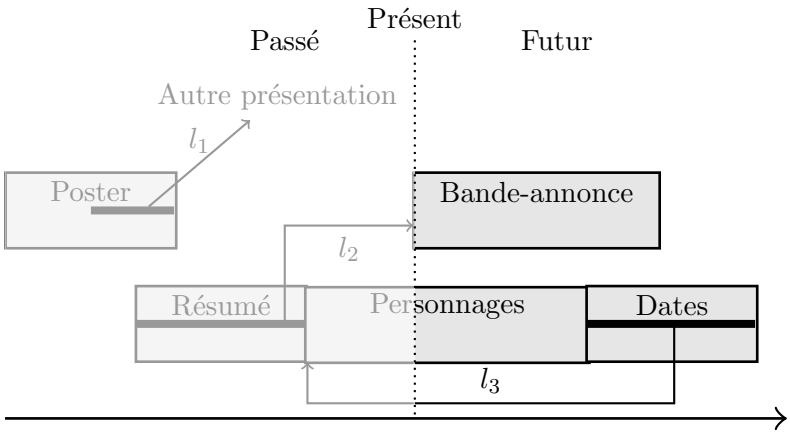


FIG. 6.7 – Construire la sous-spécification s_2.

6.4.2 Adapter les sous-spécifications étape par étape

L'approche d'adaptation sémantique, décrite dans le chapitre 3, permet de produire un document adapté qui reste proche du document initial. Si l'on considère la spécification globale de documents multimédia $\mathcal{S}$, l'adaptation doit alors adapter chaque spécification $S \in \mathcal{S}$ et sous-spécifications $s \in S$.

L'exemple suivant montre que cette stratégie comporte de nombreuses lacunes.

Exemple 22 *Soit la structure hypermédia de S_1, illustrée dans la figure 6.6, ainsi que le profil suivant : aucun lien hypermédia ne doit être actif avec un autre objet multimédia de la présentation autre que son ancre.*

Chaque sous-spécification est adaptée avec ce profil. La figure 6.8 présente la structure hypermédia adaptée correspondant à S'_1 :

- *dans la sous-spécification s'_1, les durées d'activation des liens hypermédia l_1, l_2 et l_3 sont réduites.*
- *dans les sous-spécifications s'_2 et s'_3, la durée d'activation du lien hypermédia l_3 est réduite.*

Cette stratégie d'adaptation produit effectivement un document adapté mais comporte plusieurs lacunes :

- *Des sous-spécifications sont adaptées même si celles-ci ne sont pas exécutées. Par exemple, dans la figure 6.6, si l'utilisateur ne sélectionne aucun lien hypermédia, il serait plus efficace de n'adapter que s_1.*
- *Si le profil p change entre chaque interaction de l'utilisateur, toutes les sous-spécifications doivent être de nouveau adaptées.*
- *Certaines parties identiques de sous-spécification sont adaptées plusieurs fois. Par exemple dans la figure 6.6, s_1 et s_3 ont des parties communes qui sont adaptées deux fois (cf., s'_1 et s'_3 dans la figure 6.8).*

Pour combler ces lacunes, nous proposons donc d'adapter chaque sous-spécification étape par étape en fonction des interactions de l'utilisateur [60].

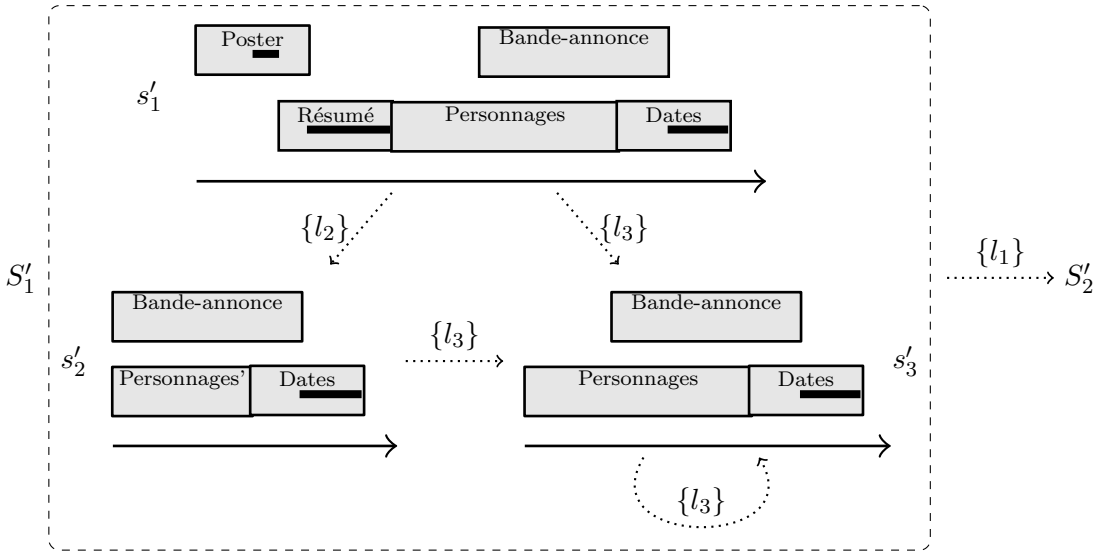


FIG. 6.8 – Une structure hypermédia adaptée.

Pour cela, nous proposons l'approche incrémentale d'adaptation suivante :

1. Considérer une sous-spécification initiale s_1.
2. Adapter cette sous-spécification s_1 en fonction d'un profil p : s'_1.
3. Dans le cas où l'utilisateur sélectionne un lien hypermédia :
   - interne :
     - Si le profil p n'a pas été modifié, engendrer s_2 en fonction de sa structure hypermédia initiale et des informations d'adaptation contenues dans s'_1 s'il y a lieu, et adapter s_2.
     - Si le profil p a été modifié : engendrer s_2 en fonction de la structure hypermédia initiale et adapter s_2.
   - externe :
     - considérer la structure hypermédia cible et aller au point 1.

Cette approche incrémentale d'adaptation est appliquée sur le document multimédia de la figure 6.5 dans l'exemple suivant.

Exemple 23 *Soient le document multimédia initial, présenté dans le figure 6.5, et un profil p indiquant qu'un lien hypermédia ne doit être actif qu'avec un seul objet multimédia qui est son ancre.*

Initialement, nous engendrons une première sous-spécification (l'utilisateur ne sélectionne aucun lien hypermédia). Par exemple, s_1 *(cf., figure 6.6) est la première sous-spécification initiale. Nous adaptons* s_1 *en fonction du profil p ce qui mène à la sous-spécification adaptée* s'_1 *(cf., haut de la figure 6.9).*

Supposons que l'utilisateur sélectionne le lien l_3 *et que le profil p n'a pas été modifié. La sous-spécification* s_3 *est engendrée en fonction de* s'_1*, permettant ainsi de propager dans* s_3 *les informations de la précédente adaptation contenues dans* s'_1*. Ensuite,* s_3

est adaptée en fonction du profil p, ce qui mène à la sous-spécification adaptée s'_3 (cf., milieu de la figure 6.9). Notons qu'aucune adaptation n'a été dans ce cas nécessaire.

Supposons que l'utilisateur sélectionne une nouvelle fois le lien l_3, mais que le profil p a été modifié en p' stipulant qu'aucun objet multimédia ne doit s'exécuter en même temps qu'un autre. Nous initialisons s_3 à partir de la structure hypermédia initiale et adaptons s_3 en fonction du profil p' (cf., bas de la figure 6.9). Notons que cette fois-ci, tout en restant proche de la structure hypermédia initiale, l'adaptation n'a pas affectée la durée d'activation de l_3.

Cette stratégie est répétée chaque fois qu'un lien hypermédia sera sélectionné par l'utilisateur.

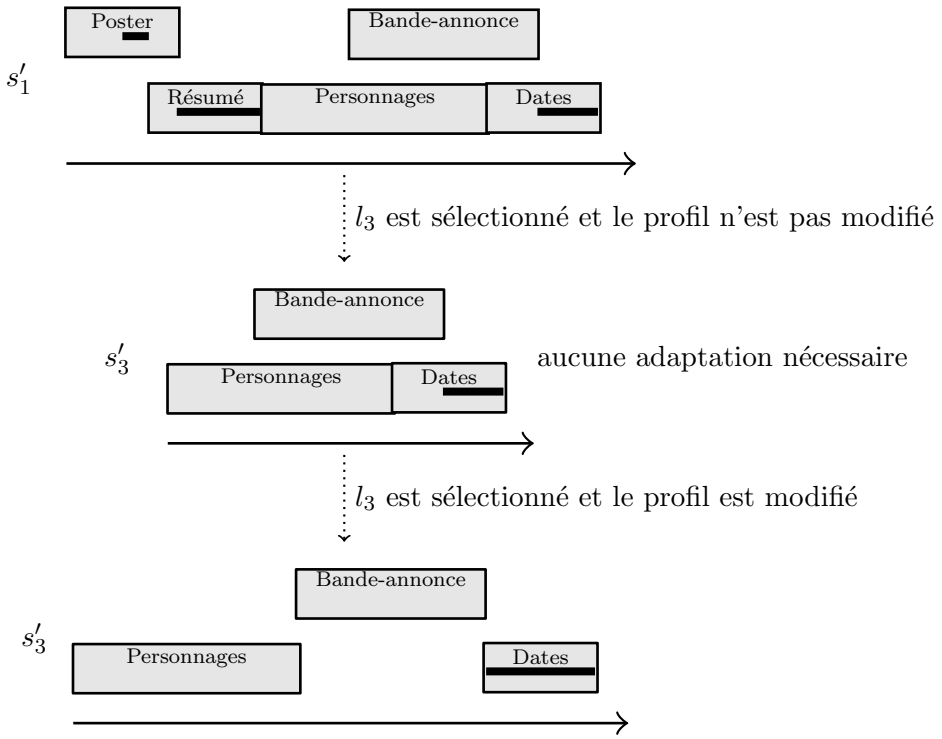


FIG. 6.9 – Une approche incrémentale d'adaptation.

Grâce à cette adaptation incrémentale, nous adaptons uniquement les sous-spécifications qui sont effectivement exécutées, le profil peut ainsi évoluer entre chaque interaction de l'utilisateur. Ensuite, nous propageons les informations d'adaptations entre chaque sous-spécifications ce qui nous évite d'adapter à plusieurs reprises une partie déjà adaptée auparavant.

6.5 Conclusion

Nous avons proposé des optimisations de l'approche d'adaptation sémantique de documents multimédia. Celles-ci réduisent le nombre de relations d'une représentation ainsi que le nombre d'objets d'une spécification de document multimédia. Ainsi, ceci permet d'améliorer le temps de calcul des solutions d'adaptation.

L'objectif des chapitres suivants consistera à appliquer l'adaptation sémantique sur des langages standards de description de documents multimédia tel que le langage SMIL.

Troisième partie

Application de l'adaptation sémantique à des documents multimédia SMIL

Chapitre 7

Utiliser des langages standards

Résumé

Nous souhaitons adapter des documents multimédia en utilisant des langages recommandés par le W3C. Tout d'abord, nous présentons un langage standard de description de documents multimédia, nommé SMIL, et montrons comment les principales dimensions des documents sont décrites dans ce langage. Enfin, nous présentons un langage standard de description de profils, nommé CC/PP, et mettons en évidence que des contraintes sur la composition des documents peuvent être spécifiées dans ce langage.

Sommaire

7.1 Introduction **103**
7.2 Le langage SMIL **104**
7.2.1 Pourquoi le langage SMIL ? 104
7.2.2 Les dimensions dans un document SMIL 106
7.3 Le langage CC/PP **110**
7.3.1 Pourquoi le langage CC/PP ? 110
7.3.2 Un langage de description de profils 111
7.3.3 Spécification de contraintes de composition 114
7.4 Conclusion **117**

7.1 Introduction

Précédemment, nous avons montré que l'approche sémantique d'adaptation s'applique à des descriptions qualitatives de documents multimédia. Nous souhaitons appliquer cette approche à des langages standards de description très utilisés et directement exécutables sur de multiples plates-formes.

Nous présentons donc en premier lieu le langage SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) qui permet la spécification de présentations multimédia interactives (§7.2).

Nous motivons le choix de ce langage de description et montrons à l'aide d'un exemple comment les principales dimensions des documents (temporelle, spatiale et hypermédia) peuvent s'exprimer dans ce langage.

Pour adapter des documents multimédia, nous avons vu dans les parties précédentes que l'adaptation devait satisfaire toutes les contraintes spécifiées dans un profil. Les profils peuvent aussi être décrits à l'aide de langages standards comme CC/PP (Composite Capability/Preference Profiles) que nous présentons en second lieu (§7.3). Nous montrons que des contraintes sur les compositions de documents peuvent être décrites à l'aide de ce langage.

7.2 Le langage SMIL

SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) est un langage standard défini par le W3C permettant de spécifier des présentations multimédia interactives. Celui-ci est basé sur le langage XML et permet de décrire l'organisation temporelle d'objets multimédia, de spécifier leur disposition spatiale et de définir des liens hypermédia.

Désirant adapter des documents multimédia SMIL, devenu un standard sur l'internet, nous proposons dans un premier temps de motiver le choix d'utilisation de ce langage (§7.2.1). Dans un second temps, nous montrons comment les dimensions temporelle, spatiale et hypermédia sont spécifiées dans ce langage (§7.2.2).

7.2.1 Pourquoi le langage SMIL ?

Tout d'abord, depuis la version 1.0 de 1998 [24], SMIL est un langage en évolution constante grâce au groupe de travail SYMM[1] (Synchronized Multimedia working group) du W3C.

Dans la première version, ce groupe de travail a posé les bases permettant une spécification de documents multimédia :

- offrir des possibilités de synchronisation des objets multimédia de manière plus ou moins flexible.
- faciliter le placement visuel des objets multimédia visibles de la présentation.
- permettre à l'utilisateur d'interagir avec la présentation.
- référencer les objets multimédia via des URL.
- offrir des possibilités d'adaptation locale (cf., élément `switch` vu dans la section 2.3.1.1).

Une deuxième version de ce langage, SMIL 2.0 [4] a permis l'ajout d'autres modules comme par exemple :

- un module d'animation.
- un module permettant de spécifier des méta-données.

Cette version sera suivie de SMIL 2.1 [25] qui agrémente le langage d'outils d'effets de transitions à une présentation et permet de définir différents profils du langage, c'est-à-dire différentes DTD (Document Type Definition) qui, par exemple, seront exécutés

[1] `http://www.w3.org/AudioVideo/Group/`

sur plates-formes mobiles (comme SMIL Basic Profile).

Actuellement, une nouvelle version SMIL 3.0 [26] est en cours d'élaboration. Celle-ci définit de nouveaux profils et offre de nouveaux outils de structuration et de contrôle du document.

De plus, grâce à ces différentes évolutions, de nombreux formats de documents utilisent des modules du langage SMIL. Nous en détaillons quelques exemples ci-après :

- Largement utilisés sur les téléphones mobiles, les MMS (Multimedia Messaging Service)[2] utilisent un sous-ensemble de modules du langage SMIL pour décrire des présentations multimédia. Notons qu'actuellement, la plupart des téléphones mobiles récents permettent aussi de lire directement des documents SMIL.
- Ajouter une dimension temporelle à une page HTML est aujourd'hui possible à l'aide du langage HTML+TIME [90]. Ceci est réalisé en incluant dans le document HTML des éléments temporels provenant du langage SMIL.
- SVG [38] est un format basé sur le langage XML permettant de décrire des ensembles de graphiques vectoriels. La partie animation de ce langage est basée sur le module d'animation du langage SMIL.
- DAISY - DTB (Digital Accessible Information SYstem - Digital Talking Book)[3] est un format de livre électronique destiné à être lu par synthèse vocale. Il s'agit donc d'un livre audio, qui de surcroît dispose de nombreuses fonctionnalités facilitant la navigation dans sa structure et l'affichage de textes synchronisés avec une bande audio. Ce format est élaboré par le Consortium DAISY, il est basé sur les standards XHTML [82] et SMIL. Il permet l'accès à de nombreux documents par des personnes qui ne peuvent pas utiliser les livres imprimés pour différentes raisons (par exemple, personnes aveugles). Actuellement, des dizaines de milliers de livres sont publiés dans ce format.

De nombreux lecteurs multimédia permettent également d'exécuter des documents SMIL :

- Quicktime[4] exécutant des documents SMIL 1.0.
- RealPlayer[5] et GRINS[6] exécutant des documents SMIL 2.0.
- Ambulant[7] exécutant des documents SMIL 2.1.
- Internet Explorer[8] exécutant des documents HTML+TIME.
- PocketSMIL 2.0[9] exécutant des documents SMIL 2.0 sur PDA.
- RubiC[10] exécutant des MMS basés sur le langage SMIL.

Enfin, des outils d'édition WISIWIG de documents SMIL, tels que Limsee[11], permettent de faciliter la création de ce type de documents multimédia.

[2] `http://www.3gpp.org`
[3] `http://www.daisy.org/z3986/`
[4] `http://www.apple.com/fr/quicktime/mac.html`
[5] `http://www.real.com/international/`
[6] `http://www.oratrix.com/GRiNS/`
[7] `http://www.cwi.nl/projects/Ambulant/`
[8] `www.microsoft.com/france/windows/ie/default.mspx`
[9] `http://wam.inrialpes.fr/software/pocketsmil/`
[10] `http://www.roxia.com/english/`
[11] `http://limsee3.gforge.inria.fr/public-site/`

Le langage SMIL offre donc de nombreux avantages (évolution constante, adoption dans de multiples formats, possibilités d'exécution sur de multiples plates-formes) qui, en outre, laissent à penser qu'il est largement utilisé pour spécifier des documents multimédia. Dans la section suivante, nous nous attachons à décrire plus en détails la syntaxe de ce langage.

7.2.2 Les dimensions dans un document SMIL

Les principales dimensions des documents multimédia peuvent être décrites à l'aide du langage SMIL. Pour illustrer cela, nous prendrons comme exemple tout au long de cette section la présentation multimédia illustrée dans la figure 7.1.

FIG. 7.1 – Un document multimédia SMIL exécuté avec Real Player.

La figure 7.2 présente le squelette d'un document multimédia décrit à l'aide du langage SMIL. Comme illustré dans cette figure, la structure d'un document SMIL est basée sur le langage XML. La racine de ce document est, quant à elle, identifiée par le marqueur `smil`. Cette structure est composée essentiellement de deux parties :

- un en-tête (`head`) qui décrit, entre autres, le placement visuel des objets multimédia, les méta-données du document ainsi que les différentes animations de la présentation.
- un corps (`body`) qui permet la synchronisation temporelle des différents éléments du document.

Dans les sections suivantes, nous montrons comment avec le langage SMIL il est possible de décrire chaque dimension du document : spatiale (§7.2.2.1), temporelle (§7.2.2.2) et hypermédia (§7.2.2.3). De plus, nous montrons que des annotations fonctionnelles, présentées dans le chapitre 5, peuvent être spécifiées dans ce langage.

```
<smil>
  <head>
  ............. En-tête SMIL
  </head>

  <body>
  ............. Corps SMIL
  </body>
</smil>
```

FIG. 7.2 – Squelette d'un document SMIL.

7.2.2.1 Dimension spatiale

L'en-tête `head` d'un document SMIL contient les informations spatiales du document comme la taille de la fenêtre globale de présentation ou le placement des différents objets multimédia visibles du document. Ces informations sont stockées dans une partie nommée `layout`.

Pour visualiser les objets multimédia, il est nécessaire, dans un premier temps, de définir un environnement principal de présentation où seront exécutés les différents objets multimédia, c'est-à-dire la fenêtre globale de présentation (`root-layout`). Cet environnement principal peut, dans un second temps, contenir d'autres environnements que l'on appelle des régions (`region`).

Les régions permettent de disposer aisément les différents objets multimédia. On définit chaque région par un identificateur (`id`), une hauteur (`height`), une largeur (`width`), la distance par rapport au haut (`top`) et au côté gauche (`left`) de l'environnement principal (sauf exceptions), ainsi que la profondeur (`z-index`).

La figure 7.3 illustre le code de l'en-tête SMIL de la figure 7.1.

```
<head>
 <layout>
  <root-layout height="410" title="Album" width="610"/>
  <region height="200" id="r1" left="0" top="0" width="300" z-index="1"/>
  <region height="200" id="r2" left="0" top="210" width="300" z-index="1"/>
  <region height="200" id="r3" left="305" top="0" width="300" z-index="2"/>
  <region height="200" id="r4" left="305" top="210" width="300" z-index="2"/>
 </layout>
</head>
```

FIG. 7.3 – Un en-tête SMIL.

Dans cette figure, la région identifiée par `r2` dispose d'une hauteur de 200 pixels, d'une largeur de 300 pixels et d'une profondeur fixée à 1. La coordonnée du point supérieur gauche de cette région est $(0, 210)$.

Dans la section suivante, nous montrons comment synchroniser dans le temps la présentation des objets multimédia.

7.2.2.2 Dimension temporelle

Le corps `body` d'un document SMIL contient les informations de synchronisation temporelle des différents objets multimédia d'une présentation. Chaque objet multimédia est identifié par son type : `text` pour les textes, `img` pour les images, `audio` pour les fichiers sonores et `video` pour les vidéos. L'élément `src` permet de localiser la ressource multimédia correspondante et un identifiant (`id`) peut être associé à l'objet.

Les différents objets multimédia d'un document SMIL peuvent être contrôlés dans le temps en spécifiant une durée d'exécution (`dur`), un instant de début (`begin`) et de fin (`end`) de présentation. De plus, des conteneurs temporels permettent d'exécuter un ensemble d'éléments en séquence (`seq`), en parallèle (`par`) ou bien de manière exclusive (`excl`) où un seul objet multimédia est exécuté à la fois.

La figure 7.4 présente deux synchronisations possibles du document illustré dans la figure 7.1. La première synchronisation (figure 7.4(a)) affiche l'une après l'autre les images toutes les 5 secondes. La deuxième synchronisation (figure 7.4(b)) fait apparaître pendant 5 secondes une seule image à la fois.

```
<body>
  <par>
    <img id="Acropole" begin="0s" end="20s" region="r1" src="IMG1.JPG"/>
    <img id="Temple" begin="5s" end="20s" region="r2" src="IMG2.JPG"/>
    <img id="Agora" begin="10s" end="20s" region="r3" src="IMG3.JPG"/>
    <img id="Musee" begin="15s" end="20s" region="r4" src="IMG4.JPG"/>
  </par>
</body>
```

(a) Utilisation d'une balise parallèle.

```
<body>
  <seq>
    <img id="Acropole" dur="5s" region="r1" src="IMG1.JPG"/>
    <img id="Temple" dur="5s" region="r2" src="IMG2.JPG"/>
    <img id="Agora" dur="5s" region="r3" src="IMG3.JPG"/>
    <img id="Musee" dur="5s" region="r4" src="IMG4.JPG"/>
  </seq>
</body>
```

(b) Utilisation d'une balise séquentielle.

FIG. 7.4 – Différentes synchronisations du document présenté dans la figure 7.1.

Dans la section suivante, nous montrons qu'un document multimédia SMIL peut être agrémenté de liens hypermédia.

7.2.2.3 Dimension hypermédia

Un document SMIL peut être interactif si les objets multimédia disposent de liens hypermédia. Les marqueurs `a` et `area` permettent de fixer le lien hypermédia sur une ancre tandis que la localisation de la cible est contenue dans l'attribut `href`.

Comme nous avons pu le constater dans la section 4.3, un lien hypermédia a une relation de dépendance avec son ancre et est actif pendant une période donnée à un endroit donné. Dans le langage SMIL, les attributs temporels (`begin`, `dur`, `end`) et spatiaux (`coords`) sont utilisés pour spécifier les informations de présentation d'un lien hypermédia.

La figure 7.5 présente deux exemples de liens hypermédia contenus dans le document de la figure 7.1 :

- le premier lien hypermédia est externe. Son ancre est fixée sur l'image identifiée par `Acropole` et sa cible pointe vers une autre présentation multimédia SMIL nommée `AutreDoc.smil`. Ce lien hypermédia est actif pendant les cinq premières secondes d'affichage de l'objet multimédia auquel il est associé. De plus, celui-ci est actif uniquement au centre de l'image.
- le deuxième lien hypermédia est interne. Son ancre est fixée sur l'image identifiée par `Musee` et sa cible pointe vers le début de l'objet `Acropole`. Ce lien est actif durant toute la présentation de son ancre.

```
<body>
  <par>
    <img id="Acropole" begin="0s" end="20s" region="r1" src="IMG1.JPG">
      <area begin="0s" dur="5s" coords="150,80,200,100" href="AutreDoc.smil"/>
    </img>
    <img id="Temple" begin="5s" end="20s" region="r2" src="IMG2.JPG"/>
    <img id="Agora" begin="10s" end="20s" region="r3" src="IMG3.JPG"/>
    <a href="#Acropole">
      <img id="Musee" begin="15s" end="20s" region="r4" src="IMG4.JPG"/>
    </a>
  </par>
</body>
```

FIG. 7.5 – Des liens hypermédia internes et externes décrits avec le langage SMIL.

Dans la suite, nous montrons que des annotations fonctionnelles, définies dans la section 5.3.1, peuvent être spécifiées dans un document multimédia SMIL.

7.2.2.4 Annotations fonctionelles

Un document SMIL peut comporter des annotations fonctionnelles. Celles-ci sont spécifiées dans l'en-tête `head` du document et décrites à l'aide du langage RDF.

Le marqueur SMIL `metadata` délimite une zone qui contient un ensemble d'annotations, comme par exemple des annotations fonctionnelles. La figure 7.6 présente deux exemples d'annotations fonctionnelles du document illustré dans la figure 7.1.

```
<?xml version="1.0" ?>
<!DOCTYPE smil PUBLIC "-//W3C//DTD SMIL 2.0//EN"
      "http://www.w3.org/2001/SMIL20/SMIL20.dtd"
     [<!ENTITY funannot "http://www.example.com/funannot#">]>
<smil xmlns="http://www.w3.org/2001/SMIL20/Language"
  xmlns:funannot="http://www.example.com/funannot#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
 <head>
  <metadata id="meta-rdf">
   <rdf:RDF>
    <rdf:Description rdf:about="#Acropole" rdf:type="&funannot;Sujet"/>
    <rdf:Description rdf:about="#Acropole">
     <funannot:estRelatifA rdf:resource="#Agora"/>
     <funannot:estRelatifA rdf:resource="#Musee"/>
    </rdf:Description>
   </rdf:RDF>
  </metadata>
...
```

FIG. 7.6 – Annotations fonctionnelles du document SMIL de la figure 7.1.

La première annotation spécifie un rôle particulier à l'objet `Acropole` dans la présentation, il s'agit ici du `Sujet` de la présentation. La deuxième annotation spécifie un rôle entre plusieurs objets multimédia, dans l'exemple, l'objet `Acropole` est relatif aux objets `Agora` et `Musee`.

Le langage SMIL permet donc l'expression de tous types d'annotations fonctionnelles, voir même d'autres types d'annotations. La section suivante présente un langage standard de description de profils.

7.3 Le langage CC/PP

CC/PP [57] (Composite Capability/Preference Profiles) est un langage standard de description de profils. Dans cette section, nous motivons tout d'abord le choix d'utilisation de ce langage en mettant en avant les pré-requis indispensables d'un langage de description de profils (§7.3.1). Puis, nous décrivons plus en détail ce langage (§7.3.2). Enfin, nous proposons une extension possible du langage permettant la spécification de contraintes sur la composition des documents multimédia (§7.3.3).

7.3.1 Pourquoi le langage CC/PP ?

Un utilisateur doit pouvoir utiliser le client ou le terminal de son choix pour accéder à un contenu multimédia, pour ce faire, il est nécessaire d'utiliser un langage de description de contraintes. Celui-ci doit s'accompagner de moyens appropriés qui décrivent les capacités matérielles et logicielles, la langue d'origine, la culture, le lieu géographique ou encore les aptitudes physiques et préférences de l'utilisateur.

En d'autres termes, cela signifie qu'une plate-forme, comme par exemple un téléphone mobile, doit avoir la possibilité de s'exprimer de la façon suivante : "Je suis un téléphone mobile et la taille d'affichage de mon écran ne me permet pas d'exécuter plusieurs vidéos au même instant". Ceci constitue un exemple de contexte de distribution de contenu, où les caractéristiques du terminal, les préférences utilisateur et ses contraintes, créent des conditions sur les parties du document qui doivent être adaptées.

Le groupe de travail Device Independance[12] du W3C a identifié des pré-requis à un langage de spécification de profils. En voici trois principaux :

- Vocabulaires extensibles : le langage doit pouvoir être en mesure de supporter diverses ajouts de contraintes d'adaptation. En effet, de précédents efforts pour développer des vocabulaires globaux n'ont pas été concluants, car il était très difficile de déterminer un ensemble fixe de termes pour décrire en avance tous les terminaux possibles, au risque de ne pas penser à ceux qui verront le jour ultérieurement.
- Vocabulaires décentralisés : un autre problème avec les vocabulaires traditionnels de description de terminaux, est la nécessité d'avoir des registres centralisés. De ce fait, un fabricant de terminaux qui désire étendre lesdits vocabulaires doit passer par une procédure lourde et souvent longue pour les faire évoluer.
- Simplicité d'intégration des informations à partir de différentes sources : lors de l'adaptation de documents pour un profil particulier, l'information dont on a besoin pour l'adaptation peut venir de différentes sources, comme par exemple le réseau, le terminal, le contexte d'utilisation ou bien les préférences de l'utilisateur. Le service d'adaptation reçoit ces différentes parties d'information séparément et a besoin de les fusionner en un seul modèle avant de faire l'adaptation proprement dite.

Le langage de description de profils CC/PP satisfait les pré-requis ci-dessus présentés. De plus, ce langage est actuellement très largement utilisé pour décrire les profils des plates-formes exécutant des documents multimédia.

Dans la section suivante, nous décrivons plus en détails la structure ainsi que le vocabulaire de ce langage.

7.3.2 Un langage de description de profils

Un profil CC/PP est une description des capacités d'un appareil ou des préférences d'un utilisateur. Cette description, que l'on désigne souvent par contexte de remise d'un appareil, sert à guider l'adaptation d'un document.

Pour ce faire, les profils CC/PP utilisent le cadre de description des ressources (RDF), qui permet de représenter tous types d'informations sur l'internet. Le vocabulaire d'un profil CC/PP se base également sur des identificateurs (des adresses URI) qui désignent des capacités et des préférences particulières.

[12] `http://www.w3.org/2001/di/`

De façon générale, un profil CC/PP est construit selon une hiérarchie à deux niveaux : un profil contient au moins un *composant* (§7.3.2.1) et chaque composant dispose d'au moins un *attribut* (§7.3.2.2).

Un profil CC/PP peut bien évidemment contenir un ou plusieurs composants, qui contiennent eux-même un ou plusieurs attributs. Différents composants et attributs ont été définis pour diverses usages (§7.3.2.3).

7.3.2.1 Les composants CC/PP

Le premier niveau de la structure d'un profil CC/PP décrit les principaux composants du profil. Chaque composant est représenté par une ressource de type `ccpp:Component`.

Le langage CC/PP offre trois principaux composants par défaut relatifs :
- à la plate-forme matérielle (`TerminalHardware`),
- aux capacités logicielles (`TerminalSoftware`),
- à une application individuelle, comme un navigateur (`TerminalBrowser`).

La figure 7.7 illustre un exemple de profil CC/PP qui comporte les trois principaux composants définis ci-dessus. Dans cet exemple, le type du premier composant CC/PP est défini dans l'espace de noms `http://www.example.com/schema#HardwarePlatform` donné par l'attribut ressource de l'élément `rdf:type`, le deuxième est défini dans l'espace de noms `http://www.example.com/schema#SoftwarePlatform` et le troisième par `http://www.example.com/schema#BrowserUA`.

7.3.2.2 Les attributs CC/PP

Le deuxième niveau de la structure d'un profil CC/PP décrit un certain nombre d'attributs CC/PP pour chaque composant.

La description de chaque composant est un sous-arbre dont les branches représentent les capacités ou les préférences. Bien que le langage RDF rende possible la modélisation d'une grande variété de structures de données, y compris des graphes arbitraires, on préfère généralement éviter les modèles de données complexes pour les valeurs d'attributs d'un profil. En règle générale, une capacité est décrite à l'aide d'un petit nombre d'attributs CC/PP, chacun ayant une valeur atomique simple. Quand des valeurs plus complexes sont nécessaires, on peut les construire comme des sous-graphes RDF. L'emploi de valeurs d'attribut complexes peut se révéler utile pour représenter des valeurs de remplacement, par exemple, un navigateur pouvant gérer plusieurs versions du langage HTML.

La figure 7.7 présente un exemple de profil CC/PP avec différents attributs pour chacun des principaux composants : matériel, logiciel et navigateur. La largeur (`displayWidth`) ainsi que la hauteur (`displayHeight`) de l'écran correspondent à des valeurs atomiques simples. Tandis que les versions supportées par le navigateur (`htmlVersionsSupported`) correspondent à des valeurs d'attributs plus complexes.

```
<?xml version="1.0"?>
 <rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:ccpp="http://www.w3.org/2002/11/08-ccpp-schema#"
  xmlns:ex="http://www.example.com/schema#">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.example.com/profile#MyProfile">

   <ccpp:component>
    <rdf:Description
     rdf:about="http://www.example.com/profile#TerminalHardware">
     <rdf:type
      rdf:resource="http://www.example.com/schema#HardwarePlatform"/>
      <ex:displayWidth>320</ex:displayWidth>
      <ex:displayHeight>200</ex:displayHeight>
    </rdf:Description>
   </ccpp:component>

   <ccpp:component>
    <rdf:Description
     rdf:about="http://www.example.com/profile#TerminalSoftware">
     <rdf:type
      rdf:resource="http://www.example.com/schema#SoftwarePlatform"/>
      <ex:name>EPOC</ex:name>
      <ex:version>2.0</ex:version>
      <ex:vendor>Symbian</ex:vendor>
    </rdf:Description>
   </ccpp:component>

   <ccpp:component>
    <rdf:Description
     rdf:about="http://www.example.com/profile#TerminalBrowser">
     <rdf:type
      rdf:resource="http://www.example.com/schema#BrowserUA"/>
      <ex:name>Mozilla</ex:name>
      <ex:version>5.0</ex:version>
      <ex:vendor>Symbian</ex:vendor>
      <ex:htmlVersionsSupported>
       <rdf:Bag>
        <rdf:li>3.2</rdf:li>
        <rdf:li>4.0</rdf:li>
       </rdf:Bag>
      </ex:htmlVersionsSupported>
     </rdf:Description>
    </ccpp:component>

  </rdf:Description>
 </rdf:RDF>
```

Fig. 7.7 – Exemple de profil CC/PP.

7.3.2.3 Exemples de profils CC/PP existants

Différents vocabulaires spécifiques construits autour du langage CC/PP ont été définis pour décrire des profils. Nous en citons quelques exemples ci-après :

- UPS [69] (Universal Profiling Schema) : le modèle d'expression de contraintes défini dans ce type de profil comprend des outils qui permettent l'expression de formules logiques, une organisation structurée de l'information (propriétés, structures des éléments et des relations entre les structures et les propriétés, etc.), ainsi qu'un processus de traitement des expressions qui facilite la tâche des fournisseurs de contenu après la réception du contexte utilisateur. Bien que les descriptions UPS définissent différents schémas qui ne se limitent pas à la description du client, comme dans CC/PP, la structure des profils UPS est similaire à la structure des profils CC/PP.
- UAProf [39] (User Agent Profile) : la spécification Profil des Agents Utilisateurs développée par l'Open Mobile Alliance[13] (et avant par le WAP Forum[14]) est un vocabulaire CC/PP dédié à la description de téléphones mobiles. À ce jour, des millions de téléphones mobiles sont en conformité avec la spécification UAProf, et fournissent des descriptions CC/PP de leurs capacités à des serveurs Web.
- AWSDL [72] : dans cette approche les trois composants principaux du standard CC/PP (matériel, logiciel, navigateur) sont utilisés. Ceux-ci sont complétés avec trois nouveaux composants intégrés dans deux ressources RDF appelés *UserCharacterisctic* et *UserContext*. La première ressource *UserCharacterisctic* est constituée de deux composants CC/PP : *Permanent* et *Evolutionary* qui définissent respectivement des caractéristiques permanentes et évolutives de l'utilisateur. La seconde ressource *UserContext* décrit le contexte de l'utilisateur, elle est constituée d'un composant CC/PP nommé *Environmental* qui a pour rôle de décrire, par exemple, la localisation de l'utilisateur.

Actuellement, aucun vocabulaire CC/PP ne décrit des contraintes d'adaptation sur la composition des documents multimédia. Nous en proposons un dans la section suivante.

7.3.3 Spécification de contraintes de composition

La spécification de contraintes d'adaptation sur la composition des documents multimédia n'a jamais été décrite dans un profil CC/PP. En général, ce type de contraintes est déduit du profil, par exemple si la taille d'écran du terminal cible est petite alors un objet multimédia ne peut être exécuté simultanément à un autre.

Dans cette section, nous proposons d'étendre les composants du vocabulaire CC/PP pour remédier à cette lacune. Pour cela, nous introduisons deux ressources RDF : *MediaObject* et *Composition*.

[13] `http://www.openmobilealliance.org`
[14] `http://www.wapforum.org`

La première ressource décrit des contraintes au niveau d'objets multimédia. Celle-ci peut comporter, par exemple, les formats lus par le dispositif, les types de médias qu'il est possible d'exécuter, les langues autorisées...

La deuxième ressource spécifie des contraintes sur la composition du document. Celle-ci est découpée en plusieurs modules correspondant aux principales dimensions des documents multimédia : temporelle, spatiale, hypermédia et inter-dimensionnelle (spatio-temporelle-hypermédia). La figure 7.8 illustre la structure générale d'un profil prenant en compte des contraintes sur la composition d'un document multimédia.

Chaque module est constitué d'un ensemble d'attributs qui spécifient, par exemple, le nombre maximal d'objets multimédia qui peuvent être exécutés simultanément à d'autres objets, ou le nombre maximal d'objets multimédia visibles qui peuvent se chevaucher dans l'espace d'affichage. De plus, ces attributs peuvent disposer de valeurs quantitatives précises, comme par exemple, la durée totale maximale d'exécution d'une présentation multimédia...

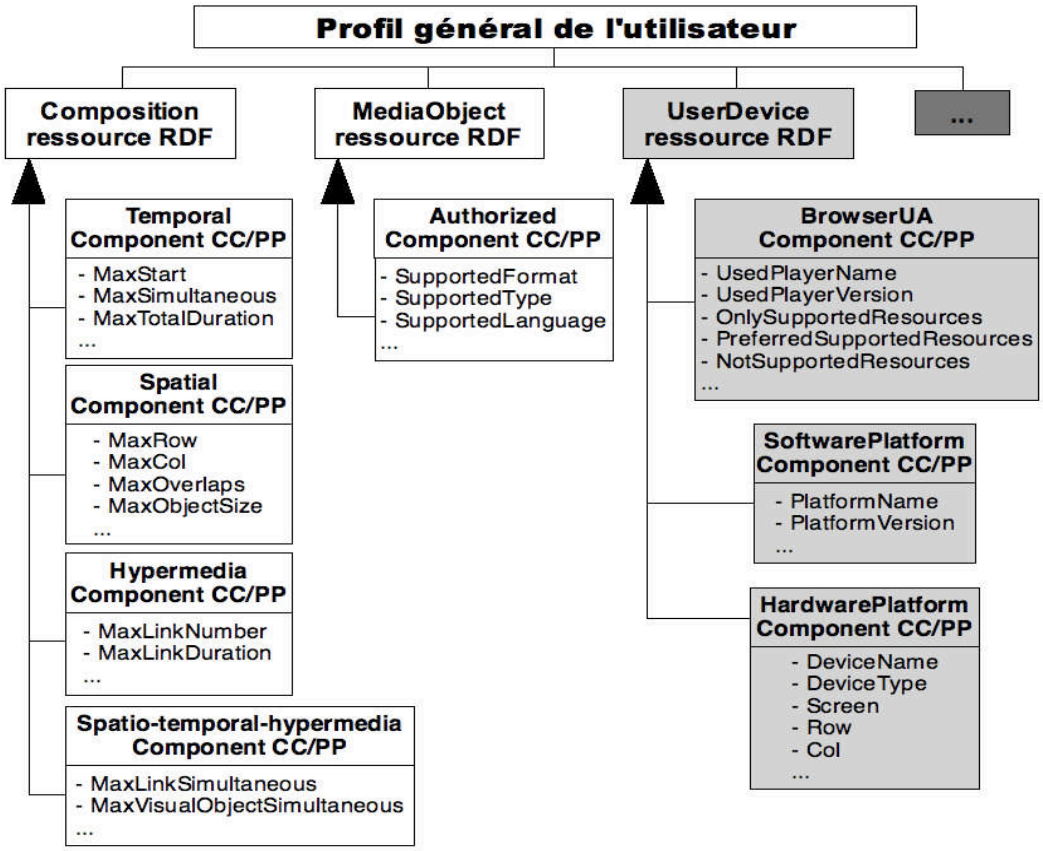


FIG. 7.8 – Structure générale d'un profil CC/PP avec prise en compte des contraintes de composition. Les composants en gris sont les composants standard CC/PP, ceux en blanc sont relatifs à la composition du document.

La figure 7.9 présente un exemple de profil CC/PP étendu qui spécifie des contraintes sur la composition des documents multimédia. Dans cet exemple, une présentation multimédia ne peut faire débuter simultanément plus de deux objets multimédia (`<ex:maxStart>2</ex:maxStart>`).

```
<?xml version="1.0"?>
 <rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:ccpp="http://www.w3.org/2002/11/08-ccpp-schema#"
  xmlns:ex="http://www.example.com/schema#">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.example.com/profile#MyProfile">

   <ccpp:component>
    <ex:MediaObject>
     <rdf:type
      rdf:resource="http://www.example.com/schema#Authorized"/>
      <ex:supportedType>
       <rdf:Bag>
        <rdf:li>Text</rdf:li>
        <rdf:li>Image</rdf:li>
       </rdf:Bag>
      </ex:supportedType>
    </ex:MediaObject>
   </ccpp:component>

   <ccpp:component>
    <ex:Composition>
     <rdf:type
      rdf:resource="http://www.example.com/schema#Temporal"/>
      <ex:maxStart>2</ex:maxStart>
      <ex:maxSimultaneous>2</ex:maxSimultaneous>
      <ex:maxTotalDuration>5min</ex:maxTotalDuration>
    </ex:Composition>
   </ccpp:component>

   <ccpp:component>
    <ex:Composition>
     <rdf:type
      rdf:resource="http://www.example.com/schema#Spatial"/>
      <ex:maxCol>2</ex:maxCol>
      <ex:maxOverlaps>1</ex:maxOverlaps>
    </ex:Composition>
   </ccpp:component>

   <ccpp:component>
    <ex:Composition>
     <rdf:type
      rdf:resource="http://www.example.com/schema#Hypermedia"/>
      <ex:maxLinkNumber>2</ex:maxLinkNumber>
    </ex:Composition>
   </ccpp:component>

  </rdf:Description>
 </rdf:RDF>
```

FIG. 7.9 – Exemple de profil CC/PP étendu avec des contraintes de composition.

7.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le langage de description de documents multimédia SMIL ainsi que le langage CC/PP qui permet la spécification de profils. Ces deux langages sont standards et très largement utilisés sur l'internet.

Puisqu'aucun profil ne décrit aujourd'hui explicitement des contraintes sur la composition des documents multimédia, nous avons proposé un vocabulaire étendu de CC/PP permettant de spécifier ce type de contraintes d'adaptation.

Dans les chapitres suivants, nous proposons d'adapter des documents multimédia SMIL à l'aide de l'approche sémantique d'adaptation, présentée dans les parties précédentes, en utilisant des profils qui contiennent des contraintes d'adaptation sur la composition des documents.

Chapitre 8

Algorithme d'adaptation sémantique de documents multimédia

Résumé

Nous souhaitons implanter l'adaptation sémantique de documents multimédia. Pour cela, nous proposons de représenter les graphes de relations ainsi que les graphes de voisinages conceptuels à l'aide de structures matricielles. Pour engendrer des solutions d'adaptations, deux principaux algorithmes sont illustrés : le premier vérifie la consistance d'une solution tandis que le second ne retiendra que les solutions les plus proche du document initial.

Sommaire

8.1 Introduction **119**
8.2 Représentation des graphes de relations **120**
8.3 Consistance d'un graphe de relations **121**
8.4 Représentation des graphes de voisinage **125**
8.5 Calcul de solutions d'adaptation **127**
8.6 Conclusion **129**

8.1 Introduction

Dans les parties précédentes nous avons présenté les notions théoriques d'une adaptation sémantique de documents multimédia. Dans ce chapitre, nous souhaitons automatiser le processus d'adaptation sémantique.

Dans un premier temps, nous proposons d'encoder les spécifications de documents multimédia dans des matrices de relations (§8.2). Puis, nous montrons, à l'aide d'un algorithme, comment vérifier la consistance de telles structures (§8.3).

Dans un second temps, nous encodons les graphes de voisinage conceptuel dans des matrices de voisinage. Celles-ci permettent d'avoir un accès efficace aux distances entre les relations d'une représentation (§8.4).

Dans un dernier temps, nous proposons un algorithme qui fournit toutes les solutions d'adaptation qui satisfont un profil cible et qui sont proches d'une spécification de documents multimédia initial (§8.5).

Pour plus de clarté, nous illustrons ces représentations ainsi que les algorithmes en utilisant la représentation temporelle de Allen sur les intervalles. Néanmoins, un raisonnement similaire peut être mené sur d'autres représentations qualitatives en utilisant les algorithmes présentés dans ce chapitre.

8.2 Représentation des graphes de relations

Dans la littérature, il existe plusieurs structures d'encodage de graphes. La plus classique d'entre elles se base sur une structure matricielle (ou dite de tableau). Chaque indice de ligne ou colonne correspond à un nœud du graphe tandis que chaque case pointée par ces indices correspond à l'étiquette d'un arc du graphe.

Un graphe de relations (cf., définition 4 du chapitre 3) peut donc être représenté à l'aide d'une *matrice de relations* $n \times n$ avec n correspondant au nombre de nœuds du graphe de relations. Nous nommons cette matrice de relations, dans ce qui suit, $C_{i,j}$ avec $0 \leq i < n$ et $0 \leq j < n$.

Définition 24 (Matrice de relations) *Soit $g_s = \langle O, E, \lambda \rangle$ un graphe orienté étiqueté avec O et E correspondant respectivement aux nœuds et aux arcs de g_s et $\lambda : E \rightarrow 2^{\mathcal{R}}$ la fonction totale d'étiquetage qui associe à chaque arc du graphe g_s un ensemble de relations de $\mathcal{R}$. Le graphe de relations g_s peut être représenté par une matrice de relations $C_{i,j}$ où i et j correspondent aux indices des éléments de O. Dans ce contexte, $C_{i,j} = \lambda(\langle O_i, O_j \rangle)$, $0 \leq i < n$ et $0 \leq j < n$ avec $n = \|O\|$.*

Une matrice de relations temporelles de Allen correspondante à un graphe de relations temporelles est présentée dans l'exemple suivant :

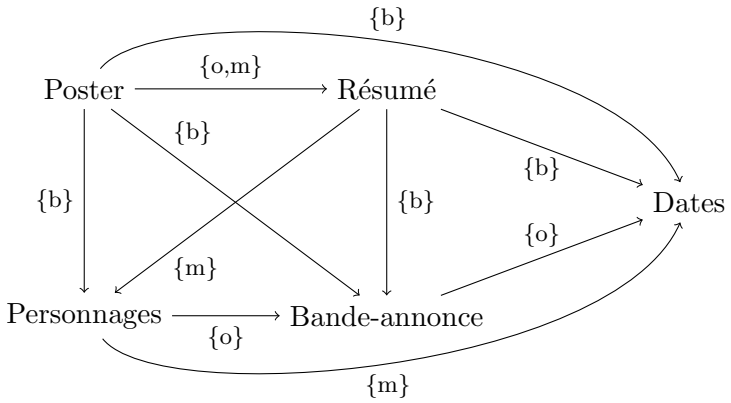
Exemple 24 *Soit le graphe de relations temporelles de Allen présenté dans la figure 8.1(a). La matrice temporelle $C_{i,j}$ correspondante est illustrée dans la table 8.1(b).*

Ainsi que la table 8.1(b) le met en évidence, la valeur de $C_{i,i}$ sera toujours égale à la relation de Allen equals.

Comme il est possible de le constater dans la table 8.1(b), une matrice de relations contient toutes les relations entre objets multimédia y compris les relations inverses.

Propriété 5 *L'ensemble des relations de $C_{i,j}$ est équivalent à l'inverse de l'ensemble des relations de $C_{j,i}$, c'est-à-dire $C_{i,j} = C_{j,i}^{-1}$.*

Deux exemples de cette propriété sont présentés ci-après.



(a) Graphe de relations temporelles de Allen.

$C_{i,j}$	Poster	Résumé	Personnages	Bande-annonce	Dates
Poster	{e}	{o,m}	{b}	{b}	{b}
Résumé	{oi,mi}	{e}	{m}	{b}	{b}
Personnages	{bi}	{mi}	{e}	{o}	{m}
Bande-annonce	{bi}	{bi}	{oi}	{e}	{o}
Dates	{bi}	{bi}	{mi}	{oi}	{e}

(b) Matrice correspondant au graphe de relations de la figure 8.1(a).

FIG. 8.1 – Représentation d'un graphe de relations temporelles sous forme matricielle.

Exemple 25 *Dans la table 8.1(b) :*

$$C_{1,2} = C_{2,1}^{-1} = \{mi\}^{-1} = \{m\}$$

$$C_{0,1} = C_{1,0}^{-1} = \{oi, mi\}^{-1} = \{oi^{-1}, mi^{-1}\} = \{o, m\}$$

Dans la section suivante, nous montrons, à l'aide d'un algorithme, comment vérifier qu'une matrice de relations est consistante.

8.3 Consistance d'un graphe de relations

Avant de pouvoir engendrer des solutions d'adaptation, il est nécessaire de pouvoir tester la *consistance* d'une matrice de relations.

Définition 25 (Consistance d'une matrice de relations) *Une matrice de relations est dite* consistante *si et seulement si un scénario correspondant à cette matrice peut être produit. Dans le cas contraire, on dira que la matrice de relations est* inconsistante *et que par conséquent aucun scénario ne pourra satisfaire l'ensemble des relations considérées.*

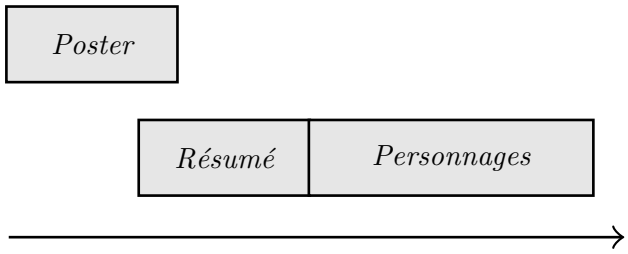
Dans l'exemple suivant nous présentons deux matrices de relations temporelles : une consistante et l'autre inconsistante.

Exemple 26 *Soient les matrices de relations temporelles C_1 et C_2 suivantes :*

C_1	*Poster*	*Résumé*	*Personnages*
Poster	$\{e\}$	$\{o,m\}$	$\{b\}$
Résumé	$\{oi,mi\}$	$\{e\}$	$\{m\}$
Personnages	$\{bi\}$	$\{mi\}$	$\{e\}$

C_2	*Poster*	*Résumé*	*Personnages*
Poster	$\{e\}$	$\{o,m\}$	$\{bi\}$
Résumé	$\{oi,mi\}$	$\{e\}$	$\{m\}$
Personnages	$\{b\}$	$\{mi\}$	$\{e\}$

La matrice de relations C_1 est consistante car le scénario temporel suivant satisfait cette matrice :



La matrice de relations C_2 est inconsistante car aucun scénario temporel ne satisfait l'ensemble des relations considérées dans cette matrice.

Dans ce qui suit, nous montrons, à l'aide d'un algorithme, comment tester la consistance d'une matrice de relations. Nous appliquons cet algorithme sur des matrices de relations temporelles basées sur l'algèbre d'intervalles de Allen.

Pour permettre de combiner des connaissances temporelles exprimées par des relations de Allen sur les intervalles, deux opérations sont définies sur les éléments de l'ensemble $2^{A_{13}}$:

- L'intersection $\cap$ de deux éléments de l'ensemble $2^{A_{13}}$ est un ensemble d'éléments de $2^{A_{13}}$. Par exemple, $\{b, m\} \cap \{m, o\} = \{m\}$.
- L'union $\cup$ de deux éléments de l'ensemble $2^{A_{13}}$ est un ensemble d'éléments de $2^{A_{13}}$. Par exemple, $\{b, m\} \cup \{m, o\} = \{b, m, o\}$.

On définit également une loi de composition $\otimes$, associative et non-commutative. Son élément neutre est l'égalité (c'est-à-dire, {equals} en Allen).

En effet, à partir de deux relations r_1 et r_2 de $2^{A_{13}}$, il est possible d'obtenir une nouvelle relation $r_3(x, z) = r_1(x, y) \otimes r_2(y, z)$ qui fait aussi partie de $2^{A_{13}}$. En d'autres termes, cette loi permet d'inférer à partir des relations $r_1(x, y)$ et $r_2(y, z)$ la relation $r_1 \otimes r_2(x, z)$.

Dans certains cas, comme le montre la table 8.1 de composition sur l'algèbre d'intervalles de Allen, la relation r_3 est disjonctive car la connaissance de r_1 et r_2 ne donne pas toujours assez d'information pour que la relation r_3 soit suffisamment précise.

$r_1 \otimes r_2$	b	m	d	o	s	f	e
b	b	b	b,m,d,o,s	b	b	b,m,d,o,s	b
m	b	b	d,o,s	b	m	d,o,s	m
d	b	b	d	b,m,d,o,s	d	d	d
o	b	b	d,o,s	b,m,o	o	d,o,s	o
s	b	b	d	b,m,o	s	d	s
f	b	m	d	d,o,s	d	f	f
e	b	m	d	o	s	f	e

TAB. 8.1 – Loi de composition de l'algèbre d'intervalles de Allen.

Exemple 27 *Soient les relations temporelles $r_1 = \{m\}$ et $r_2 = \{d\}$. La relation de composition $r_3 = r_1 \otimes r_2 = \{d, o, s\}$. La relation r_3 est disjonctive car celle-ci équivaut aux relations de Allen during (d) ou overlaps (o) ou starts (s).*

Lorsque r_1 et r_2 sont elles-mêmes disjonctives, l'algorithme de calcul de la relation de composition r_3 est très simple. En voici son principe :

1. Décomposer r_1 et r_2 en une disjonction de relations atomiques.
2. Développer tous les termes en appliquant la distributivité de $\cap$ par rapport à $\cup$. On obtient ainsi des clauses qui sont des paires conjonctives.
3. Calculer grâce à la table 8.1 le résultat de chaque paire conjonctive.
4. Les conjonctions ayant disparu, composer les clauses disjonctives en une seule relation composée.

Nous proposons dans l'exemple suivant une application de cet algorithme.

Exemple 28 *Soient les relations temporelles disjonctives $r_1 = \{m, f\}$ et $r_2 = \{d, m\}$. Suivant l'algorithme présenté précédemment :*

1. $r_1 = \{m\} \vee \{f\}$ *et* $r_2 = \{d\} \vee \{m\}$.
2. $r_3 = (\{m\} \wedge \{d\}) \vee (\{m\} \wedge \{m\}) \vee (\{f\} \wedge \{d\}) \vee (\{f\} \wedge \{m\})$.
3. $r_3 = \{d, o, s\} \vee \{b\} \vee \{d\} \vee \{m\}$.
4. $r_3 = \{d, o, s, b, m\}$.

Allen [1] propose un algorithme qui permet la détection d'incohérences dans une matrice de relations temporelles. Nous illustrons celui-ci par l'algorithme 1 et le nommons *TestConsistance*. Son principe est le suivant :

- à partir de la table 8.1 de composition, on calcule toutes les relations induites d'une matrice de relations et on les confronte à ses relations existantes à l'aide d'une intersection.
  - Si une intersection est vide, on détecte une incohérence, ce qui signifie que la matrice de relations est inconsistante.
  - Sinon on remplace les relations existantes par les valeurs des intersections.
- L'algorithme propage ces nouvelles relations par application d'une autre série de transitivité et ainsi de suite jusqu'à ce que plus rien ne change.

Algorithme 1 : TestConsistance

Entrées : Une matrice de relations $C_{i,j}$ avec $0 \leq i < n$ et $0 \leq j < n$.
Sorties : Une matrice de relations épurée ou une détection d'inconsistance.
Données : Q une pile.
pour $i, j \in [0, n-1], i \neq j$ **faire**
  $Q \leftarrow \{i, j\}$;
tant que $Q \neq \emptyset$ **faire**
  {i, j} ← Dépiler(Q);
  pour $k \in [0, n-1], k \neq i, j$ **faire**
    $C'_{i,k} \leftarrow (C_{i,j} \otimes C_{j,k}) \cap C_{i,k}$;
    $C'_{k,j} \leftarrow (C_{k,i} \otimes C_{i,j}) \cap C_{k,j}$;
    si $C'_{i,k}$ *ou* $C'_{k,j} = \perp$ **alors** STOP;
    si $C'_{i,k} \neq C_{i,k}$ **alors**
      Empiler {i,k} dans Q;
      $C_{i,k} \leftarrow C'_{i,k}$;
    si $C'_{k,j} \neq C_{k,j}$ **alors**
      Empiler {k,j} dans Q;
      $C_{k,j} \leftarrow C'_{k,j}$;

Cet algorithme permet donc de préciser de plus en plus la matrice de relations en éliminant des disjonctions. Étant donné que le nombre de relations et la taille de la matrice sont finis, et que cette matrice, représentant un graphe de relations, est borné inférieurement par le graphe minimal, l'algorithme s'arrête toujours :

- soit parce qu'il n'y a plus de relations apportant une information nouvelle.
- soit parce qu'une relation composée devient vide, auquel cas on a détecté l'incohérence de la matrice de relations.

Cet algorithme polynomial n'est malheureusement pas complet. Il l'est seulement lorsque toutes les relations de la matrice sont atomiques. En effet, les résultats présentés dans [96] ont montré que cet algorithme pouvait ne pas détecter certaines incohérences et que le problème d'existence d'une solution avec l'algèbre sur les intervalles de Allen est NP-complet. Par conséquent, pour rechercher une solution des méthodes de recherche exhaustives sont utilisées.

L'algorithme 2, présenté dans [80], propose une telle méthode de recherche exhaustive. Celui-ci utilise l'algorithme *TestConsistance* en guise de méthode de propagation de contraintes ceci afin de réduire l'espace de recherche. Nous nommons cet algorithme *Satisfiabilité*.

Néanmoins, la recherche d'une solution consistante et par conséquent la vérification de la satisfiabilité de la matrice de relations, via cet algorithme, est de complexité exponentielle. C'est pour cela que de nombreux travaux tentent d'améliorer l'efficacité de cet algorithme en offrant diverses possibilités d'optimisations et d'heuristiques telles que l'ordre d'instanciation des variables ou des relations [94], le choix de l'ensemble Découpe [80], les coupures possibles évitant certaines explorations [33]...

Algorithme 2 : Satisfiabilité

Entrées : Une matrice de relations $C_{i,j}$ avec $0 \leq i < n$ et $0 \leq j < n$.
Sorties : Un booléen indiquant si la matrice est consistante ou non.
Données : Découpe est un ensemble de relations de Allen.
$TestConsistance(C)$;
si *C contient une relation vidée* **alors**
  retourner *faux*;
sinon
  Choisir une relation $C_{i,j}$ non-sélectionnée précédemment et décomposer $C_{i,j}$ en $r_1, \ldots, r_k$ telle que $r_l \in$ Découpe;
  si *$C_{i,j}$ ne peut être décomposée* **alors retourner** *vrai*;
  pour *chaque r_l $(1 \leq l \leq k)$* **faire**
    $C_{i,j} \leftarrow r_l$;
    si *Satisfiabilité(C)* **alors retourner** *vrai*;
  retourner *faux*;

Nous souhaitons utiliser cet algorithme pour engendrer des solutions d'adaptation. Avant tout, dans la section suivante, nous présentons une structure matricielle utilisée pour représenter les voisinages conceptuels entre relations d'une représentation. Ceci permettra à l'adaptation de fournir les solutions qui sont proches d'une spécification initiale de documents multimédia.

8.4 Représentation des graphes de voisinage

Nous avons identifié, dans le chapitre 5, différents graphes de voisinage conceptuel sur une même dimension ainsi que pour plusieurs dimensions de documents multimédia (notamment temporelle et spatiale). De plus, pour disposer de voisinage conceptuel inter-dimensionnel, nous avons également proposé de réaliser un produit de graphes de voisinage permettant de les combiner.

Durant l'adaptation sémantique de documents multimédia ces graphes de voisinage conceptuel sont toujours statiques, c'est-à-dire qu'ils n'évoluent pas au cours du temps. Ainsi, pour accéder efficacement à une distance conceptuelle entre deux relations, nous représentons dans une *matrice de voisinage conceptuel* l'ensemble des distances entre toutes les relations considérées sur une représentation.

Définition 26 (Matrice de voisinage conceptuel) *Soit δ une distance conceptuelle entre relations d'une représentation $\mathcal{R}$. $D_{i,j}$ est une matrice de voisinage conceptuel si et seulement si $\forall r_i, r_j \in \mathcal{R}, D_{i,j} = \delta(r_i, r_j)$.*

L'exemple suivant illustre une matrice de voisinage conceptuel temporel.

Exemple 29 *La figure 8.2 identifie toutes les distances conceptuelles entre relations de Allen qui correspondent au graphe de voisinage conceptuel $N^A_{A_{13}}$.*

$d(r_1, r_2)$	b	m	o	s	fi	d	e	di	f	si	oi	mi	bi
b	0	1	2	3	3	4	4	4	5	5	6	7	8
m	1	0	1	2	2	3	3	3	4	4	5	6	7
o	2	1	0	1	1	2	2	2	3	3	4	5	6
s	3	2	1	0	2	1	1	3	2	2	3	4	5
fi	3	2	1	2	0	3	1	1	2	2	3	4	5
d	4	3	2	1	3	0	2	4	1	3	2	3	4
e	4	3	2	1	1	2	0	2	1	1	2	3	4
di	4	3	2	3	1	4	2	0	3	1	2	3	4
f	5	4	3	2	2	1	1	3	0	2	1	2	3
si	5	4	3	2	2	3	1	1	2	0	1	2	3
oi	6	5	4	3	3	2	2	2	1	1	0	1	2
mi	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	1	0	1
bi	8	7	6	5	5	4	4	4	3	3	2	1	0

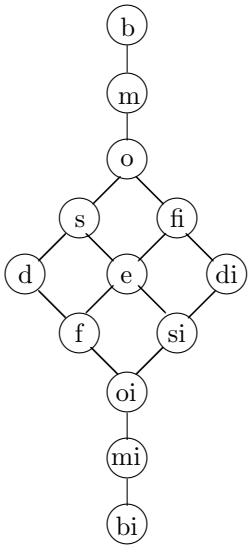


FIG. 8.2 – Matrice correspondante aux distances conceptuelles relatives au graphe de voisinage $N^A_{A_{A_{13}}}$.

Une matrice de voisinage conceptuel satisfait les trois propriétés suivantes qui qualifient une distance :

- symétrie : $d(r_1, r_2) = d(r_2, r_1)$.
- séparation : $d(r_1, r_2) = 0 \Leftrightarrow r_1 = r_2$.
- inégalité triangulaire : $d(r_1, r_3) \leq d(r_1, r_2) + d(r_2, r_3)$.

Pour disposer de distances de voisinage entre relations d'une représentation interdimensionnelle, nous nous inspirons de la propriété 2 du chapitre 4 pour produire une matrice de voisinage produit.

Définition 27 (Produit de matrices de voisinage conceptuel) *Soient deux matrices de voisinage conceptuel $D_{i,j}$ avec $0 \leq i < D_l$ et $0 \leq j < D_c$, et $D'_{k,l}$ avec $0 \leq k < D'_l$ et $0 \leq l < D'_c$ (D_l et D'_l correspondent au nombre de lignes de D et D', et D_c et D'_c correspondent au nombre de colonnes de D et D'). $D'' = D \times D'$ est une matrice produit de matrices de voisinage conceptuel si et seulement si D'' contient $D_l \times D'_l$ lignes et $D_c \times D'_c$ colonnes, et $D''_{(i*D'_l)+k,(j*D'_c)+l} = D_{i,j} + D'_{k,l}$.*

Exemple 30 *Soient la matrice de voisinage temporel de la figure 8.2 ainsi que la matrice de voisinage spatial correspondante au graphe de voisinage conceptuel N^T_{RCC8} définie dans la figure 8.3.*

Pour des raisons de visibilité, une partie de la matrice produit de voisinage conceptuel est présentée dans la figure 8.4.

Dans la section suivante, nous proposons un algorithme qui engendre un ensemble de solutions d'adaptation qui satisfont un profil cible et qui sont proches de la spécification initiale de documents multimédia.

$d(r_1, r_2)$	DC	EC	PO	EQ	TPP	TPP_i	$NTPP$	$NTPP_i$
DC	0	1	2	3	3	3	4	4
EC	1	0	1	2	2	2	3	3
PO	2	1	0	1	1	1	2	2
EQ	3	2	1	0	1	1	1	1
TPP	3	2	1	1	0	2	1	2
TPP_i	3	2	1	1	2	0	2	1
$NTPP$	4	3	2	1	1	2	0	2
$NTPP_i$	4	3	2	1	2	1	2	0

FIG. 8.3 – Matrice correspondante aux distances conceptuelles relatives au graphe de voisinage N^T_{RCC8}.

$d(r_1, r_2)$	$\langle b, DC\rangle$	$\langle b, EC\rangle$	...	$\langle e, PO\rangle$	...	$\langle bi, NTPP_i\rangle$
$\langle b, DC\rangle$	0	1	...	6	...	12
$\langle b, EC\rangle$	1	0	...	5	...	11
...	...	...	...	...	...	...
$\langle e, PO\rangle$	6	5	...	0	...	6
...	...	...	...	...	...	...
$\langle bi, NTPP\rangle$	12	11	...	6	...	2
$\langle bi, NTPP_i\rangle$	12	11	...	6	...	0

FIG. 8.4 – Matrice produit des figures 8.2 et 8.3.

8.5 Calcul de solutions d'adaptation

À partir d'une matrice de relations initiales ainsi que d'un profil, nous souhaitons engendrer des solutions d'adaptation. Pour cela, nous proposons un algorithme d'adaptation, basé sur l'algorithme 2 présenté précédemment, qui utilise une technique de séparation/évaluation [65] (Branch and Bound), basée sur les distances de voisinage conceptuel, filtrant en amont les solutions d'adaptation les plus éloignées de la matrice de relations initiales.

Cet algorithme, que nous nommons *Adaptation* (cf., Algorithme 3), prend en entrée deux matrices de relations : $I_{i,j}$ une matrice de relations initiales correspondant au document multimédia initial et $P_{i,j}$ une matrice de relations possibles qui satisfont les contraintes d'adaptation spécifiées dans un profil cible. C'est à partir de cette deuxième matrice $P_{i,j}$ que les solutions d'adaptation sont calculées, c'est-à-dire que l'on sélectionne des matrices de relations consistantes qui sont à une distance minimale de la matrice de relations initiales $I_{i,j}$.

Dans un premier temps, pour que la technique de séparation/évaluation fonctionne, nous trions chaque ensemble de relations de la matrice $P_{i,j}$ de la relation la plus proche à la relation la plus éloignée de la matrice de relations $I_{i,j}$. Ceci est effectué en utilisant un algorithme de tri classique, tel qu'un quicksort [52], ainsi que la distance conceptuelle δ entre les relations d'une représentation (cf., définition 14).

Algorithme 3 : Adaptation

Entrées : Une matrice de relations initiales $I_{i,j}$ correspondant aux exécutions potentielles et une matrice de relations $P_{i,j}$ correspondant aux exécutions possibles.

Sorties : Un ensemble de matrices de relations adaptées.

Données : $\mathcal{S}$ est l'ensemble des matrices solutions représentant les graphes de relations adaptées ; *tmp* est une distance courante entre les matrices de relations $I_{i,j}$ et $P_{i,j}$; Min est une distance minimale courante (initialement sa valeur est ∞).

```
TestConsistance(P);
si P ne contient pas de relation vide alors
    Choisir une relation P_{i,j} non-sélectionnée précédemment et décomposer P_{i,j}
    en r_1, ..., r_k;
    si P_{i,j} ne peut être décomposée et Satisfait_Propriété(P) alors
        tmp ← d(I, P);
        si tmp < Min alors
            Min ← tmp;
            S ← {P};
        si tmp = Min alors
            S ← S ∪ {P};
    sinon
        pour chaque r_l (1 ≤ l ≤ k) faire
            P_{i,j} ← r_l;
            si d(I, P) ≤ Min alors
                Adaptation(I,P);
```

Puis, nous exécutons l'algorithme *Adaptation*. À l'aide de la distance entre graphes de relations d (cf., définition 11), les matrices de relations consistantes les plus éloignées de la matrice de relations initiales sont écartées. De plus, la fonction *Satisfait_Propriété* vérifie que les matrices de relations sélectionnées satisfont un ensemble de propriétés, comme par exemple la propriété de contiguïté d'une présentation[1].

Lorsque l'algorithme se termine l'ensemble $\mathcal{S}$ de matrices de relations contient les solutions d'adaptation qui satisfont un profil cible et qui sont proches de la matrice de relations initiales.

Comme nous avons pu le constater dans la section 5.2, il est envisageable que plusieurs matrices de relations initiales $I_{i,j}$ soient à considérer lors de la suppression d'objets multimédia. Pour prendre en compte cette diversité des matrices de relations initiales, nous proposons un second algorithme d'adaptation (cf. algorithme 4) qui prend comme entrées : un ensemble de matrices de relations initiales ainsi qu'un ensemble de matrices de relations possibles. Lors de son exécution, chaque matrice de relations initiales est adaptée une à une grâce à la matrice correspondante de relations possibles. On sélectionne dans $\mathcal{S}'$ l'ensemble des matrices de relations adaptées en utilisant l'algorithme 3 d'adaptation présenté précédemment.

[1] Cette propriété a été évoquée dans le chapitre 5 (cf., propriété 3).

Algorithme 4 : Adaptation (avec un ensemble de matrices de relations $\mathcal{I}$)

Entrées : Un ensemble de matrices de relations initiales $\mathcal{I}$ et un ensemble de matrices de relations possibles $\mathcal{P}$ relatif à chaque matrice de relations initiales.

Sorties : Un ensemble de matrices de relations adaptées.

Données : $\mathcal{S}'$ est l'ensemble des matrices solutions représentant les graphes de relations adaptés ; $\mathcal{S}$ est un ensemble de matrices solutions temporaires ; *tmp* est une distance courante entre les matrices de relations I et P ; Min' est une distance courante minimale (initialement sa valeur est ∞).

```
pour chaque I ∈ 𝓘 faire
    Sélectionner sa matrice de relations possibles correspondante P dans 𝓟;
    𝓢 = Adaptation(I, P);
    pour chaque s ∈ 𝓢 faire
        tmp = d(I, s);
        si tmp < Min' alors
            Min' ← tmp;
            𝓢' ← {s};
        si tmp = Min' alors
            𝓢' ← 𝓢' ∪ {s};
```

8.6 Conclusion

Nous avons proposé différents encodages possibles des graphes de relations et des graphes de voisinage conceptuel. De plus, nous avons présenté un algorithme d'adaptation qui engendre un ensemble de solutions d'adaptation qui satisfont un profil cible et qui sont proches du document initial.

Cependant, l'algorithme d'adaptation proposé ne peut s'appliquer directement sur des documents multimédia SMIL. En effet, comme nous avons pu le constater dans le chapitre 7, la spécification d'un tel document n'est pas fondée sur des graphes de relations, ni sur des relations qualitatives entre objets multimédia d'une présentation.

Dans le chapitre suivant, nous proposons donc de spécifier des fonctions de traduction qui spécifient une étape de généralisation qui projette chacune des composantes de SMIL dans notre modèle théorique qualitatif ainsi qu'une étape d'instanciation transférant le résultat du modèle théorique vers le langage SMIL. Ces diverses transformations ainsi que notre algorithme d'adaptation sont également implantés dans un prototype interactif d'adaptation de documents multimédia SMIL.

Chapitre 9

Expérimentation de l'adaptation sémantique

Résumé

Désirant adapter automatiquement des documents multimédia SMIL avec notre approche d'adaptation sémantique, nous avons développé un prototype interactif. Celui-ci utilise des fonctions de traduction qui spécifient une étape de généralisation projetant chacune des composantes du langage SMIL dans notre modèle théorique qualitatif ainsi qu'une étape d'instanciation qui transfère le résultat du modèle théorique vers le langage SMIL. Des exemples de cas d'adaptation sont proposés pour illustrer le fonctionnement de notre prototype.

Sommaire

9.1 Introduction **131**
9.2 Principe d'adaptation sémantique de documents SMIL . . . **132**
9.2.1 Généralisation d'un document multimédia SMIL 133
9.2.2 Instanciation d'un document multimédia SMIL 135
9.3 Présentation du prototype **139**
9.4 Exemples de cas d'adaptation **142**
9.4.1 Un exemple d'adaptation temporel 142
9.4.2 Un exemple d'adaptation spatiale 144
9.4.3 Un exemple d'adaptation spatio-temporelle 150
9.5 Conclusion **154**

9.1 Introduction

Comme nous avons pu le constater dans les chapitres précédents, l'adaptation sémantique de documents multimédia interprète chaque document comme un ensemble d'objets et de relations entre eux, structurés dans un graphe de relations. Ce graphe est par la suite adapté en fonction du profil d'une plate-forme cible.

Un document multimédia SMIL n'utilise pas cette structure abstraite de représentation d'un document. Toutefois, pour adapter ce type de documents, nous proposons de projeter chacune des composantes d'un document SMIL dans notre modèle théorique

et de transférer le résultat du modèle théorique vers un document SMIL adapté (§9.2).

Cependant, cette application soulève des problèmes théorique. En effet, la transformation d'un graphe de relations vers un document multimédia SMIL ne garanti pas que le document adapté sera le plus proche possible du document initial. Pour cela, il faut étendre la représentation abstraite du document afin de préserver suffisamment d'information concernant le document initial. Il est également nécessaire de réinsérer le résultat de l'adaptation dans cette représentation étendue afin que le résultat reste cohérent.

Pour valider notre approche sémantique d'adaptation de documents multimédia, nous avons développé un prototype qui adapte automatiquement des documents multimédia SMIL (§9.3). Ce prototype est interactif et permet un contrôle de chaque étape du processus d'adaptation. Celui-ci peut être utilisé à la fois par des auteurs de documents multimédia qui souhaiteraient visualiser des adaptations possibles, et à la fois par des utilisateurs finaux qui pourraient sélectionner différentes versions de documents multimédia adaptés. Des exemples d'adaptation de documents multimédia SMIL sont également proposées pour illustrer son fonctionnement (§9.4).

9.2 Principe d'adaptation sémantique de documents SMIL

Pour adapter sémantiquement des documents multimédia SMIL avec notre approche, nous proposons dans un premier temps de définir une étape d'abstraction ①. Celle-ci capture l'essence même du document multimédia initial relativement à sa composition et produit la spécification initiale du document. Grâce à cette première étape, la spécification initiale du document peut être adaptée dans un second temps ② par notre approche d'adaptation sémantique. Enfin, dans un dernier temps ③, un document exécutable, en correspondance avec la spécification adaptée, est produit. La figure 9.1 illustre ce principe d'adaptation de document multimédia.

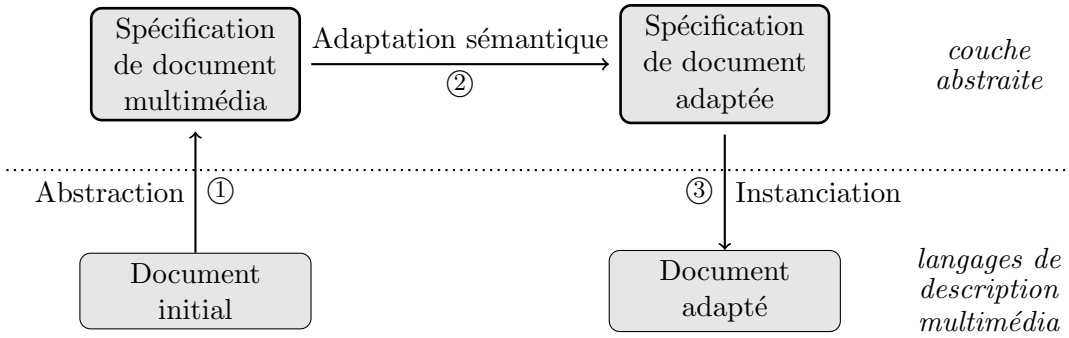


FIG. 9.1 – Principe d'adaptation sémantique de documents multimédia.

Les sections suivantes s'attachent à motiver et décrire les étapes de traduction, c'est-à-dire l'abstraction ① (§9.2.1) et l'instanciation ③ (§9.2.2).

9.2.1 Généralisation d'un document multimédia SMIL

Traduire un document multimédia SMIL vers un formalisme qualitatif n'est pas une tâche difficile. Nous proposons, dans un premier temps, d'en illustrer le principe (§9.2.1.1). Cependant, cette traduction est en générale non-injective. En effet, différentes structures de documents SMIL peuvent mener vers une spécification abstraite identique. Par conséquent, si l'on manipule uniquement l'abstraction du document, il est difficilement possible de préserver certaines parties du document initial qui satisfont les contraintes d'adaptation spécifiées dans un profil cible. Pour remédier à ce problème, une structure-SMIL est définie et permet de conserver les informations concernant la structure du document initial (§9.2.1.2).

9.2.1.1 Construction de la spécification de document multimédia

L'objectif principal de la fonction de généralisation consiste à extraire d'un document multimédia les différentes relations entre les objets multimédia ainsi que les liens hypermédia, et à les stocker dans un graphe de relations sur lequel il sera ensuite possible d'appliquer notre étape d'adaptation sémantique. Cette extraction du graphe de relations est définie par la procédure suivante :

1. Extraire tous les objets multimédia ainsi que les liens hypermédia du document SMIL et en faire un nœud dans le graphe de relations.
2. Ajouter un arc entre chaque paire de nœuds. Ces arcs seront par la suite étiquetés par un ensemble de relations.
3. Pour étiqueter les arcs par un ensemble de relations, extraire les informations des conteneurs et attributs temporels contenus dans le document SMIL, ainsi que les dispositions spatiales des régions d'affichage des objets multimédia visibles.

Une fois la spécification du document multimédia initial construite, il est possible d'affiner celle-ci en utilisant une étape de propagation de contraintes. En effet, comme nous avons pu le voir dans le chapitre précédent, l'algorithme 1 permet de supprimer les relations qui mènent vers des solutions inconsistantes, c'est-à-dire des solutions ne correspondant à aucun scénario possible.

Pour préserver des parties du document multimédia initial qui satisfont un profil cible, nous proposons dans la section suivante de définir une structure-SMIL.

9.2.1.2 Conservation de la structure d'un document SMIL

Lorsqu'un document multimédia satisfait un profil cible, l'adaptation doit fournir un document adapté identique au document multimédia initial. En effet, la transformation du document, dans ce cas, est inutile et de plus ne permettrait pas de préserver les parties du document initial. Il advient la propriété de neutralité suivante :

Propriété 6 (Neutralité) *Instanciation o Abstraction = Identité.*

Dans le cas où un document multimédia subit des transformations d'adaptation, on désire également conserver des parties du document SMIL initial qui satisfont les contraintes d'adaptation spécifiées dans un profil cible. Ceci permet notamment de ne pas appliquer des transformations d'adaptation non justifiées.

Il est important de souligner que les deux prérequis précédents sont totalement indépendants du langage source utilisé. Par conséquent, ils doivent être assurés pour n'importe quel type de langage et non uniquement le langage SMIL.

En ce qui concerne le langage SMIL, différentes structures de documents peuvent mener vers une spécification abstraite identique.

Exemple 31 *Soient les documents multimédia SMIL d_1 et d_2 avec :*

- d_1 = `<seq> <ObjetA/> <ObjetB/> </seq>`.
- d_2 = `<par> <ObjetA id="A"/> <ObjetB begin="A.end"/> </par>`.

Généraliser ces deux documents en termes de relations temporelles de Allen mène vers un résultat similaire : `ObjetA` $\{meets\}$ `ObjetB`. *En effet, dans les documents d_1 et d_2, les objets* `ObjetA` *et* `ObjetB` *sont exécutés l'un après l'autre.*

Pour satisfaire la propriété 6 de neutralité des fonctions de traduction, il est donc nécessaire, durant l'étape d'abstraction, de conserver les informations syntaxiques du document SMIL initial.

Lors de la phase d'abstraction, nous proposons de stocker la structure hiérarchique du document SMIL initial ainsi que les informations syntaxique portées par chaque nœud. Cette structure correspond exactement à la structure d'arbre du document qu'il est possible d'extraire comme dans n'importe quel document XML. Dans le cas du langage SMIL, nous nommons et définissons celle-ci comme une *structure-SMIL*. Celle-ci contient notamment les informations temporelles, spatiales et hypermédia du document.

Définition 28 (Structure-SMIL) *Une structure SMIL $T = \langle E_N, E_O, r, R, \lambda_N, \lambda_O, S\rangle$ est un septuplet avec E_N un ensemble de nœuds étiquetés par PAR, EXCL, SEQ, A (pour les liens hypermédia), E_O un ensemble de nœuds faisant référence à des objets multimédia, $r \in E_N$ un nœud racine, $R \subseteq E_N \times (E_N \cup E_O)$ un ensemble d'arcs tel que le n-uplet $\langle E_N \cup E_O, R, r\rangle$ forme un arbre, λ_N est un fonction d'étiquetage $E_N \rightarrow (\mathbb{N} \cup \{-\})^3$ associant à chaque nœud $n \in E_N$ un index temporel spécifiant son début, sa durée ou sa fin de présentation (un $-$ indique qu'aucune information n'a été donnée), λ_O est une fonction d'étiquetage $E_O \rightarrow (\mathbb{N} \cup \{-\})^3 \times (\mathbb{N})^5$ associant à chaque nœud $n \in E_O$ un index temporel et spatial (ce dernier spécifie ses coordonnées d'origine, sa hauteur, sa largeur ainsi que sa profondeur), et $S \subset (E_N \cup E_O)^2$ un ordre total sur les nœuds.*

La figure 9.2 illustre une telle structure-SMIL. Les objets multimédia correspondent aux feuilles de cette structure. On remarque notamment que la `Vidéo 1` est exécutée pendant 60 secondes et dispose d'informations spatiales car il s'agit d'un objet multimédia visible.

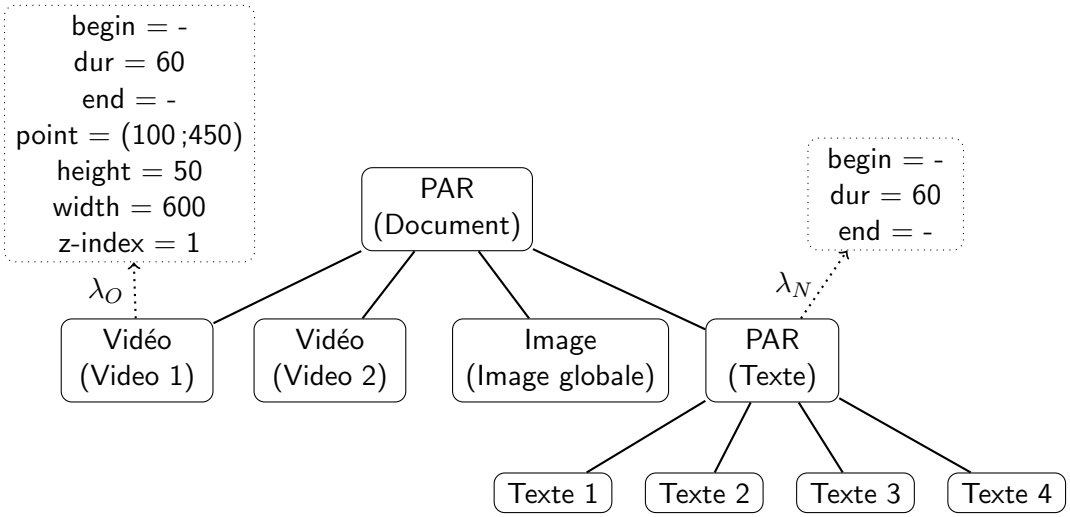


FIG. 9.2 – Une structure-SMIL.

La fonction d'instanciation peut dorénavant utiliser cette structure-SMIL pour engendrer un document multimédia, et notamment satisfaire la propriété 6 de neutralité. Cependant, cette structure n'est pas prise en compte par notre approche d'adaptation sémantique de documents multimédia. En effet, l'adaptation considère uniquement une spécification de documents multimédia.

Pour conserver notre approche d'adaptation, nous proposons dans la section suivante de la transformer pour correspondre à la spécification du document adaptée.

9.2.2 Instanciation d'un document multimédia SMIL

Pour conserver des parties d'un document SMIL qui satisfont un profil cible, nous avons introduit une structure-SMIL. Or, l'adaptation sémantique considère uniquement une spécification de document multimédia. Comme l'illustre la figure 9.3, pour préserver notre approche et engendrer un document SMIL adapté, nous proposons de transformer la structure-SMIL pour la rendre cohérente avec la sémantique de la spécification adaptée si cela est nécessaire (§9.2.2.1). L'étape d'instanciation utilisera ensuite cette structure-SMIL adaptée pour produire un document SMIL adapté (§9.2.2.2).

9.2.2.1 Cohérence entre spécification et structure-SMIL

L'étape d'instanciation d'un document multimédia SMIL nécessite une structure-SMIL cohérente avec la spécification de document multimédia adaptée. En effet, si l'adaptation sémantique transforme uniquement une spécification et que la phase d'instanciation utilise uniquement la structure-SMIL non affecté par l'adaptation, des documents SMIL illégaux pourraient être engendrés. L'étape d'adaptation introduit donc des incohérences entre spécification et structure-SMIL qu'il est nécessaire de résoudre pour engendrer des documents SMIL valides.

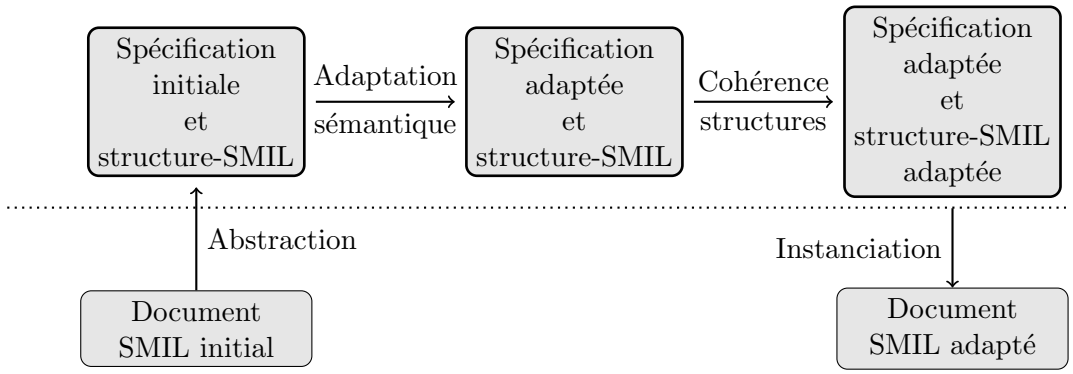


FIG. 9.3 – Principe d'adaptation sémantique de documents multimédia SMIL.

Les incohérences entre spécification et structure-SMIL peuvent se situer à deux niveaux : entre relations qualitatives et conteneurs temporels ou entre relations qualitatives et index.

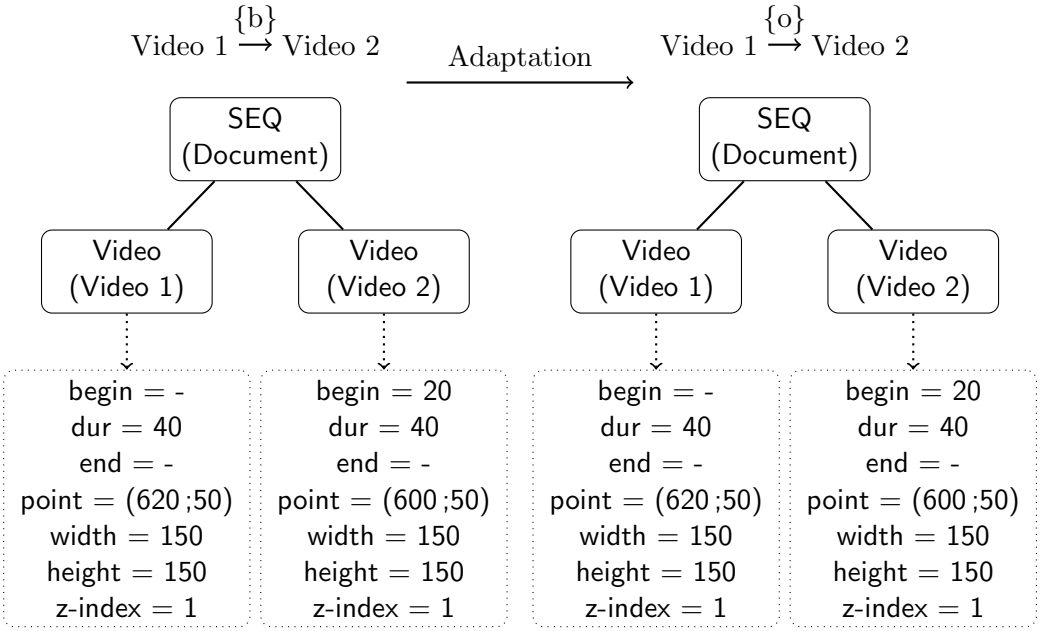
Exemple 32 *La figure 9.4 illustre les deux types d'incohérences possibles :*

La figure 9.4(a) présente une incohérence entre une relation temporelle de la spécification adaptée et un conteneur temporel de la structure-SMIL. Initialement, deux vidéos sont exécutées en séquence. La relation temporelle de Allen entre ces deux objets multimédia est before *(b). L'adaptation produit une spécification adaptée dans laquelle la relation entre les deux vidéos a été transformée en relation* overlaps *(o). Or, la structure-SMIL, quant à elle, n'a subi aucune transformation et celle-ci spécifie toujours que les vidéos sont exécutées en séquence par le conteneur temporel* `SEQ`.

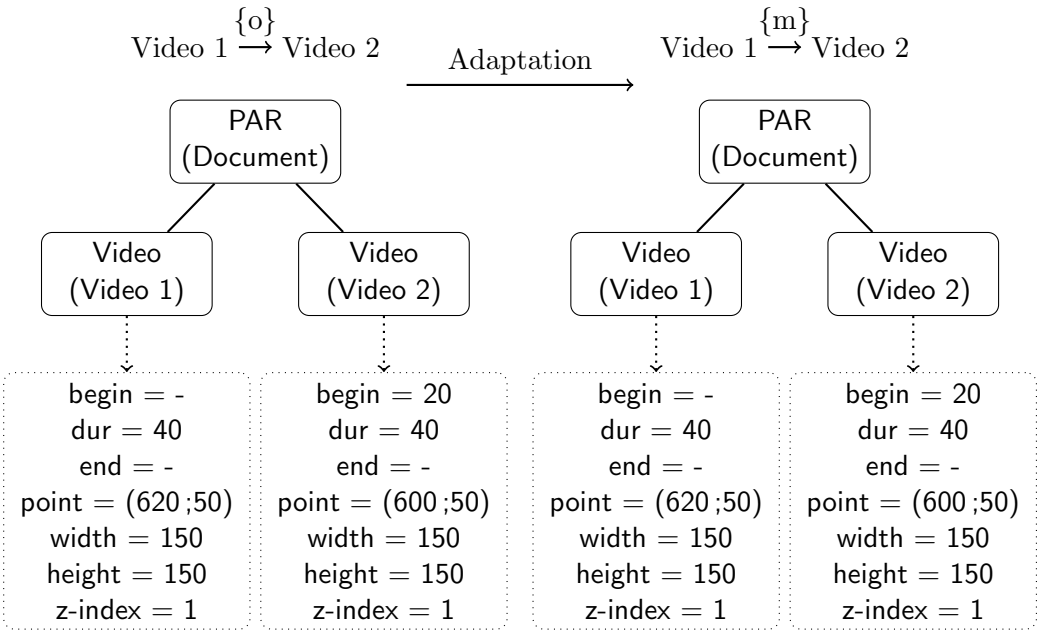
La figure 9.4(b) présente une incohérence entre une relation temporelle de la spécification adaptée et un index de la structure-SMIL. Dans la spécification adaptée, la relation meets *(m) entre les objets multimédia* `Vidéo 1` *et* `Vidéo 2`*, qui contraint le début de* `Vidéo 2` *à être égal à la fin de* `Vidéo 1`*, est en contradiction avec l'attribut* `begin` *de la structure-SMIL associé à la* `Vidéo 2`*. En effet, ce dernier indique que le début de la* `Vidéo 2` *est avant la fin de la* `Vidéo 1`.

Pour résoudre ces incohérences, nous proposons de calculer, à partir de la spécification adaptée, une solution quantitative correspondante. Plus précisément, pour chaque objet du document on calcule ses valeurs d'exécution de début, de durée, de fin ainsi que ses valeurs de placement si cet objet est visible.

Pour ce faire, nous utilisons le solveur Cassowary [5]. Celui-ci contient des outils qui permettent de résoudre des contraintes en ajoutant et supprimant dynamiquement des variables et en mettant à jour la solution automatiquement. Ce solveur satisfait également une fonction objective, c'est-à-dire une expression linéaire en fonction des variables données que le solveur doit minimiser (ou maximiser) pour atteindre une solution optimale. Nous utilisons cette fonction pour réduire l'écart entre les valeurs quantitatives initiales et les valeurs possibles qui satisfont les contraintes d'adaptation.



(a) Une incohérence possible entre relation et conteneur temporel.



(b) Une incohérence possible entre relation et index.

FIG. 9.4 – Incohérences possibles entre relation et structure SMIL.

Une fois les valeurs quantitatives calculées pour chaque objet du document, on propage celles-ci dans la structure-SMIL en utilisant une approche de bas en haut (bottom-up) en deux temps illustrée ci-après :

Transformation des conteneurs temporels :
- Supprimer les conteneurs n'ayant aucun fils.
- La sémantique du conteneur doit correspondre à la synchronisation de ses fils. Par exemple, si le conteneur est séquentiel tous les éléments fils doivent être joués en séquence.

Transformation des index :
- Supprimer les index qui ne correspondent à aucun élément de la structure-SMIL.
- La sémantique de l'index doit correspondre aux valeurs quantitatives calculées avec le solveur à la fois concernant la synchronisation temporelle de l'objet et son placement spatial s'il y a lieu. De plus, les valeurs des index doivent prendre en compte l'aspect relatif des données. Par exemple, l'attribut `begin` d'un élément fait référence à son conteneur parent et non au début de la présentation.

Ces transformations permettent donc de disposer d'une structure-SMIL adaptée en cohérence avec la spécification adaptée de document multimédia. De plus, ces transformations permettent de préserver certaines parties du document multimédia initial qui satisfont un profil cible.

Dans la section suivante, nous montrons comment engendrer un document SMIL adapté à partir d'une structure-SMIL.

9.2.2.2 Génération du document adapté

Une fois la structure-SMIL adaptée, il est aisé d'engendrer un document SMIL adapté. Le corps du document SMIL correspondra à la structure-SMIL. Pour le construire, un simple parcours de l'arbre de la structure-SMIL permettra d'engendrer un nouveau corps de document SMIL.

En ce qui concerne les régions d'affichage, nous avons vu dans le chapitre 7 qu'une nette séparation était réalisée dans le langage SMIL entre informations temporelles et spatiales. Cependant, avec les placements quantitatifs calculés pour chaque objet du document, il est possible de restaurer la structure spatiale d'un en-tête de document SMIL. Cette opération est réalisé par la procédure suivante :

- Supprimer les régions ne correspondant à aucun objet.
- Si une région n'est plus contenue dans une autre région alors les séparer dans la structure spatiale du document SMIL.
- Si une même région est référencée par deux objets ayant des index spatiaux différents, dupliquer la région et modifier les valeurs des régions en conséquence.

La section suivante présente un prototype adaptant des documents multimédia SMIL et utilisant ces fonctions de traduction.

9.3 Présentation du prototype

Nous avons développé en Java[1] un prototype permettant d'adapter sémantiquement des documents multimédia spécifiés avec le langage SMIL. Ce prototype se base sur l'architecture présentée dans la figure 9.5. À gauche de cette figure, les données spécifiées à l'aide de langages standards sont présentées. À droite de cette même figure, nous illustrons les différentes structures de données manipulées (cadres pleins) ainsi que les diverses processus manipulant ces données (cadres en pointillé).

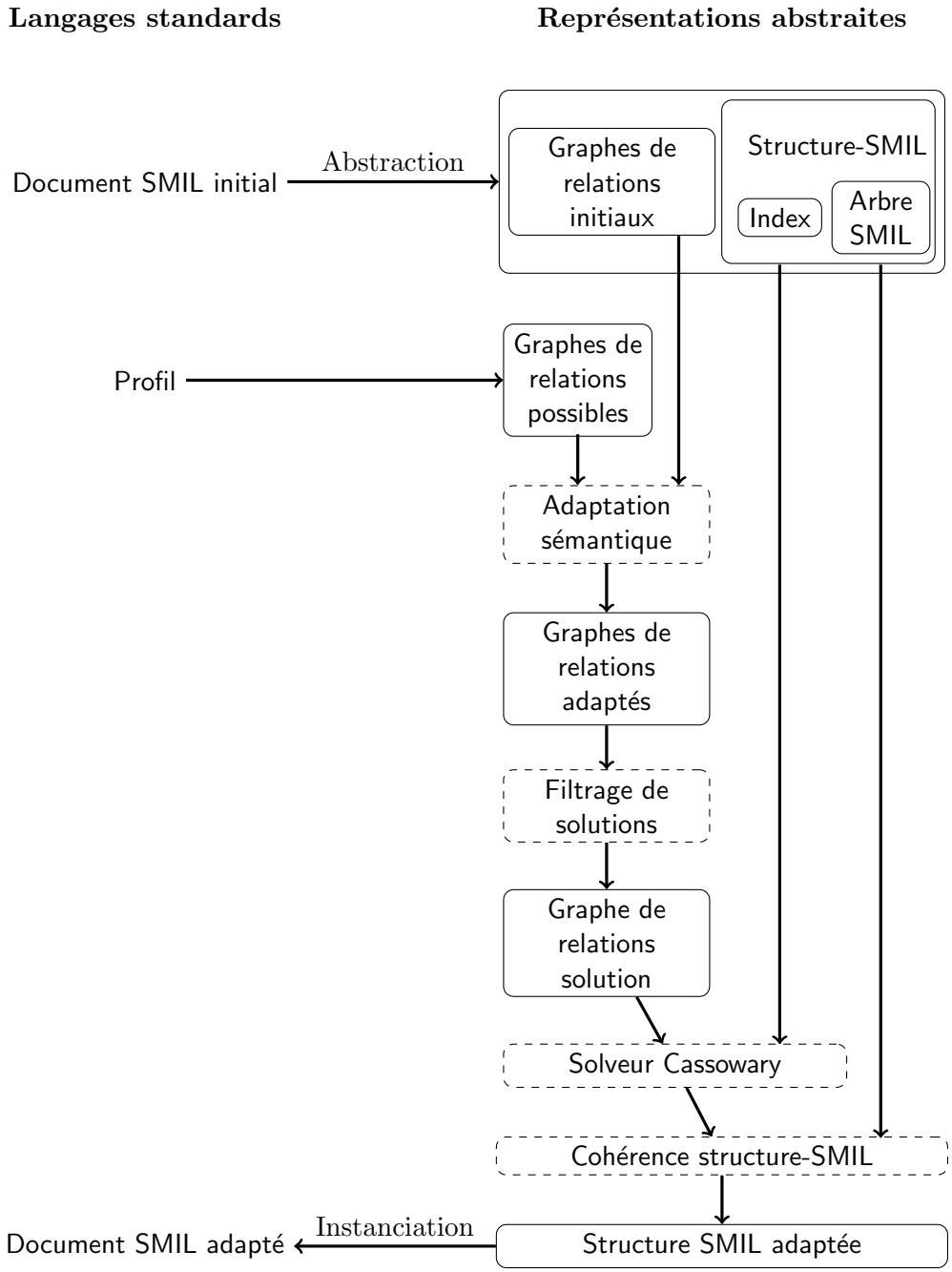


FIG. 9.5 – Architecture détaillée du prototype.

[1] http://java.sun.com

Notre prototype comporte plusieurs modules :

- **Un éditeur de documents multimédia SMIL :** Cet éditeur permet de spécifier les différents éléments d'un document SMIL et d'exécuter le document final sur le lecteur multimédia Real Player. Des macros ont été ajoutées à cet éditeur pour permettre à l'auteur du document d'insérer rapidement des ensembles d'éléments du langage SMIL. Par exemple, l'auteur peut créer un document SMIL initial comportant les balises nécessaires à son exécution. Pour cela, le système demande seulement le titre du document ainsi que la taille de la zone d'affichage. Enfin, lorsque le document multimédia SMIL est enregistré une fonction de l'éditeur permet d'analyser son contenu pour vérifier que celui-ci respecte la syntaxe du langage SMIL. D'autres types d'éditeurs de documents SMIL pourraient bien évidemment être utilisés, comme par exemple l'éditeur LimSee 2[2].
- **Un module de généralisation :** Ce module permet d'engendrer les graphes de relations initiaux. Les dimensions principales de documents multimédia, c'est-à-dire temporelle, spatiale et hypermédia, sont extraites du document. Il est possible de généraliser l'ensemble des dimensions de manière indépendante ou inter-dimensionnelle.
- **Un module d'adaptation :** C'est le cœur de notre système. L'adaptation peut être effectuée au niveau de chaque dimension ou de manière inter-dimensionnelle. Il est possible de spécifier à ce module un ensemble de contraintes liés à une plate-forme cible. Puis, un ensemble de solutions d'adaptation peut être proposé. Après sélection d'une solution d'adaptation particulière, un document multimédia SMIL adapté est produit.
- **Des vues :** De nombreuses vues sont proposées pour permettre à l'utilisateur de voir graphiquement l'état du système lors de chaque étape de transformation du document. L'auteur peut notamment visualiser graphiquement l'organisation temporelle de son document (la *timeline* du document), l'organisation spatiale, les différents graphes de relations... À l'aide de ces différentes vues, l'auteur peut également modifier leur contenu, par exemple en interagissant sur la vue spatiale l'utilisateur peut modifier l'organisation spatiale du document sans passer par l'éditeur.

La figure 9.6 présente une copie d'écran de notre prototype après généralisation temporelle du document contenu dans l'éditeur. La fenêtre *Gestion Document Multimédia* correspond à l'éditeur de documents multimédia SMIL. La fenêtre *SMIL Structure* correspond à une vue de la structure SMIL en arbre du document. La fenêtre *Generalise Temps* correspond à une vue du graphe de relations temporelles de Allen du document. La fenêtre *Visionnage Temporel* correspond à une vue de l'organisation temporelle du document.

La section suivante présente le fonctionnement de ce système d'adaptation.

[2] `http://wam.inrialpes.fr/software/limsee2/`

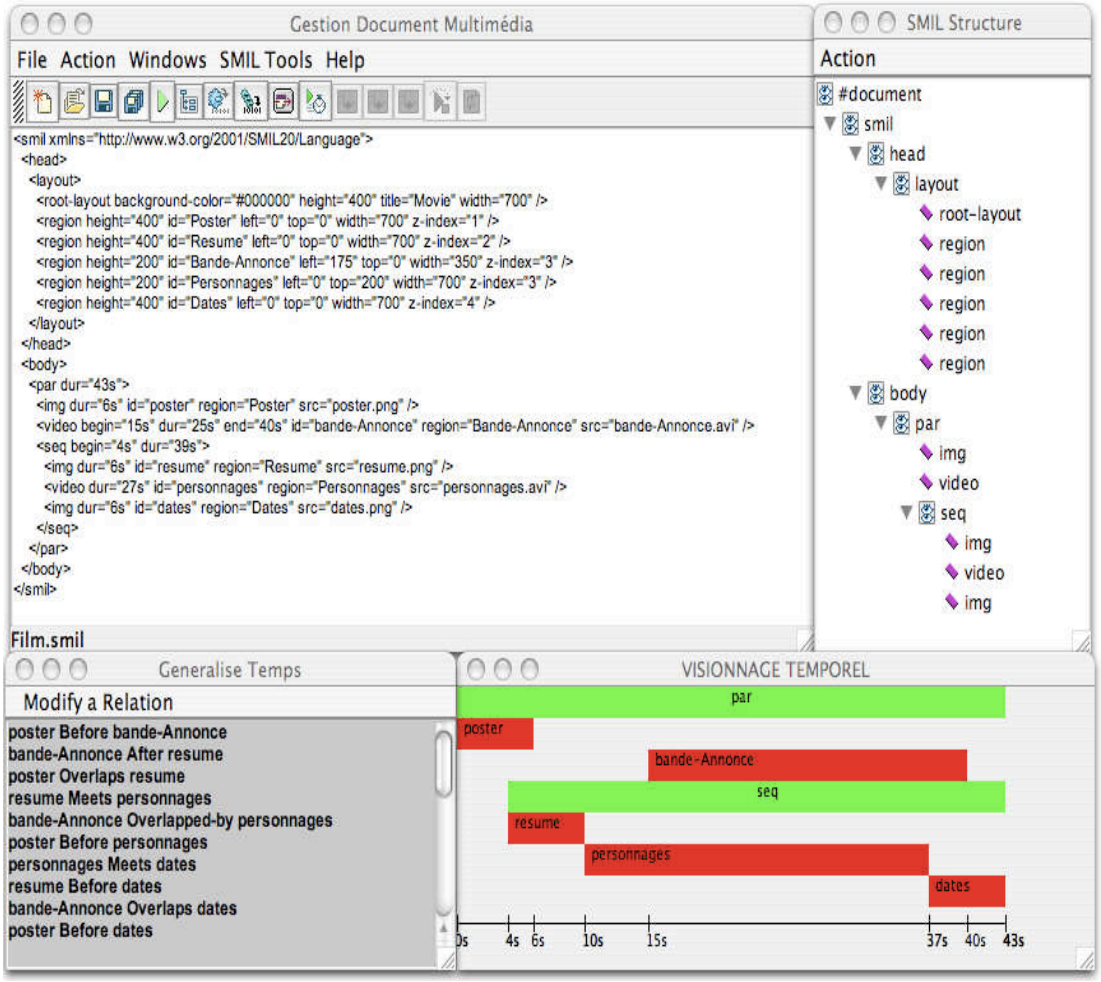


FIG. 9.6 – Vue globale du prototype après généralisation temporelle.

9.4 Exemples de cas d'adaptation

Pour illustrer le fonctionnement de notre prototype d'adaptation de documents SMIL, trois cas d'adaptation sont présentés : temporel (§9.4.1), spatial (§9.4.2) et spatio-temporel (§9.4.3).

9.4.1 Un exemple d'adaptation temporel

Nous souhaitons adapter la dimension temporelle d'un document multimédia SMIL. Après chaque étape d'abstraction du document, l'utilisateur a la possibilité d'adapter la spécification correspondante. La figure 9.7 présente l'état du système lorsque l'utilisateur demande une adaptation de la dimension temporelle. Dans ce mode de spécification de contraintes liées au profil d'une plate-forme cible, on demande à l'utilisateur l'ensemble des relations temporelles qu'il ne souhaite pas dans le document final. Les relations choisies ne seront donc pas présentes dans le graphe de relations adaptées.

Dans notre exemple, l'utilisateur a souhaité qu'aucun objet multimédia ne soit exécuté simultanément à un autre. C'est pourquoi, toutes les relations temporelles de Allen spécifiant du parallélisme (c'est-à-dire, *Overlaps*, *Starts*, *Finishes*, *During*, *Equals*, *Overlapped-by*, *Started-by*, *Finished-by*, *Contains*) ont été sélectionnées. Bien évidemment, les autres relations de Allen conservées, qui sont les relations *Before*, *Meets*, *After*, *Met-by* sont des relations temporelles de séquentialité.

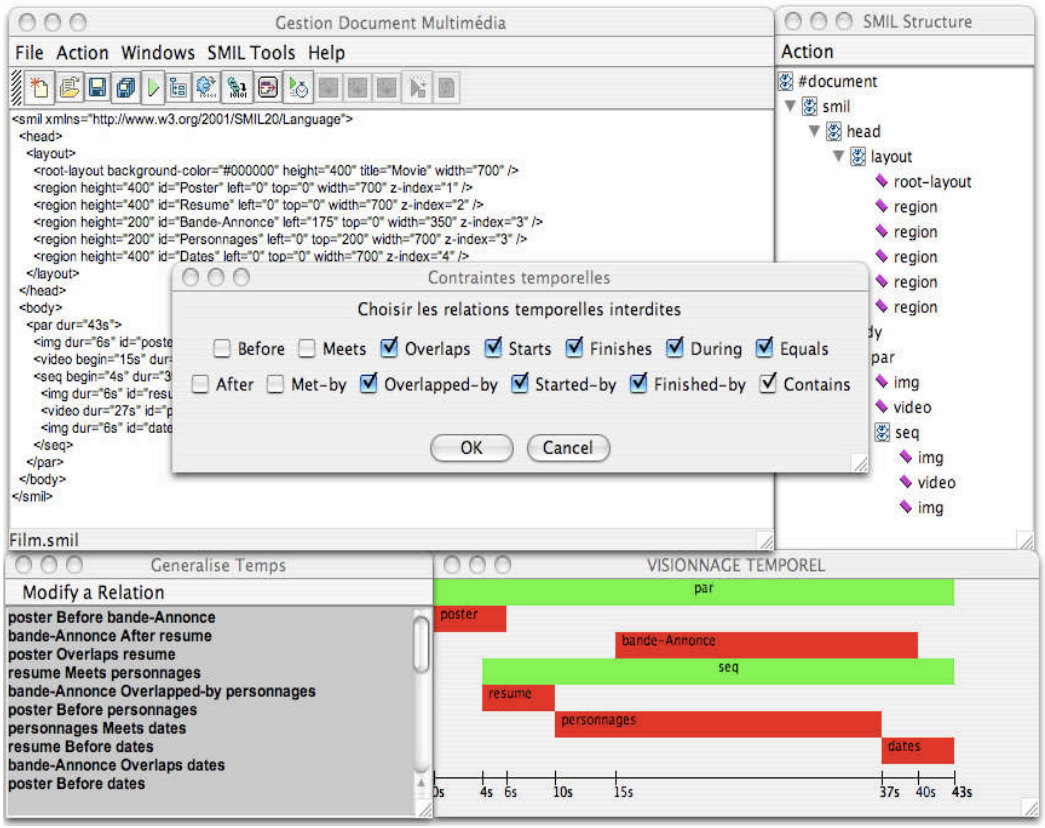


FIG. 9.7 – Spécification de contraintes d'adaptation temporelles.

Une fois l'ensemble de contraintes d'adaptation défini, le système calcule une solution d'adaptation et instancie un document SMIL adapté. La figure 9.8 présente l'état du système après adaptation du document de la figure 9.7.

Dans un premier temps, on peut remarquer que le document produit par le système satisfait les contraintes d'adaptation. En effet, aucun objet multimédia n'est exécuté simultanément avec un autre objet multimédia.

Dans un deuxième temps, le document adapté est proche du document multimédia initial. L'enchaînement temporel des objets multimédia du document est conservé dans le même ordre que celui du document initial. Ceci est dû à la propriété de proximité de notre approche d'adaptation sémantique entre spécifications initiale et adaptée.

Enfin, nous avons fait le choix de ne pas engendrer un nouveau document SMIL mais plutôt de prendre en compte la structure du document SMIL initial et de préserver les parties satisfaisant le profil cible. C'est pourquoi, les deux balises `par` et `seq` du document initial n'ont pas été modifiées. En effet, pour la balise `par`, même si les objets multimédia de cette balise ne sont plus joués en parallèle, nous la conservons pour être proche de la syntaxe initiale. En ce qui concerne, la balise `seq`, même si l'objet multimédia *Dates* a été décalé dans le temps, celui-ci est toujours, même après adaptation, joué en séquence avec les objets multimédia *Resumé* et *Personnages*.

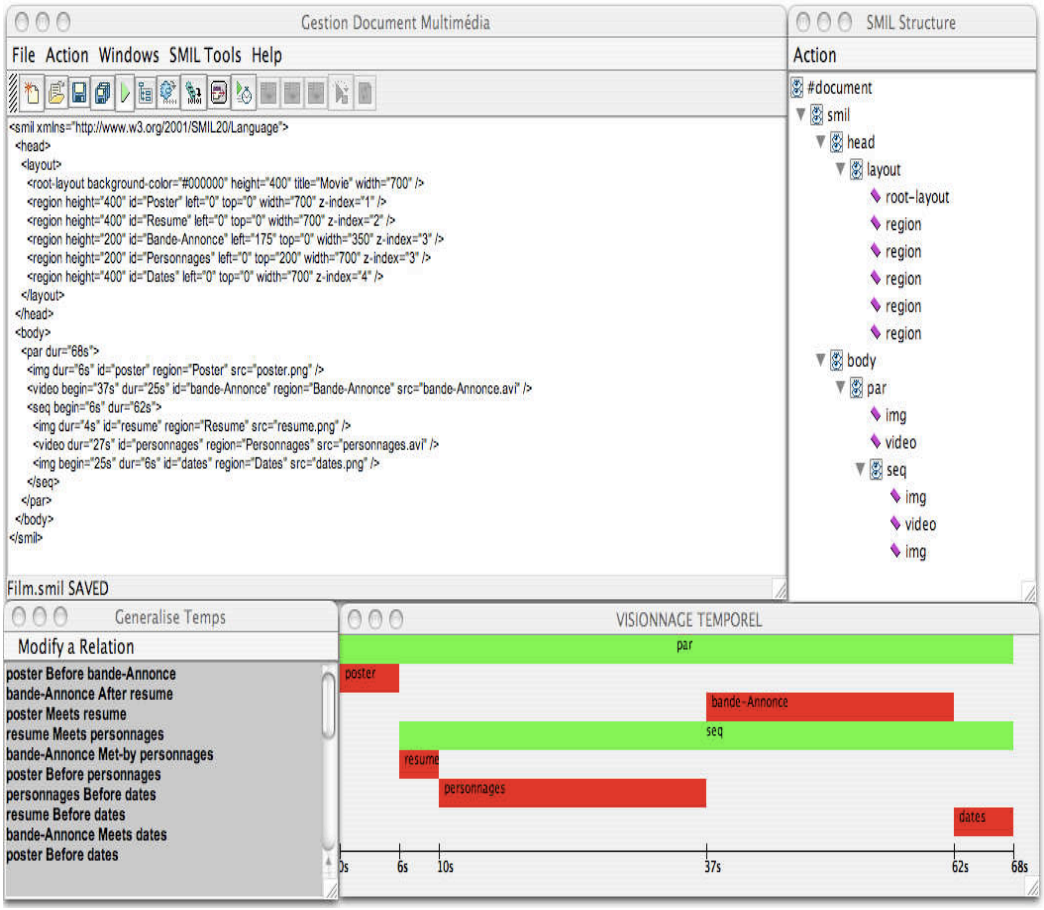


FIG. 9.8 – Vue globale du prototype après adaptation temporelle.

9.4.2 Un exemple d'adaptation spatiale

Dans ce deuxième exemple d'adaptation, nous souhaitons montrer que l'adaptation peut produire un ensemble de solutions.

Pour cela, considérons comme document multimédia SMIL initial l'exemple illustré dans la figure 9.9(a). Nous montrons également dans la figure 9.9(b) une partie de la syntaxe SMIL qui spécifie la disposition des régions d'affichage du document ainsi qu'une vue spatiale fournie par le prototype.

Notre prototype va ensuite généraliser ce document multimédia SMIL. La figure 9.10 présente l'état du système après extraction de la dimension spatiale du document. Comme le montre cette figure, plusieurs représentations spatiales peuvent être manipulées par le système : la représentation spatiale directionnelle (cf., chapitre 4), la représentation spatiale topologique RCC-8 (cf., chapitre 4) et notre représentation spatiale ABLR (cf., chapitre 6) qui assure un compromis entre expressivité et nombre de relations spatiales.

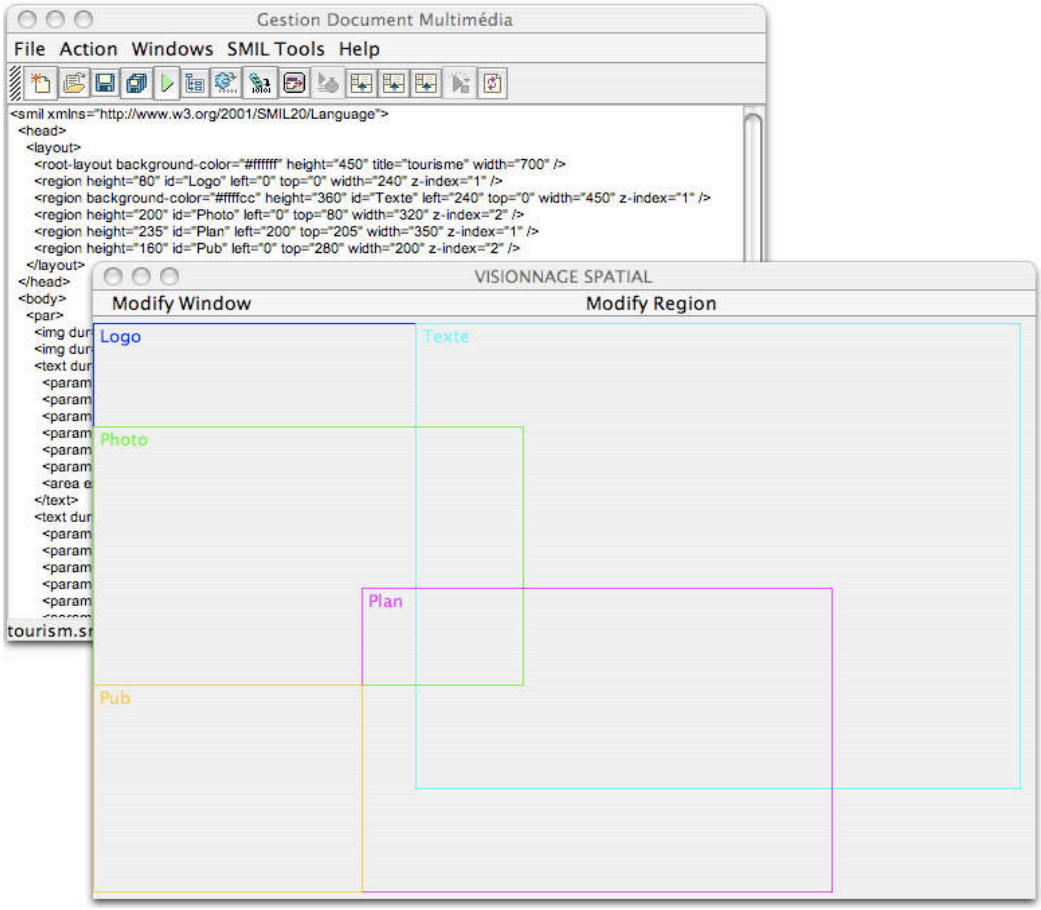
Ensuite, nous indiquons au système des contraintes d'adaptation. Dans un premier temps, nous indiquons que les publicités sont des objets multimédia à supprimer. Ensuite, dans un second temps, nous indiquons au système que certaines relations spatiales sont interdites. La figure 9.11 montre qu'outre le mode de sélection de relations interdites (c'est-à-dire, le mode *Expert* car il suppose la connaissance des représentations spatiales) que nous avons pu utiliser également dans la figure 9.7, un second mode (c'est-à-dire, le mode *Standard*) permet de spécifier des contraintes d'adaptation plus générales. Ici, nous avons défini dans ce mode une contrainte de non-chevauchement d'objet multimédia visibles.

Une fois l'ensemble de contraintes défini, le système calcule un ensemble de solutions d'adaptation proches du document initial qui satisfont le profil cible. Dans notre cas, plusieurs solutions d'adaptation sont possibles. La figure 9.12(a) présente les 6 solutions possibles en utilisant la représentation spatiale directionnelle vue dans le chapitre 4.

Pour pouvoir engendrer un document adapté, l'utilisateur doit choisir une de ces solutions d'adaptation. Nous avons choisi de ne pas l'automatiser pour rendre notre prototype plus contrôlable et interactif. Ce processus de sélection peut bien évidemment être automatisé. Dans un cas réel d'adaptation de documents multimédia ceci devra notamment être impératif car l'utilisateur final ne connaît pas le document multimédia initial, ni les représentations qualitatives. Ce que l'utilisateur final souhaite est seulement de pouvoir visualiser le document. Par contre, disposer en cache des solutions d'adaptation alternatives peut s'avérer utile si l'utilisateur souhaite une autre version ou une présentation différente du document.

Dans notre cas, nous avons choisi de sélectionner la solution numéro 4. La figure 9.12(b) illustre le graphe de relations adapté correspondant à cette solution d'adaptation.

(a) Exécution d'un document multimédia SMIL avec Real Player.



(b) Vue de l'organisation spatiale fournie par le prototype.

FIG. 9.9 – Une publicité d'agence de voyage.

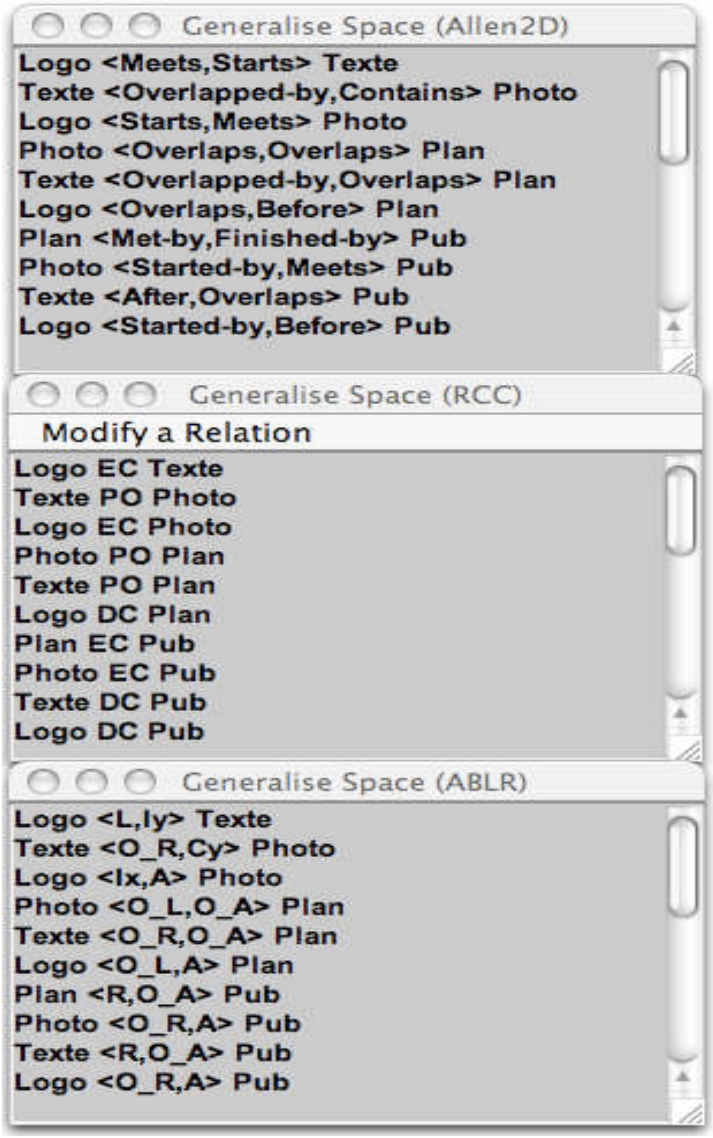


FIG. 9.10 – Vue globale du prototype après généralisation spatiale.

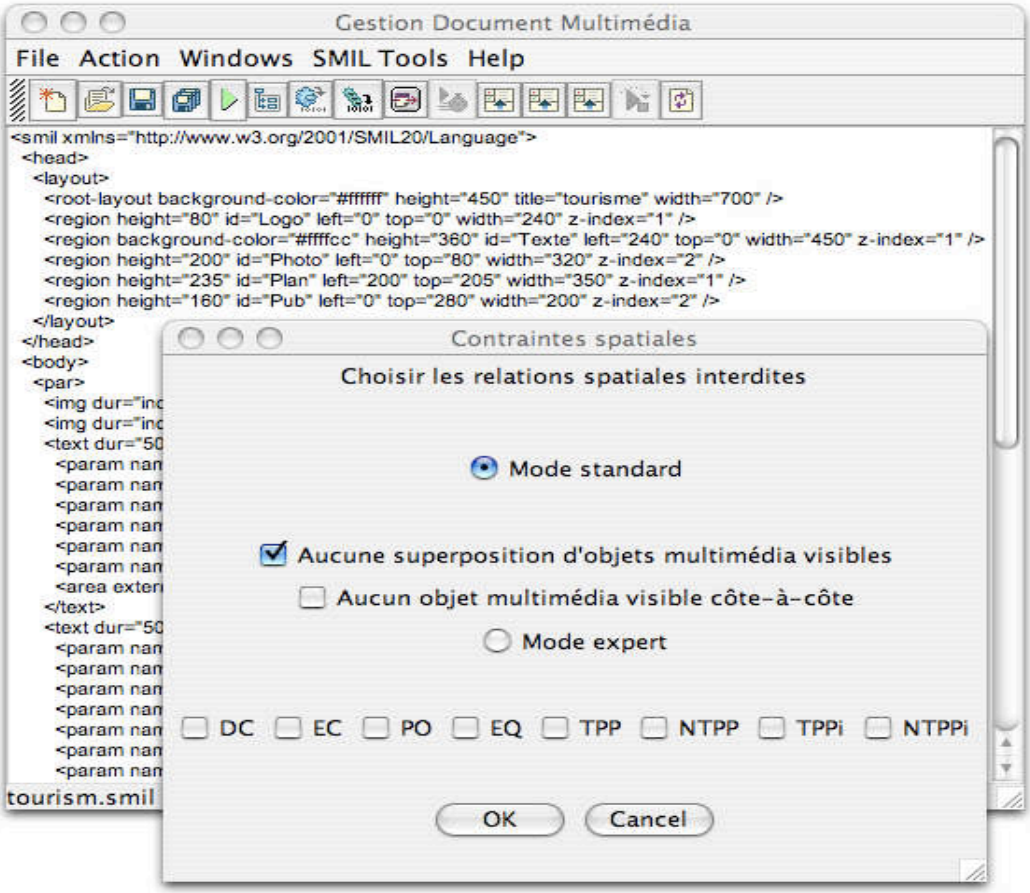
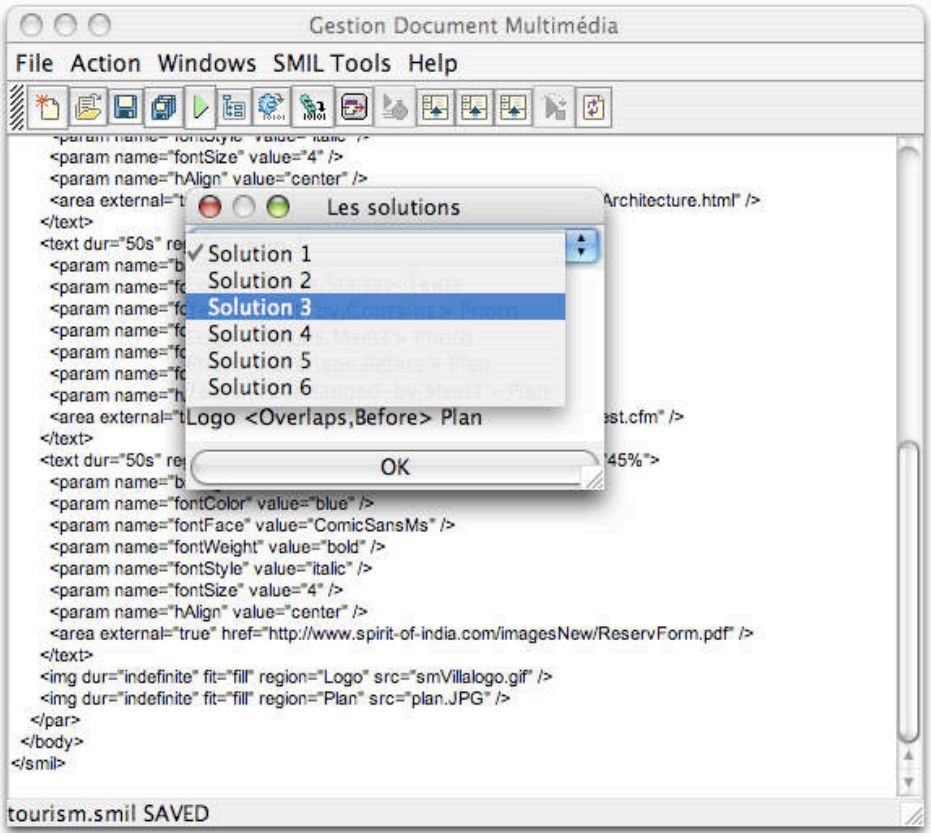
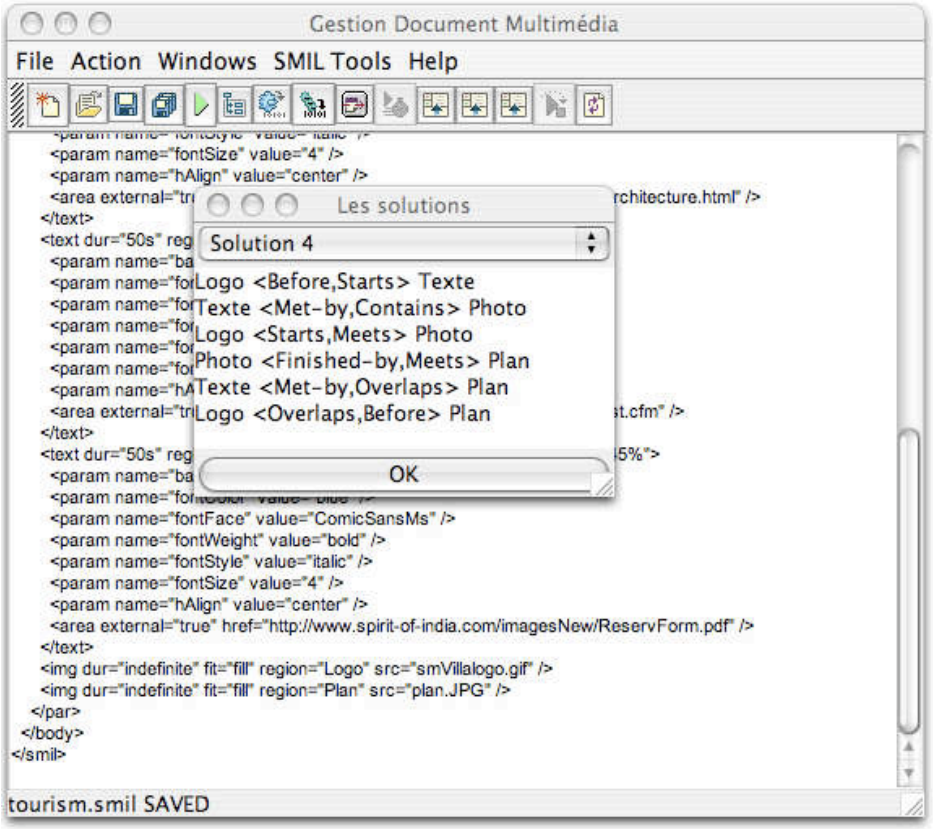


FIG. 9.11 – Vue globale du prototype lors de la spécification de contraintes d'adaptation spatiales.

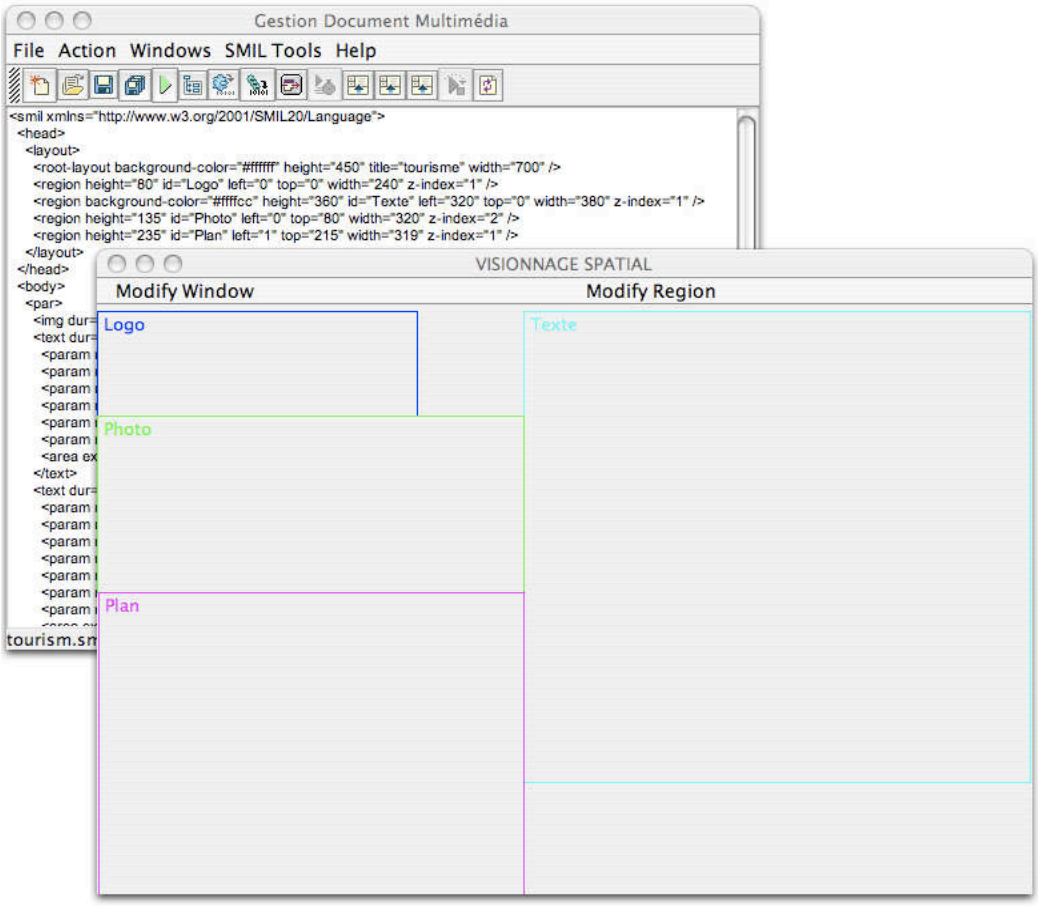


(a) Présentation des solutions d'adaptation possibles.



(b) Sélection de la solution d'adaptation numéro 4..

FIG. 9.12 – Filtrage de solutions d'adaptation.



(a) Vue de l'organisation spatiale adaptée fournie par le prototype.

(b) Exécution du document multimédia SMIL engendré avec Real Player.

FIG. 9.13 – Une publicité d'agence de voyage adaptée.

Un document SMIL adapté est ensuite engendré satisfaisant les nouvelles relations qualitatives entre objets multimédia. La figure 9.13(a) présente la nouvelle organisation spatiale du document multimédia.

Nous exécutons ce document SMIL adapté dans le lecteur multimédia Real Player. La figure 9.13(b) présente un copie d'écran de l'exécution de la présentation multimédia.

9.4.3 Un exemple d'adaptation spatio-temporelle

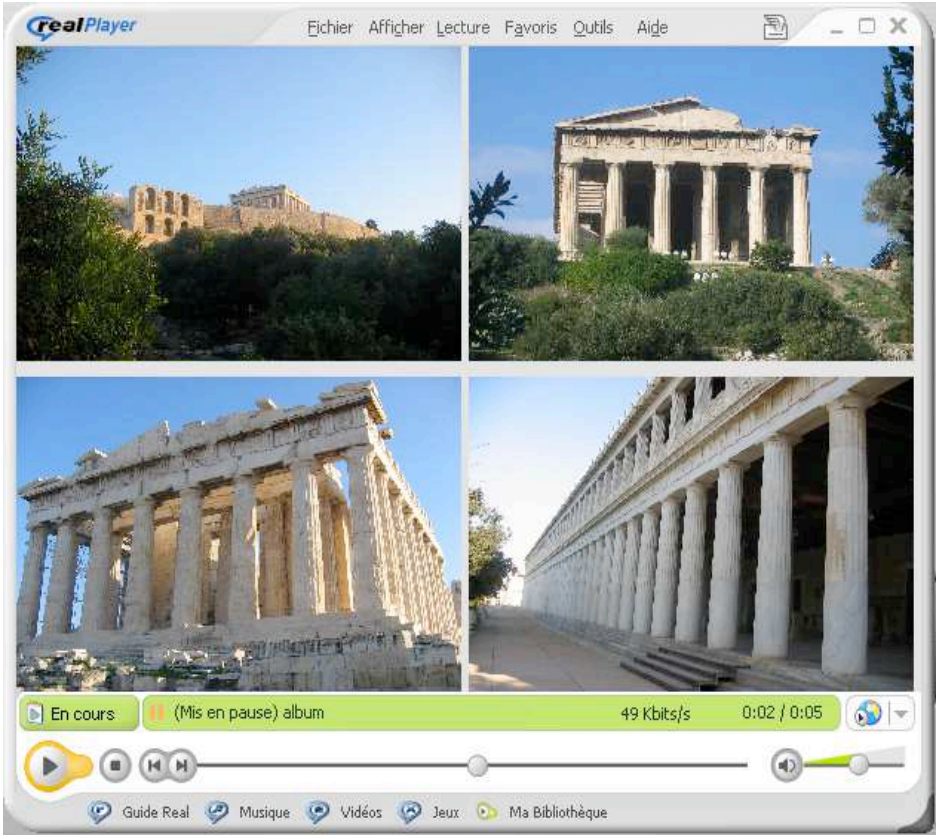
Nous souhaitons dans ce dernier cas d'illustration reprendre l'exemple de document multimédia motivant cette thèse et présenté lors de l'introduction de ce manuscrit (cf., figure 1.1). Nous illustrons ce document multimédia dans la figure 9.15(a).

Nous avons exécuté ce document sur un assistant personnel, à l'aide du lecteur Ambulant. La figure 9.14 montre qu'une adaptation est nécessaire pour visualiser correctement le document multimédia original car toutes les images ne sont pas présentées.

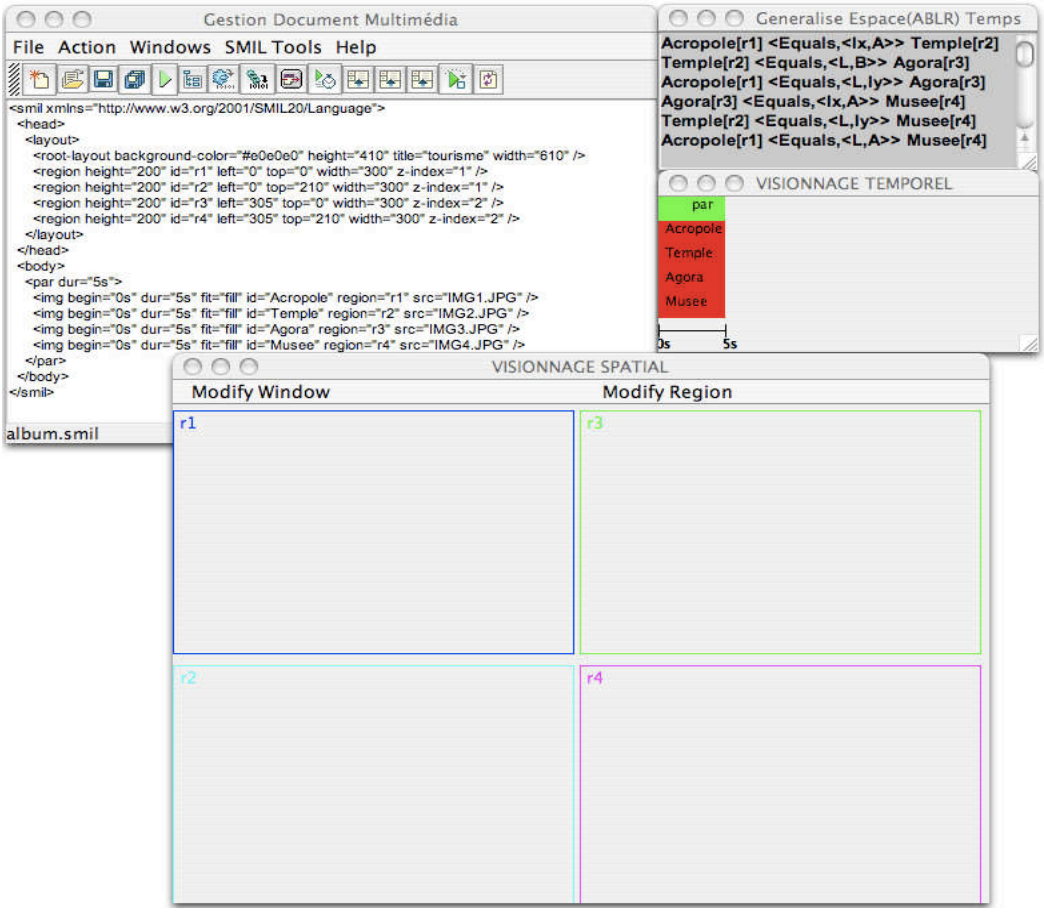
FIG. 9.14 – Le document multimédia initial exécuté sur un assistant personnel sans étape d'adaptation.

Le document multimédia SMIL est donc intégré dans notre prototype et par la suite généralisé en extrayant sa dimension spatio-temporelle (cf., figure 9.15(b)).

Pour que le document multimédia initial s'exécute correctement sur notre assistant personnel, le profil de celui-ci indique que deux objets multimédia visibles ne peuvent être côte à côte (à cause de l'espace d'affichage réduit) ou se superposer au même instant. Nous spécifions cette contrainte d'adaptation au système pour que celui-ci calcule les solutions d'adaptation possibles proches du document initial.



(a) Exécution du document multimédia SMIL initial avec Real Player.



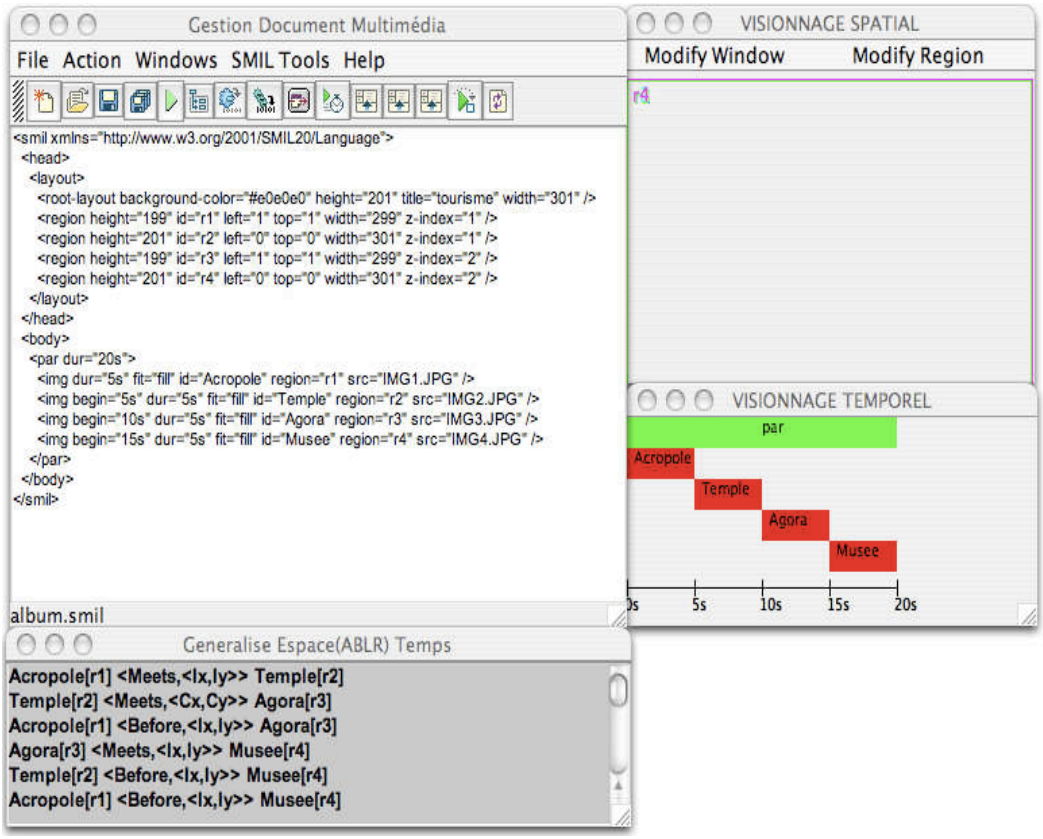
(b) Vues de la composition initiale fourni par le prototype.

FIG. 9.15 – Le document multimédia SMIL initial.

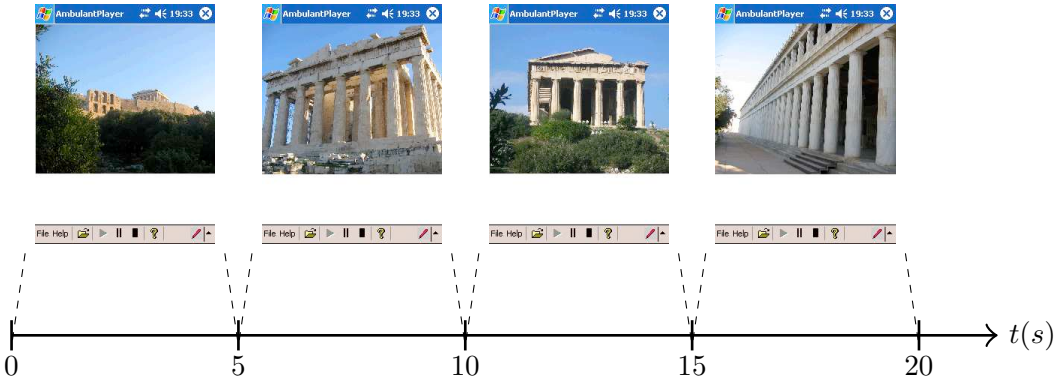
Nous constatons que de nombreuses solutions d'adaptation sont envisageables. En effet, le système propose 48 solutions. Ce nombre élevé de solutions d'adaptation est dû à la symétrie de certaines solutions d'adaptation. En effet, les objets multimédia ayant des instants de début et de fin communs, leur mise en séquence peut être réalisé en transformant les relations temporelles de Allen *equals* en relation *meets* ou *met-by* (car $\delta(e, m) = \delta(e, mi)$). Ce qui produit de nombreuses combinaison possibles satisfaisant le profil considéré.

Un raffinement des contraintes d'adaptation ou de la description du document (en utilisant, par exemple, des annotations fonctionnelles) permet notamment de filtrer cet ensemble de solutions.

La figure 9.16(a) présente une solution d'adaptation. Son exécution sur notre assistant personnel est exécutée dans la figure 9.16(b). Cette fois-ci l'utilisateur peut voir chaque image contrairement au document non-adapté illustré dans la figure 9.14.



(a) Vues de la composition adaptée fournit par le prototype.



(b) Exécution du document multimédia SMIL sur PDA.

FIG. 9.16 – Le document multimédia SMIL adapté.

9.5 Conclusion

Nous avons développé un système interactif adaptant des documents multimédia SMIL implantant l'ensemble des techniques décrites dans ce manuscrit. Ce système peut bien évidemment être automatisé complètement via un service d'adaptation. De plus, il peut être étendu pour adapter d'autres types de langages de description de documents multimédia.

En effet, l'architecture de notre prototype ne se limite pas aux seuls documents multimédia SMIL mais peut être appliquée à d'autres types de documents comme par exemple des documents SVG, des pages HTML... Il n'est alors besoin que de réécrire les fonctions d'abstraction et d'instanciation.

Chapitre 10

Conclusion et perspectives

10.1 Bilan de la recherche

À l'heure où les documents multimédia sont de plus en plus présents sur l'internet et où les contextes d'exécution sont de plus en plus hétérogènes, il est nécessaire de proposer des solutions d'adaptation qui prennent automatiquement en considération les contraintes d'environnement telles que les contraintes sur la composition des documents.

Nous avons proposé une approche sémantique qui permet d'adapter des documents multimédia. Cette approche s'abstrait des formats de descriptions de documents multimédia en capturant l'essence même de la composition, c'est-à-dire en identifiant les relations qualitatives entre les objets multimédia du document. Ces relations peuvent être de nature temporelle, spatiale, hypermédia et inter-dimensionelle. Lorsque certaines de ces relations sont interdites par le profil d'une plate-forme cible, l'adaptation transforme celles-ci par d'autres relations qui le satisfont et qui sont proches de celles du document multimédia initial. Cette notion de proximité entre document multimédia initial et document adapté n'a jamais été abordée auparavant en dehors des travaux illustrés dans [36] que nous avons étendus.

Nous avons montré que notre approche d'adaptation sémantique peut manipuler de nombreuses représentations abstraites qualitatives. De plus, nous avons mis en évidence que les distances conceptuelles entre relations ne sont pas uniques et dépendent entre autre des déformations qu'il est possible d'effectuer sur les objets multimédia. Enfin, nous avons signalé qu'un document via ses annotations peut disposer de multiples exécutions potentielles que notre adaptation peut prendre en considération.

Nous avons appliqué cette approche d'adaptation sémantique à des formats de description standard défini par le W3C. Notamment, CC/PP offrant un cadre d'expression de contraintes sur la composition des documents et SMIL, un langage de description de documents multimédia. Un prototype interactif a été développé dans ce contexte pour valider le cadre théorique de notre approche sémantique d'adaptation.

10.2 Perspectives

En plus de la consolidation des propositions faites dans ce manuscrit, ce travail peut se poursuivre dans plusieurs directions à la fois théoriques et techniques.

Distance entre relations

Une piste d'exploration possible est l'utilisation d'autres distances de voisinage entre relations que celle basée sur les voisinages conceptuelles. En effet, on peut bien évidemment envisager d'utiliser d'autres structures de voisinage que celles basées sur les déformations continues entre objets manipulés.

Treillis de concepts Les relations qualitatives entre objets multimédia peuvent être structurées et hiérarchisées à travers un formalisme appelé *treillis de Galois* [44] (ou treillis de concepts). En guise d'exemples, différents treillis de Galois ont été illustrés pour la représentation spatiale topologique dans [10]. À l'aide de ces treillis, il est possible de calculer une distance entre relations en utilisant la distance du plus court chemin dans le treillis. Bien évidemment, il reste à évaluer si cette nouvelle distance de voisinage basée sur les treillis de concepts est pertinente pour notre problème d'adaptation de documents multimédia et surtout si celle-ci produit des documents adaptés proche du document initial.

Alignement d'ontologies Les relations d'une représentation d'un document peuvent être spécifiées dans une ontologie. Par exemple, une ontologie basée sur les relations temporelles a été proposé dans [53]. Cette ontologie intègre notamment des relations temporelles de l'algèbre de Allen. En dupliquant cette ontologie, il est possible de calculer des alignements entre concepts [37]. Ces alignements, basés sur la structuration de l'ontologie et des propriétés entre concepts, produisent des mesures de similarité entre chaque concept. Par conséquent, ces différentes mesures peuvent être utilisées pour transformer des relations interdites dans le cadre d'une adaptation de documents multimédia. Le point intéressant de l'utilisation d'une telle mesure réside dans le fait que celle-ci est personnalisée en fonction de la construction de l'ontologie.

Utilisation de relations à la fois quantitative et qualitative

Dans les spécifications de documents multimédia nous avons considéré des relations entre objets multimédia purement qualitative. Or, des relations à la fois qualitative et quantitative pourraient être employées dans notre approche d'adaptation.

Pour tester la satisfiabilité de ce type de réseaux de contraintes, nous avons proposé une partition finie des domaines des variables à l'aide de *bi-intervalles*, c'est-à-dire des intervalles d'intervalles [7].

Nous avons implanté des algorithmes corrects et complets qui renvoient un ensemble de solutions satisfaisant ce type de réseaux de contraintes[1]. De plus, nous avons montré qu'un algorithme hybride qui instancie à la fois les variables ainsi que les contraintes du réseau améliore l'efficacité de nos algorithmes.

Par conséquent, une perspective consiste à intégrer ces travaux pour adapter ce type de représentation.

Adaptation sémantique d'objets multimédia

Dans ce manuscrit, nous mettons fortement en avant l'adaptation de la composition des documents multimédia. Dans son état actuel, notre proposition aborde peu la notion d'adaptation de contenu (ou adaptation d'objets multimédia). Néanmoins, dans [64] nous avons appliqué notre principe d'adaptation sémantique uniquement aux objets multimédia. En effet, dans ce travail nous considérons que chaque objet multimédia a un ensemble d'exécutions potentielles ainsi qu'un ensemble d'exécutions possibles correspondant au profil d'une plate-forme cible. Identiquement à notre thèse, l'adaptation va consister à trouver un ensemble d'exécutions potentielles qui sont possibles. Dans le cas où aucune exécution potentielle n'est possible, l'adaptation va consister à trouver un ensemble d'exécutions le plus proche possible des exécutions potentielles satisfaisant le profil cible. Pour cela, des distances entre descriptions d'objets multimédia sont utilisées pour sélectionner les solutions d'adaptation adéquates.

Actuellement, l'adaptation sémantique des objets multimédia ainsi que de leur composition est donc réalisée de manière indépendante. Une perspective intéressante consiste alors à combiner ces deux résultats.

Cependant, cette combinaison pose quelques problèmes. En effet, il est nécessaire de trouver un compromis entre adaptation d'objets multimédia et adaptation de la composition du document. Par exemple, l'adaptation de la composition du document peut mener vers un document adapté plus éloigné du document initial que si un des objets multimédia avait été transformé en un autre objet multimédia (par exemple, une vidéo en audio). De plus, lorsqu'un objet multimédia est adapté, cette transformation a une forte conséquence sur la composition du document. Par exemple, la transformation d'une vidéo en texte n'implique pas forcément la même disposition spatiale ou synchronisation temporelle avec les autres objets.

En résumé, une nouvelle distance entre documents multimédia doit être définie pour tenir compte de ces deux types d'adaptation.

Services d'adaptation

Notre travail peut constituer un service d'adaptation qui peut être présent côté client, serveur ou via un intermédiaire (c'est-à-dire, un proxy). Il peut notamment être

[1] `http://temporalsolver.gforge.inria.fr`

introduit dans l'architecture NAC [67] qui définit tous les composants intervenant dans l'adaptation depuis l'émission d'une requête cliente jusqu'à la réponse finale.

Cependant, le calcul centralisé d'une solution d'adaptation peut être coûteux. Pour palier ce problème, plusieurs services pourraient alors être alloués pour adapter plusieurs parties indépendantes du document (par exemple, en utilisant sa structure logique). Une fois les solutions d'adaptation calculées par chaque service, il sera nécessaire de les faire collaborer pour combiner chaque proposition et proposer une solution d'adaptation globale consistante proche du document multimédia initial.

Bibliographie

[1] James Allen : Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communications of the ACM*, 26(11):832–843, 1983.

[2] Mariam Kimiaei Asadi : *Adaptation de Contenu Multimédia avec MPEG-21 : Conversion de Ressources et Adaptation Sémantique de Scènes.* Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Télécommunications, 2005.

[3] Mariam Kimiaei Asadi et Jean-Claude Dufourd : Knowledge-based and semantic adaptation of multimedia content. *In* Paola Hobson, Ebroul Izquierdo, Yiannis Kompatsiaris et Noel E. O'Connor, éditeurs : *Knowledge-Based Media Analysis for Self-Adaptive and Agile Multimedia Technology*, pages 285–293, 2004.

[4] Jeff Ayars, Dick Bulterman, Aaron Cohen, Ken Day, Erik Hodge, Philipp Hoschka, Eric Hyche, Muriel Jourdan, Michelle Kim, Kenichi Kubota, Rob Lanphier, Nabil Layaïda, Thierry Michel, Debbie Newman, Jacco van Ossenbruggen, Lloyd Rutledge, Bridie Saccocio, Patrick Schmitz et Warner ten Kate : *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 2.0) - [Second Edition].* W3C, 2005. `http://www.w3.org/TR/2005/REC-SMIL2-20050107/`.

[5] Greg J. Badros, Alan Borning et Peter J. Stuckey : The cassowary linear arithmetic constraint solving algorithm. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 8(4):267–306, 2001.

[6] Greg J. Badros, Jojada J. Tirtowidjojo, Kim Marriott, Bernd Meyer, Will Portnoy et Alan Borning : A constraint extension to scalable vector graphics. *In Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web*, pages 489–498. ACM Press, 2001.

[7] Jean-François Baget et Sébastien Laborie : Bi-intervals for backtracking on temporal constraint networks. *In Proc. of the 14th International Symposium on Temporal Representation and Reasoning*, pages 163–168. IEEE Press, 2007.

[8] Salima Benbernou, Abdallah Makhoul, Mohand-Saïd Hacid et Ahmed Mostefaoui : A spatio-temporal adaptation model for multimedia presentations. *In Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Multimedia*, pages 143–150, 2005.

[9] Brandon Bennett : The application of qualitative spatial reasoning to GIS. *In* Robert J. Abrahart, éditeur : *Proceedings of the First International Conference on GeoComputation*, pages 44–47, 1996.

[10] Florence Le Ber et Amedeo Napoli : Design and comparison of lattices of topological relations for spatial representation and reasoning. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, 15(3):331–371, 2003.

[11] Tim Berners-Lee, James Hendler et Ora Lassila : The semantic web. *Scientific American*, 284(5):34–43, 2001.

[12] Elisa Bertino, Elena Ferrari et Marco Stolf : MPGS : An interactive tool for the specification and generation of multimedia presentations. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 12(1):102–125, 2000.

[13] Istvan Beszteri et Petri Vuorimaa : Vertical navigation of layout adapted web documents. *World Wide Web*, 10(1):1–35, 2007.

[14] Ioan Marius Bilasco : *Une approche sémantique pour la réutilisation et l'adaptation de données 3D*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, 2007.

[15] Ioan Marius Bilasco, Jérôme Gensel et Marlène Villanova-Oliver : STAMP : a model for generating adaptable multimedia presentations. *Multimedia Tools and Applications, Special Issue on Metadata and Adaptibility in Web-based Information Systems*, 25(3):361–375, 2005.

[16] Stefano Bocconi, Frank Nack et Lynda Hardman : Using rhetorical annotations for generating video documentaries. *In Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pages 1070–1073, 2005.

[17] Susanne Boll : MM4U - a framework for creating personalized multimedia content. *In Proceeding of the International Conference on Distributed Multimedia Systems*, 2003.

[18] Susanne Boll et Wolfgang Klas : ZYX - a semantic model for multimedia documents and presentations. *In DS-8 : Proceedings of the IFIP TC2/WG2.6 Eighth Working Conference on Database Semantics- Semantic Issues in Multimedia Systems*, pages 189–209. Kluwer, B.V., 1999.

[19] Jan Bormans et Keith Hill : *MPEG-21 Overview v.5*. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N5231, 2002. `http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-21/mpeg-21.htm`.

[20] Bert Bos, Håkon Wium Lie, Chris Lilley et Ian Jacobs : *Cascading Style Sheets, level 2*. W3C, 1998. `http://www.w3.org/TR/REC-CSS2/`.

[21] Paul De Bra, David Smits et Natalia Stash : The design of AHA ! *In* Uffe Kock Wiil, Peter J. Nürnberg et Jessica Rubart, éditeurs : *Proceedings of the 17th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, pages 133–134. ACM Press, 2006.

[22] Tim Bray, Jean Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, Eve Maler, François Yergeau et John Cowan : *Extensible Markup Language (XML) 1.1*. W3C, 2004. `http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml11-20040204/`.

[23] Peter Brusilovsky : Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2-3):87–129, 1996.

[24] Stephan Bugaj, Dick Bulterman, Bruce Butterfield, Wo Chang, Guy Fouquet, Christian Gran, Mark Hakkinen, Lynda Hardman, Peter Hoddie, Klaus Hofrichter, Philipp Hoschka, Jack Jansen, George Kerscher, Rob Lanphier, Nabil Layaïda, Stephanie Leif, Sjoerd Mullender, Didier Pillet, Anup Rao, Lloyd Rutledge, Patrick Soquet, Warner ten Kate, Jacco van Ossenbruggen, Michael Vernick et Jin Yu : *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification.* W3C, 1998. `http://www.w3.org/TR/REC-smil/`.

[25] Dick Bulterman, Guido Grassel, Jack Jansen, Antti Koivisto, Nabil Layaïda, Thierry Michel, Sjoerd Mullender et Daniel Zucker : *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 2.1).* W3C, 2005. `http://www.w3.org/TR/SMIL/`.

[26] Dick Bulterman, Jack Jansen, Sjoerd Mullender, Marisa DeMeglio, Julien Quint, Petri Vuorimaa, Samuel Cruz-Lara, Hiroshi Kawamura, Daniel Weck, Eric Hyche, Xabiel García Pañeda, David Melendi, Thierry Michel et Daniel F. Zucker : *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 3.0).* W3C, 2007. `http://www.w3.org/TR/2007/WD-SMIL3-20070713/`.

[27] Dick Bulterman, Guido van Rossum et Robert van Liere : A structure for transportable, dynamic multimedia documents. *In Proceedings of the Summer 1991 Usenix Conference*, pages 137–156, 1991.

[28] Orkut Buyukkokten, Oliver Kaljuvee, Hector Garcia-Molina, Andreas Paepcke et Terry Winograd : Efficient web browsing on handheld devices using page and form summarization. *ACM Transactions on Information Systems*, 20(1):82–115, 2002.

[29] Chun-Fa Chang et Shyh-Haur Ger : Enhancing 3D graphics on mobile devices by image-based rendering. *In Advances in Multimedia Information Processing - PCM 2002 : Third IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia*, pages 1–17, 2002.

[30] James Clark : *XSL Transformations (XSLT).* W3C, 1999. `http://www.w3.org/TR/xslt`.

[31] James Clark et Steve DeRose : *XML Path Language (XPath) Version 1.0.* W3C, 1999. `http://www.w3.org/TR/xpath`.

[32] Nathalie Colineau et Cécile Paris : La génération de documents multimédia. *In Cognito - Cahiers Romans de Sciences Cognitives*, 1(2):1–22, 2003.

[33] Jean-François Condotta, Gérard Ligozat et Mahmoud Saade : Eligible and frozen constraints for solving temporal qualitative constraint networks. *In Proceedings of the 13th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, 2007.

[34] Mukesh Dalal, Steven Feiner, Kathleen McKeown, Shimei Pan, Michelle Zhou, Tobias Höllerer, James Shaw, Yong Feng et Jeanne Fromer : Negotiation for automated generation of temporal multimedia presentations. *In*

Proceedings of the fourth ACM international conference on Multimedia, pages 55–64. ACM Press, 1996.

[35] Jérôme EUZENAT : Granularité dans les représentations spatio-temporelles. Rapport de recherche 2242, INRIA, 1994.

[36] Jérôme EUZENAT, Nabil LAYAÏDA et Victor DIAS : A semantic framework for multimedia document adaptation. *In Proceedings of the 18th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 31–36, 2003.

[37] Jérôme EUZENAT et Pavel SHVAIKO : *Ontology matching*. Springer-Verlag, Heidelberg (DE), 2007.

[38] Jon FERRAIOLO, Jun FUJISAWA et Dean JACKSON : *Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification*. W3C, 2003. `http://www.w3.org/TR/SVG/`.

[39] Wireless Application Protocol FORUM : *WAG UAProf*, 2001. `http://www.openmobilealliance.org/tech/affiliates/wap/wap-248-uaprof-20011020-a.pdf`.

[40] Andrew U. FRANK : Qualitative spatial reasoning : Cardinal directions as an example. *International Journal of Geographical Information Science*, 10(3):269–290, 1996.

[41] Juliana FREIRE, Bharat KUMAR et Daniel LIEUWEN : WebViews : accessing personalized web content and services. *In Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web*, pages 576–586. ACM Press, 2001.

[42] Christian FREKSA : Temporal reasoning based on semi-intervals. *Artificial Intelligence*, 54(1–2):199–227, 1992.

[43] Ludovic GAILLARD, Jocelyne NANARD, Bruno BACHIMONT et Louis CHAMMING'S : Intentions based authoring process from audiovisual resources. *In Proceedings of the International Workshop on Semantically Aware Document Processing and Indexing*, pages 21–30, 2007.

[44] Bernhard GANTER et Rudolf WILLE : *Formal Concept Analysis - Mathematical Foundations*. Springer, 1999.

[45] Byron GEORGANTOPOULOS, Toon GOEDEME, Stavros LOUNIS, Harris PAPAGEORGIOU, Tinne TUYTELAARS et Luc Van GOOL : Cross-media summarization in a retrieval setting. *In Proceedings of the LREC 2006 Workshop on Crossing media for improved information access*, pages 41–49, 2006.

[46] Joost GEURTS, Stefano BOCCONI, Jacco van OSSENBRUGGEN et Lynda HARDMAN : Towards ontology-driven discourse : From semantic graphs to multimedia presentations. *In Proceedings of the 2nd International Semantic Web Conference*, pages 597–612, 2003.

[47] Joost GEURTS, Jacco van OSSENBRUGGEN et Lynda HARDMAN : Application-specific constraints for multimedia presentation generation. *In Proceedings of the International Conference on Multimedia Modeling*, pages 247–266, 2001.

[48] Kaj GRONBAEK et Randall H. TRIGG : Design issues for a Dexter-based hypermedia system. *Communications of the ACM*, 37(2):40–49, 1994.

[49] Frank Halasz et Mayer Schwartz : The Dexter hypertext reference model. *Communications of the ACM*, 37(2):30–39, 1994.

[50] Lynda Hardman, Dick C. A. Bulterman et Guido van Rossum : The Amsterdam hypermedia model : adding time and context to the dexter model. *Communications of the ACM*, 37(2):50–62, 1994.

[51] Jiang He, Tong Gao, Wei Hao, I-Ling Yen et Farokh Bastani : A flexible content adaptation system using a rule-based approach. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 19(1):127–140, 2007.

[52] C. A. R. Hoare : Algorithm 64 : Quicksort. *Communications of the ACM*, 4(7):321, 1961.

[53] Jerry R. Hobbs et Feng Pan : An ontology of time for the semantic web. *ACM Transactions on Asian Language Information Processing*, 3(1):66–85, 2004.

[54] Sébastien Iksal et Serge Garlatti : Documents virtuels et composition sémantique : une architecture fondée sur des ontologies. *In Proceedings of NîmesTIC'01*, pages 91–96, 2001.

[55] Muriel Jourdan, Nabil Layaïda, Cécile Roisin, Loay Sabry-Ismaïl et Laurent Tardif : Madeus, an authoring environment for interactive multimedia documents. *In Proceedings of the 6th ACM Multimedia conference*, pages 267–272, 1998.

[56] Masatoshi Kameyama, Yoshiyuki Kato, Hitoshi Fujimoto, Hiroyasu Negishi, Yukio Kodama, Yoshitsugu Inoue et Hiroyuki Kawai : 3D graphics LSI core for mobile phone "Z3D". *In Proceedings of the ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS conference on Graphics hardware*, pages 60–67. Eurographics Association, 2003.

[57] Graham Klyne, Franklin Reynolds, Chris Woodrow, Hidetaka Ohto, Johan Hjelm, Mark H. Butler et Luu Tran : *Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP) : Structure and Vocabularies 1.0*. W3C, 2001. `http://www.w3.org/TR/CCPP-struct-vocab/`.

[58] Sébastien Laborie : Spatio-temporal proximities for multimedia document adaptation. *In Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence : Methodology, Systems, Applications*, 2006.

[59] Sébastien Laborie et Jérôme Euzenat : Adapting the hypermedia structure in a generic multimedia adaptation framework. *In Proceedings of the First International Workshop on Semantic Media Adaptation and Personalization*, pages 62–67, 2006.

[60] Sébastien Laborie et Jérôme Euzenat : An incremental framework for adapting the hypermedia structure of multimedia documents. *In* Manolis Wallace, Marios Angelides et Phivos Mylonas, éditeurs : *Advances in Semantic Media Adaptation and Personalization*, volume 93 de *Studies in Computational Intelligence Series*, chapitre 8, pages 157–176. Springer, 2008.

[61] Sébastien Laborie, Jérôme Euzenat et Nabil Layaïda : Adaptation spatiale efficace de documents SMIL. *In Actes du 15ème congrès francophone AFRIF-AFIA Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle*, 2006.

[62] Sébastien Laborie, Jérôme Euzenat et Nabil Layaïda : A spatial algebra for multimedia document adaptation. *In Poster Proceedings of the First International Conference on Semantic and Digital Media Technologies*, pages 7–8, 2006.

[63] Sébastien Laborie, Jérôme Euzenat et Nabil Layaïda : Multimedia document summarization based on a semantic adaptation framework. *In Proceedings of the International Workshop on Semantically Aware Document Processing and Indexing*, pages 87–94. ACM Press, 2007.

[64] Sébastien Laborie et Antoine Zimmermann : A framework for media adaptation using the web and the semantic web. *In Proceedings of the 2nd International Workshop on Semantic Media Adaptation and Personalization*, pages 32–37, 2007.

[65] A. H. Land et A. G. Doig : An automatic method for solving discrete programming problems. *Econometrica*, 28:497–520, 1960.

[66] Zhijun Lei et Nicolas D. Georganas : Context-based media adaptation in pervasive computing. *In Proceedings of Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, volume 2, pages 913–918, 2001.

[67] Tayeb Lemlouma : *Architecture de Négociation et d'Adaptation de Services Multimédia dans des Environnements Hétérogènes.* Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2004.

[68] Tayeb Lemlouma et Nabil Layaïda : The negotiation of multimedia content services in heterogeneous environments. *In Proceedings of the 8th International Conference on Multimedia Modeling*, pages 187–206, 2001.

[69] Tayeb Lemlouma et Nabil Layaïda : Adapted content delivery for different contexts. *In Proceedings of the International Symposium on Applications and the Internet*, pages 190–199, 2003.

[70] Chung-Sheng Li, Rakesh Mohan et John R. Smith : Multimedia content description in the InfoPyramid. *In Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1998.

[71] Suzanne Little, Joost Geurts et Jane Hunter : Dynamic generation of intelligent multimedia presentations through semantic inferencing. *In Proceedings of the 6th European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries*, pages 158–175, 2002.

[72] Céline Lopez-Velasco : AWSDL : une extension de WSDL pour des services web adaptés. *In Actes du 23ème congrès INFORSID*, pages 133–148, 2005.

[73] William C. Mann et Sandra A. Thompson : Rhetorical structure theory : Towards a functional theory of text organisation. *Text*, 8(3):243–281, 1988.

[74] Frank Manola et Eric Miller : *RDF Primer.* W3C, 2004. `http://www.w3.org/RDF/`.

[75] José M. Martínez : *MPEG-7 Overview v.10*. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N6828, 2004. `http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm`.

[76] Deborah L. McGuinness et Frank van Harmelen : *OWL Web Ontology Language Overview*. W3C, 2004. `http://www.w3.org/TR/owl-features/`.

[77] Maija Metso, Mikko Löytynoja, Jari Korva, Petri Määttä et Jaakko Sauvola : Mobile multimedia services - content adaptation. *In Proceedings of the 3rd International Conference on Information, Communications and Signal Processing*, 2001.

[78] Rakesh Mohan, John R. Smith et Chung-Sheng Li : Adapting multimedia internet content for universal access. *IEEE Transactions on Multimedia*, 1(1):104–114, 1999.

[79] Giulio Mori, Fabio Paternò et Carmen Santoro : Design and development of multidevice user interfaces through multiple logical descriptions. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 30(8):507–520, 2004.

[80] Bernhard Nebel : Solving hard qualitative temporal reasoning problems : Evaluating the efficiency of using the ORD-horn class. *In Proceedings of the 12th European Conference on Artificial Intelligence*, pages 38–42, 1996.

[81] Dimitris Papadias et Timos Sellis : Qualitative representation of spatial knowledge in two-dimensional space. *The VLDB Journal*, 3(4):479–516, 1994.

[82] Steven Pemberton, Daniel Austin, Jonny Axelsson, Tantek Çelik, Doug Dominiak, Herman Elenbaas, Beth Epperson, Masayasu Ishikawa, Shin'ichi Matsui, Shane McCarron, Ann Navarro, Subramanian Peruvemba, Rob Relyea, Sebastian Schnitzenbaumer et Peter Stark : *XHTML^{TM} 1.0 The Extensible HyperText Markup Language (Second Edition)*. W3C, 2000. `http://www.w3.org/TR/xhtml1/`.

[83] Dave Raggett, Arnaud Le Hors et Ian Jacobs : *HTML 4.01 Specification*. W3C, 1999. `http://www.w3.org/TR/html401/`.

[84] David A. Randell, Zhan Cui et Anthony Cohn : A spatial logic based on regions and connection. *In* Bernhard Nebel, Charles Rich et William Swartout, éditeurs : *Principles of Knowledge Representation and Reasoning : Proceedings of the Third International Conference*, pages 165–176. Morgan Kaufmann, 1992.

[85] Philippe Rigaux et Michel Scholl : Multi-scale partitions : Application to spatial and statistical databases. *In Proceedings of the 4th International Symposium on Advances in Spatial Databases*, pages 170–183, 1995.

[86] Cécile Roisin : Authoring structured multimedia documents. *In Proceedings of the Conference on Current Trends in Theory and Practice of Informatics*, pages 222–239, 1998.

[87] Franck Rousseau, J. Antonio García-Marcías, José Valdeni de Lima et Andrzej Duda : User adaptable multimedia presentations for the world wide web.

In Proceedings of the 8th International Conference on World Wide Web, pages 1273–1290. Elsevier North-Holland, Inc., 1999.

[88] Lloyd Rutledge, Brian Bailey, Jacco van Ossenbruggen, Lynda Hardman et Joost Geurts : Generating presentation constraints from rhetorical structure. *In Proceedings of the 11th ACM on Hypertext and hypermedia*, pages 19–28. ACM Press, 2000.

[89] Nick Ryan, Jason Pascoe et David Morse : Fieldnote : a handheld information system for the field. *In Proceedings of the First International Workshop on TeloGeoProcessing*, pages 156–163, 1999.

[90] Patrick Schmitz, Jin Yu et Peter Santangeli : *Timed Interactive Multimedia Extensions for HTML (HTML+TIME) : Extending SMIL into the Web Browser.* W3C, 1998. `http://www.w3.org/TR/NOTE-HTMLplusTIME`.

[91] Peter Soetens, Matthias De Geyter et Stijn Decneut : Multi-step media adaptation with semantic web services. *In Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference*, 2004.

[92] Leon Sterling et Ehud Shapiro : *The Art of Prolog : Advanced programming techniques.* MIT Press, 1986.

[93] David Thevenin et Joëlle Coutaz : Plasticity of user interfaces : Framework and research agenda. *In Proceedings of Interact'99*, volume 1, pages 110–117, 1999.

[94] Peter van Beek et Dennis W. Manchak : The design and experimental analysis of algorithms for temporal reasoning. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 4:1–18, 1996.

[95] Christophe Vaudry, Sylvie Ranwez, Astrid Poulon et Michel Crampes : Initiative mixte dans les DVP : de la pertinence à l'adaptation. *In Actes de l'atelier Documents Virtuels Personnalisables*, 2002.

[96] Marc Vilain, Henry Kautz et Peter van Beek : Constraint propagation algorithms for temporal reasoning : a revised report. *Readings in qualitative reasoning about physical systems*, pages 373–381, 1990.

[97] Lionel Villard, Cécile Roisin et Nabil Layaïda : A XML-based multimedia document processing model for content adaptation. *In Proceedings of Digital Documents and Electronic Publishing*, pages 104–119, 2000.

[98] C. Watters et M. Shepherd : Research issues for virtual documents. *In Proceeding of the Workshop on Virtual Documents, Hypertext Functionality and the Web at the 8th International World Wide Web Conference*, 1999.

[99] Stefan Wirag : Modeling of adaptable multimedia documents. *In Proceedings of the International Workshop on Interactive Distributed Multimedia Systems and Telecommunication Services (IDMS)*, pages 420–429, 1997.

[100] Stephen J. H. Yang et Norman W. Y. Shao : Enhancing pervasive web accessibility with rule-based adaptation strategy. *Expert Systems with Applications : An International Journal*, 32(4):1154–1167, 2007.

Résumé Un document multimédia marie les technologies de l'écrit, de l'image et du son. Actuellement, les documents multimédia doivent pouvoir être exécutés sur de nombreuses plates-formes (téléphones portables, PDA, ordinateurs de bureau, lecteurs de salon...). Cette diversification des utilisations et des supports nécessite l'adaptation des documents à leur contexte d'exécution, parfois imprévisible au moment de la conception du document.

Pour s'affranchir des langages ou formats de description multimédia, nous abstrayons les documents en une structure exprimant l'ensemble des relations entre objets du document. Les relations entre objets sont d'ordre temporel, spatial, hypermédia voire inter-dimensionnel, et peuvent être de nature qualitative. Cette structure capture la sémantique des documents car elle est capable de couvrir chacune de ses exécutions potentielles. Dans ce contexte, adapter va consister à calculer un ensemble d'exécutions le plus proche possible de ces exécutions potentielles qui satisfont les contraintes d'adaptation imposées par une plate-forme cible. À cet effet, les relations de la structure abstraite sont modifiées de sorte de satisfaire ces contraintes d'adaptation. Nous montrons, pour chaque dimension du document, comment réaliser ceci de manière réaliste.

Afin de montrer l'applicabilité d'une telle approche, nous la développons dans un cadre adapté au standard SMIL pour lequel nous déclinons les adaptations spatiales, temporelles, spatio-temporelles et hypermédia. Nous sommes amenés à développer des techniques spécifiques pour les représentations spatiales et temporelles efficaces. Nous explorons aussi des approches impliquant la suppression d'objets.

Mots-Clés Représentation et raisonnement qualitatif, Adaptation, SMIL.

Abstract A multimedia document combines text, image, sound and video technologies. Currently, multimedia documents may have to be executed on multiple devices such as mobile phones, PDAs, desktop computers, set-top boxes, etc. Hence, usage and platform diversity requires document adaptation according to execution contexts, sometimes unpredictable at design time.

We propose to abstract from format specific details by defining a structure which expresses a set of multimedia objects and the relations between them. These relations can be described qualitatively and may be temporal, spatial, hypermedia and spatio-temporal-hypermedia. This document abstraction captures document semantics because it is able to cover all the potential executions of the document. In this context, adapting amounts to find a set of executions as close as possible to potential ones which satisfy adaptation contraints imposed by the target device. For that purpose, the relations contained in the document abstraction are modified in order to satisfy these adaptation constraints. We show how to achieve this convincingly on all the document dimensions.

In order to show the applicability of our framework, we implement a prototype which adapts the temporal, spatial and hypermedia dimensions of SMIL documents. We develop specific efficient techniques for the temporal and spatial representations. Moreover, we explored other approaches such as considering multimedia object deletion.

Keywords Qualitative representation et reasoning, Adaptation, SMIL.