Institutional Repository - Research Portal
Dépôt Institutionnel - Portail de la Recherche
researchportal.unamur.be
University of Namur

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Création et exploitation d'archives audiovisuelles numériques

Kevers, Laurent; van Zuylen, Jean-Bernard

Award date:
2002

Link to publication

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Download date: 04. May. 2026

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur
Institut d'informatique
Année académique 2001-2002

Création et exploitation d'archives audiovisuelles numériques

Laurent KEVERS
Jean-Bernard van ZUYLEN

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Maître en Informatique

Résumé

Les archives audiovisuelles, de par leur importance, méritent une attention particulière. Les documents audio et vidéo posent de nombreux problèmes tant au niveau de leur réutilisation que de leur conservation. L'évolution de la technologie numérique dans le domaine audiovisuel offre dès lors une réelle alternative. Cependant, les documents qui ont été convertis du domaine analogique vers l'univers digital requièrent un espace de stockage important sur disque dur et restent donc peu maniables. Pour conserver des images et des sons sous forme de fichiers numériques de dimension raisonnable, il est néanmoins possible d'utiliser diverses méthodes de compression.

L'analyse du service des archives de la RTBF permet de se rendre compte des obstacles rencontrés actuellement par l'archivage. Hormis les inconvénients relatifs à la réutilisation et à la conservation des documents, il existe également d'autres aspects améliorables lors de leur description et de leur indexation. L'étude d'un système d'archivage audiovisuel numérique idéal permet d'entrevoir la manière de résoudre complètement ou partiellement certains de ces problèmes.

La réutilisation des documents conservés est bien entendu un élément très important du processus d'archivage puisqu'il en constitue le but ultime. Cet aspect est cependant souvent négligé et les documents conservés sont dès lors sous-exploités. La création et la description d'un prototype d'application se basant sur l'utilisation de documents audiovisuels au sein du Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire permet d'en entrevoir les avantages et les profits potentiels.

Abstract

As audiovisuals archives are becoming increasingly important, they require special attention. Reuse and conservation of audio or video documents raises multiple problems. The latest developments in digital technology provide an obvious alternative. Digital files converted from analogic documents require however lots of hard disk space and are therefore difficult to manage. Various compression methods allow nevertheless for the storage of pictures and sounds in digital files of a reasonable size.

An analysis of the archives department at the RTBF illustrates the current problems related to the keeping of archives. In addition to the reuse and conservation drawbacks that have to be eliminated, document description and indexing could improve significantly. A research on the ideal system for digital archiving of audiovisual documents provides several leads on how to solve completely or partly some of those problems.

The reuse of the stored documents is of course an element of utmost importance, as this is the ultimate objective of archiving. This aspect is however often neglected, and stored documents therefore are generally not used as they could be. The designing and description of a prototype application based on audiovisuals documents at the Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire was an opportunity to highlight its main potential benefits.

Nous tenons à remercier avant tout les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce mémoire.

Nous pensons particulièrement à notre promoteur, M. Jacquet, qui a sans cesse su nous encourager et nous donner des conseils avisés.

Ce travail n'aurait pas pu aboutir sans l'accueil et la collaboration d'Alain Goossens, responsable du service d'archivage de la RTBF, d'Olivier Van Der Wilt et de Sophie Hottat, du Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire.

Nous ne pouvons oublier tous ceux qui nous ont donné leur avis sur le texte : Nathalie Kevers, Quentin et Gautier Dallons ainsi que Charles Angelroth.

Jean-Bernard tient également à remercier sa fiancée et sa famille pour leur soutien.

Laurent souhaite exprimer sa reconnaissance à l'ensemble de ses proches et plus particulièrement à Igor.

Table des matières

RESUME III
ABSTRACT III
TABLE DES MATIÈRES VII
TABLE DES TABLEAUX XI
TABLE DES FIGURES XI

INTRODUCTION 1

PARTIE I FONDEMENTS 3

CHAPITRE 1 INTRODUCTION A LA NATURE DES DOCUMENTS AUDIOVISUELS ARCHIVES : L'IMAGE, LA VIDEO ET LE SON 5
1.1 Théorème de Nyquist 5
1.2 L'image et la vidéo 6
1.2.1 Le film 7
1.2.2 La vidéo analogique 7
1.2.3 La vidéo numérique 11
1.3 Le son 13
1.3.1 Perception du son 13
1.3.2 L'audio numérique 14

CHAPITRE 2 INTRODUCTION A LA COMPRESSION DE DONNEES AUDIOVISUELLES 17
2.1 L'image et la vidéo 17
2.1.1 La redondance de l'image 17
2.1.2 Les normes de compression 18
2.2 Le son 30
2.2.1 MPEG-1 30
2.2.2 MPEG-2 34
2.2.3 MPEG-2 AAC 34
2.2.4 MPEG-4 35

PARTIE II L'ARCHIVAGE 37

CHAPITRE 3 DESCRIPTION DE L'ETAT DE L'ART : L'ARCHIVAGE AUDIOVISUEL A LA RTBF 39
3.1 Évolution de l'archivage 39
3.2 Le service IMADOC 40
3.3 Les systèmes d'archivage et de recherche 42
3.3.1 Rolodex 43
3.3.2 Mistral 47
3.4 Le documentaliste 52

CHAPITRE 4 ANALYSE CRITIQUE DU SYSTEME D'ARCHIVAGE TEL QU'IL EST CONÇU A LA RTBF 55
4.1 La sécurité de la conservation 55
4.1.1 Introduction à la problématique de la conservation 55
4.1.2 Les spécificités de la conservation des films 56
4.1.3 Les spécificités de la conservation des bandes magnétiques 58
4.2 L'efficacité de l'archivage et de la consultation 60

CHAPITRE 5 PROPOSITION D'UNE NOUVELLE ARCHITECTURE POUR UN SYSTEME D'ARCHIVAGE PLUS EFFICACE 63
5.1 Présentation d'une architecture 63
5.2 Avantages 65
5.3 Désavantages 65
5.4 Etude de l'accueil qui serait réservé à un tel système 66

PARTIE III L'EXPLOITATION D'ARCHIVES 69

CHAPITRE 6 LA REUTILISATION D'ARCHIVES AUDIOVISUELLES DANS LE CADRE D'UNE EXPOSITION AU MUSEE ROYAL DE L'ARMEE ET D'HISTOIRE MILITAIRE 71
6.1 Présentation de l'exposition "Mémorial des conflits contemporains" 71
6.2 Analyse des moyens de présentation et de leurs limites 71
6.2.1 Critères d'évaluation 71
6.2.2 Moyens de présentation 72
6.3 Proposition d'un système de présentation amélioré 74
6.3.1 Aspect technique du système 74
6.3.2 Services à proposer au public 75
6.3.3 Services à proposer aux administrateurs 76
6.3.4 Quelques exigences à prendre en compte 77
6.4 Technologies disponibles 77
6.4.1 Appareils portatifs 77
6.4.2 Réseaux sans fil 82
6.4.3 Quelques réflexions 86
6.5 Lien avec l'architecture du système d'archivage 87

CHAPITRE 7 L'IMPLEMENTATION D'UN PROTOTYPE POUR UNE SALLE DE L'EXPOSITION "MEMORIAL DES CONFLITS CONTEMPORAINS" 91
7.1 Sélection et numérisation des documents 91
7.1.1 Sélection des documents 91
7.1.2 Numérisation des documents audiovisuels 92
7.2 Conception de la base de données 92
7.2.1 Identification des entités 92
7.2.2 Identification des relations 93
7.3 Création d'un thésaurus pour la description des objets 96
7.3.1 Liste des catégories 96
7.3.2 Détails de la catégorie 01 (Lieu + Nationalité) 96
7.3.3 Détails de la catégorie 02 (Datation) 97
7.3.4 Détails de la catégorie 03 (Type Objet) 97
7.3.5 Détails de la catégorie 04 (Sujet) 99
7.3.6 Détails de la catégorie 05 (Personnalité) 99
7.4 Choix des technologies 99
7.4.1 Choix des appareils portatifs pour la visualisation des documents 99
7.4.2 Choix des protocoles de communication 100
7.4.3 Choix de la technologie sans fil 100
7.4.4 Choix du gestionnaire de base de données 100
7.4.5 Choix du serveur HTTP 101
7.5 Application de nos choix dans le système d'archives numériques 101
7.6 L'application 102
7.6.1 Lancement de l'application 102
7.6.2 Choix de la langue et menu principal 103
7.6.3 Visite classique 104

7.6.4 Visite personnalisée 105
7.6.5 Visualisation des documents 108
7.6.6 Consultation du plan 109

CONCLUSION 111

BIBLIOGRAPHIE 113

ANNEXES 115

ANNEXE 1 ENQUETE SUR L'IMPLANTATION D'UN SYSTEME D'ARCHIVAGE AUDIOVISUEL NUMERIQUE 117
Portée et contexte 117
Exposé des caractéristiques du système proposé 117
Questionnaire 118
Données personnelles (facultatif) 118
L'outil existant [1] 118
Pertinence d'un système entièrement numérique [2] 119
Autres commentaires [3] 120
Résultats de l'enquête 121

ANNEXE 2 TRANSFORMATION DE LA BASE DE DONNEES 125
Simplification des sous-types 126
Ajout d'identifiants techniques 127
Transformation des attributs multivalués 128
Construction du schéma relationnel 129

ANNEXE 3 CODE SOURCE DU PROTOTYPE 131

Table des tableaux

Tableau 1.1 - Caractéristiques du NTSC, du PAL et du SECAM 10
Tableau 1.2 - Caractéristiques des formats *A:B:C* 12
Tableau 2.1 - Combinaisons des profils et des niveaux avec le débit maximum autorisé 25
Tableau 2.2 - Caractéristiques du profil 4:2:2 26
Tableau 2.3 - Exemples typiques de compressions MPEG Audio Layer-3 33
Tableau 4.1 - Conditions de stockage des films nitrate 57
Tableau 4.2 - Recommandations de conservation (température et hygrométrie) 59
Tableau 6.1 - Tableau récapitulatif de l'évaluation des moyens de présentation 73
Tableau 6.2 - Evaluation du système proposé 75
Tableau 6.3 - Tableau récapitulatif des réseaux téléphoniques mobiles 84
Tableau 6.4 - Tableau récapitulatif des réseaux informatiques mobiles 86

Table des figures

Figure 1.1 - Courbe d'un signal analogique 5
Figure 1.2 - Echantillonnage à une fois la fréquence du signal 6
Figure 1.3 - Echantillonnage à une fois et demie la fréquence du signal 6
Figure 1.4 - Echantillonnage à deux fois la fréquence du signal 6
Figure 1.5 - Sensibilité de l'œil aux couleurs 8
Figure 1.6 - Balayage progressif 9
Figure 1.7 - Balayage entrelacé[6] 9
Figure 1.8 - Seuil de perception des sons par l'oreille humaine en fonction de leur fréquence 14
Figure 1.9 - Transformation d'un signal analogique en séquence binaire 14
Figure 2.1 - Décomposition en blocs 19
Figure 2.2 - Exemple de transformation d'une matrice par DCT 20
Figure 2.3 - Exemple de quantification (K=2) d'une matrice DCT 21
Figure 2.4 - Parcours en zigzag de la matrice 21
Figure 2.5 - Rappel des principales étapes du codage JPEG 22
Figure 2.6 - Principales étapes du décodage JPEG 22
Figure 2.7 - Séquence MPEG-1 avec M=3 et N=12 24
Figure 2.8 - Calcul du vecteur de mouvement 24
Figure 2.9 - Décodage d'une image en MPEG-4 27
Figure 2.10 - Portée de la norme MPEG-7 29
Figure 2.11 - Liens entre les éléments de la norme MPEG-7 29
Figure 2.12 - Masquage des fréquences non perceptibles dans le spectre 31
Figure 2.13 - Compression et décompression MPEG Audio 32
Figure 3.1 - Local de conservation 41
Figure 3.2 - Armoire rotative de fiches papier 43
Figure 3.3 - Fiche "émission" 43
Figure 3.4 - Fiche "sous-titre" 44
Figure 3.5 - Fiche "rubrique" ou "mot clé" 44
Figure 3.6 - Structure du fichier rotatif 45

Figure 3.7 - Menu Principal 46
Figure 3.8 - Recherche en mode simple 50
Figure 3.9 - Recherche en mode avancé 51
Figure 4.1 - Bobine en nitrate de cellulose à l'état de décomposition 56
Figure 4.2 - Film détérioré par le syndrome du vinaigre 58
Figure 4.3 - A-D Strips 58
Figure 5.1 - Notre architecture du système 64
Figure 6.1 - Schéma du système proposé 74
Figure 6.2 - Quelques Pocket PC: Jornada (HP), e570 (Toshiba), iPaq (Compaq) 79
Figure 6.3 - Nokia Communicator - Sony Ericsson P800 80
Figure 6.4 - Nokia 5510 81
Figure 6.5 - eBookMan, hieBook, Cybook et goReader 81
Figure 6.6 - Le "Tablet PC" de Microsoft 82
Figure 6.7 - Structure appliquée au cas du Musée Royal de l'Armée 88
Figure 6.8 - Lien entre les structures logique et matérielle 89
Figure 7.1 - Les entités identifiées 93
Figure 7.2 - Schéma Entités-Associations 94
Figure 7.3 - Schéma relationnel 95
Figure 7.4 - Composants 102
Figure 7.5 - Ecran de démarrage de l'application 103
Figure 7.6 - Menu principal 103
Figure 7.7 - Visite classique 104
Figure 7.8 - Détails d'une salle 104
Figure 7.9 - Localisation d'un sous-thème dans une salle 105
Figure 7.10 - Ensembles d'objets 106
Figure 7.11 - Liste des catégories 107
Figure 7.12 - Arborescence des mots clés 107
Figure 7.13 - Résumé des mots clés choisis 108
Figure 7.14 - Visualisation d'un texte 109
Figure 7.15 - Présentation d'une image 109
Figure 7.16 - Visualisation d'une vidéo et sa retranscription 109
Figure 7.17 - Plan du premier et du deuxième étage de la Halle Bordiau 110

Figure A.1 - Schéma Entités-Associations 125
Figure A.2 - Le schéma après la première transformation 126
Figure A.3 - Le schéma après la deuxième transformation 127
Figure A.4 - Le schéma après la troisième transformation 128
Figure A.5 - Schéma relationnel 129

Introduction

L'archivage a de tout temps constitué une activité très importante. Il permet de garder une trace de ce qui a été réalisé dans le cadre d'une activité quelconque. Son objectif est de pouvoir fournir à long terme des données ayant, par exemple, une valeur juridique. La plupart des pays ont d'ailleurs adopté des lois obligeant les entreprises et les particuliers à conserver des documents, tels que des factures, des contrats… Ceux-ci peuvent, le cas échéant, être utilisés en tant que preuve lors d'un litige.

Il existe bien d'autres raisons pour justifier l'archivage de documents. Citons, par exemple, le cas de la conservation de documents à haute valeur éducative et culturelle. Celle-ci permet une exploitation immédiate, entre autres à des fins d'enseignement ainsi que la possibilité de fournir des informations sur notre époque aux générations futures.

Dans le cadre de notre mémoire et par le biais d'un stage à la RTBF, nous nous sommes plus particulièrement intéressés à la création d'archives audiovisuelles. Quant à l'exploitation de celles-ci, elle a pu être abordée grâce à une collaboration avec le Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire.

Par création d'archives nous entendons l'ensemble des actions nécessaires à l'indexation et au stockage de documents. L'indexation permet une recherche efficace de données dans un système d'archives. Le stockage, quant à lui, doit garantir la pérennité des supports contenant les informations.

L'exploitation d'archives signifie la réutilisation des documents archivés. La qualité de l'exploitation est fortement liée à la manière dont l'indexation et le stockage sont effectués. Sur la base de cette constatation nous avons développé une nouvelle architecture pour l'archivage afin de rendre ce dernier plus performant.

Bien entendu, afin de bien comprendre la méthode utilisée pour l'archivage et les limites qui en découlent, il est judicieux de s'attarder sur les caractéristiques des documents audiovisuels qui constituent la matière première des archives de la RTBF. Pour ce faire, nous analyserons, dans le chapitre 1, les propriétés des différents médias rencontrés dans le monde télévisuel.

Lorsque l'on veut faire passer un de ces médias, vidéo ou audio, d'une forme analogique à une forme numérique, on constate que la numérisation donne lieu à un volume de données assez élevé. Dès lors, la compression de ces signaux s'avère nécessaire afin de pouvoir les stocker sur des supports de capacités raisonnables (tels qu'un CD-ROM ou un DVD-ROM) et de pouvoir les retransmettre via des canaux de diffusion conventionnels à débits limités. Il est néanmoins important de conserver une qualité acceptable, permettant de préserver le contenu informationnel du document.

Nous aborderons les bases de la compression numérique dans le chapitre 2. Nous verrons qu'elle s'appuie principalement sur les principes de redondance et sur divers moyens de codage performants. Nous pourrons également voir comment ces principes sont mis en œuvre dans les normes de compression MPEG. La norme JPEG, permettant de comprimer une image fixe, fera également l'objet d'une discussion étant donné son utilisation par deux des normes MPEG.

Après avoir analysé la nature des supports et les formats des documents audiovisuels, nous verrons une méthode utilisée pour l'archivage de ce genre de données. Le chapitre 3 fera un état des lieux par la description du fonctionnement du service IMADOC de la RTBF. Nous détaillerons les points suivants : l'évolution de l'archivage depuis la création de la chaîne de télévision, les outils adoptés pour l'indexation et la recherche de documents ainsi que le travail effectué par les documentalistes.

Le chapitre 4 a pour but de montrer que l'archivage, tel qu'il s'effectue aujourd'hui, présente un certain nombre de limites. Celles-ci concernent aussi bien la sécurité de la conservation des données que l'efficacité de leur archivage et leur consultation. Ces limites ne sont pas spécifiques à la RTBF. Elles s'appliquent aussi à un grand nombre de systèmes d'archivages actuels, quel que soit le domaine abordé.

Face aux lacunes identifiées dans le chapitre précédent, nous essayerons, dans le chapitre 5, d'esquisser une autre architecture pour la création et l'exploitation d'archives. Nous tenterons de déterminer si un archivage basé sur le stockage des documents sous forme numérique peut contribuer à dépasser les limites qui existent actuellement. La mise en place de cette nouvelle architecture ne sera une réussite qu'à condition d'être soutenue par l'ensemble des archivistes de la RTBF. C'est pourquoi nous avons réalisé une enquête auprès des documentalistes. Nous terminerons ce chapitre par l'analyse des résultats de celle-ci.

Les archives audiovisuelles ne serviraient à rien sans une réutilisation la plus large possible des documents sauvegardés. Il ne faut surtout pas sous-estimer leur importante valeur culturelle et éducative. Les musées, de par leur vocation pédagogique et de conservation du patrimoine, sont des lieux de prédilection pour exploiter de telles archives.

Dans le chapitre 6, nous nous intéressons au cas particulier qu'est l'utilisation de documents vidéo dans le cadre d'un Mémorial des Conflits Contemporains au Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire de Belgique.

Après avoir évalué les techniques utilisées actuellement dans les musées pour présenter des documents audiovisuels au public, nous essayerons de proposer une nouvelle méthode plus attrayante. Celle-ci devra tenir compte de la grande interactivité que les responsables de l'exposition veulent obtenir. Dans ce contexte, nous présenterons les technologies qui nous semblent intéressantes pour la réalisation d'un tel projet.

Enfin, le chapitre 7 s'attachera à donner une réalisation concrète des idées exprimées dans le chapitre 6. Nous exposerons l'ensemble des étapes suivies pour le développement d'un prototype pour une salle particulière de l'exposition en préparation au Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire.

Partie I
Fondements

Chapitre 1 Introduction à la nature des documents audiovisuels archivés : l'image, la vidéo et le son

Ce premier chapitre a pour objectif de familiariser le lecteur avec les différents supports de données multimédia. Nous avons fait la distinction entre le son et l'image car il s'agit de deux flux de données différents qui sont cependant appelés à se rejoindre lors de la visualisation des documents audiovisuels. Pour chacun, nous aborderons tout d'abord le monde analogique pour ensuite voir comment passer vers les formats numériques. Ce passage requiert néanmoins la connaissance d'un principe important : le théorème de Nyquist. Celui-ci fera l'objet d'un exposé préliminaire.

Les documents qui nous ont aidés à écrire ce chapitre sont [BENOIT, 1996], [LANDAU et DE PESLOUAN, 1996] et [WATKINSON, 1998]. Ceux-ci donnant parfois des informations contradictoires ou étant incomplets sur certains points, nous avons dû aller chercher des renseignements complémentaires sur le réseau Internet[1].

1.1 Théorème de Nyquist

Le théorème de Nyquist joue un rôle important lors de l'échantillonnage d'un signal analogique. Le but de ce point n'est pas de submerger le lecteur avec des formules compliquées et des démonstrations savantes mais de lui donner une explication intuitive de la raison d'être de ce théorème. Pour cela nous allons utiliser un signal d'une certaine période[2]. En voici la représentation graphique :

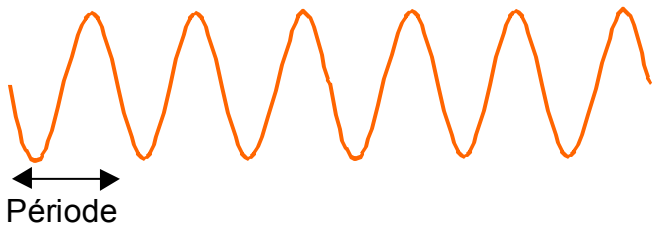


Figure 1.1 - Courbe d'un signal analogique

Afin de pouvoir reconstituer correctement ce signal après échantillonnage, il est impératif de bien choisir la fréquence à laquelle on enregistre l'amplitude de la courbe. On peut observer ci-dessous différents échantillonnages. Les fréquences choisies sont une fois, une fois et demie et deux fois la fréquence du signal d'origine.

[1] Voir bibliographie.
[2] "Temps qui s'est écoulé entre deux passages successifs d'un système oscillant dans la même position et dans le même sens". (*Le petit Robert*, s.v. *période*)

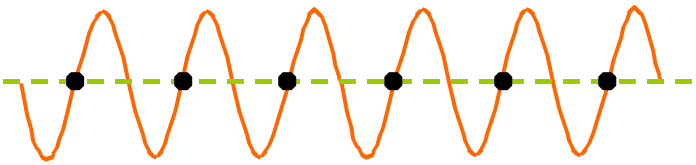


Figure 1.2 - Echantillonnage à une fois la fréquence du signal

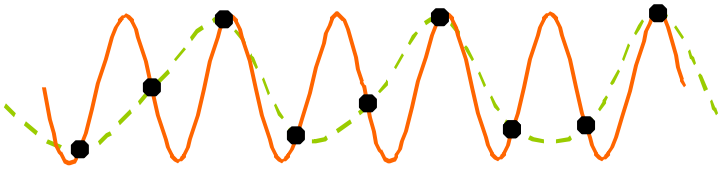


Figure 1.3 - Echantillonnage à une fois et demie la fréquence du signal

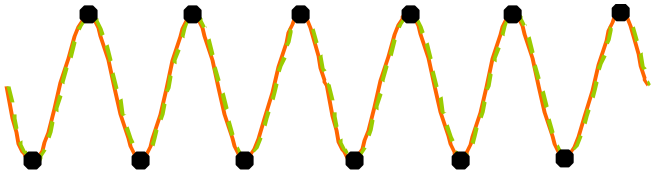


Figure 1.4 - Echantillonnage à deux fois la fréquence du signal

On peut constater qu'avec une fréquence d'échantillonnage au moins égale à deux fois la fréquence du signal d'origine, on peut recréer un signal conforme à celui de départ. Dans les autres cas, les pertes d'informations sont telles qu'elles ne permettent pas la reconstitution de la courbe échantillonnée.

1.2 L'image et la vidéo

Depuis le cinéma des frères Lumière, l'image animée a connu de nombreuses et importantes évolutions. Ainsi, les projections muettes ont progressivement fait place à des films sonorisés et le film noir et blanc a été rejoint par la pellicule couleur. L'apparition de la télévision, en noir et blanc dans un premier temps, en couleurs ensuite, a constitué un nouveau tournant dans cette histoire en introduisant des productions audiovisuelles au cœur des foyers. De nos jours, il est même possible de regarder des séquences sur un ordinateur personnel. Les images font aujourd'hui partie intégrante de notre vie.

Les formats permettant la diffusion de ces images ont suivi les évolutions des technologies audiovisuelles. En effet, le négatif chimique ne permettant pas une diffusion à large échelle telle qu'envisagée pour la télévision, la vidéo analogique a fait son apparition. L'avènement du digital a ensuite fait apparaître l'envie de manipuler des images numériques.

Les caractéristiques de ces différents formats seront détaillées dans les points suivants. Celles-ci nous permettront de mieux cerner les difficultés, les contraintes, les limitations liées au traitement d'images.

1.2.1 Le film

La pellicule est basée sur des réactions chimiques : un film recouvert de cristaux sensibles à la lumière permet la reproduction des images. Le film est encore de nos jours le format qui permet d'atteindre la meilleure qualité en termes de définition, de rendu des couleurs et de fluidité.

Le film "35 mm" est le plus couramment utilisé. Il comporte environ 10 à 25 millions de points par image et permet de reproduire entre 16 millions et 1 milliard de couleurs. Afin de pouvoir restituer des objets en mouvement, les caméras enregistrent 24 images par seconde.

1.2.2 La vidéo analogique

L'arrivée de la télévision a nécessité la création d'un nouveau format : la vidéo analogique. Cette technologie permet le transport d'images par l'intermédiaire de câbles ou d'ondes radio car les caméras utilisées transforment les variations lumineuses reçues en variations électriques.

Le principe exploité pour la télévision noir et blanc est relativement simple. En effet, l'intensité lumineuse mesurée en un point de l'image sera traduite en une tension correspondante. Les points blancs possèdent une luminosité très forte et se traduisent par une tension élevée alors que les points noirs sont peu lumineux et donnent une tension plus faible. Entre ces deux extrêmes, on peut retrouver tous les niveaux de gris. Le seul signal à envoyer s'appelle la luminance (représentée par la lettre Y).

La télévision couleur se base sur l'utilisation des trois couleurs primaires : le rouge (R), le vert (V) et le bleu (B). Pour chaque point d'une image couleur, il faut transmettre trois signaux correspondant à ces trois couleurs. Cependant, la compatibilité avec les nombreux téléviseurs noir et blanc, encore en service, devait être assurée. Par conséquent, le signal Y devait toujours être transmis. Celui-ci est obtenu grâce à une somme pondérée des signaux R, V et B. Pour être capable de restituer la couleur, deux signaux de chrominance (C_r et C_b) sont également envoyés.

Calcul de la luminance (Y)[3]

La luminance peut être facilement obtenue à partir des signaux rouge (R), vert (V) et bleu (B). La formule utilisée est la suivante : $Y = 0,3\ R + 0,59\ V + 0,11\ B$.

[3] Source : [ESTEVE, 2000]

Cette formule résulte du fait que la vision humaine est réduite à une certaine gamme de longueurs d'ondes lumineuses et que l'œil ne perçoit pas les couleurs avec la même sensibilité. La figure ci-dessous illustre la réponse des yeux aux différentes longueurs d'ondes.

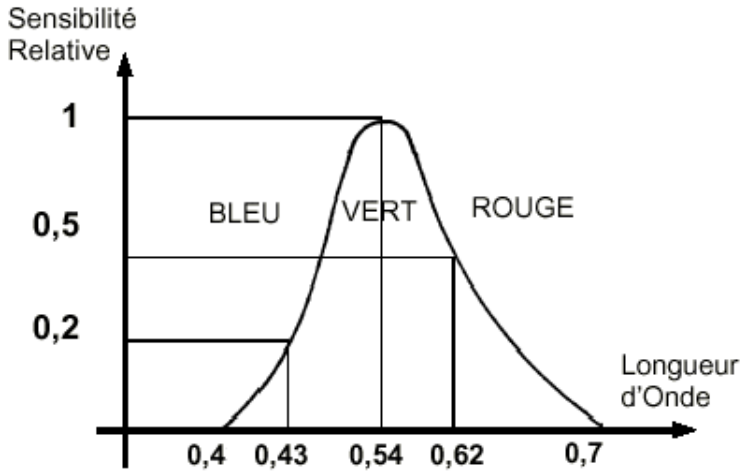


Figure 1.5 - Sensibilité de l'œil aux couleurs

Si on prend la sensibilité de l'œil au vert comme base, on voit que le rouge est perçu deux fois moins bien alors que le bleu l'est cinq fois moins. Ainsi, la sensibilité globale est de 1 + 0,5 + 0,2 = 1,7. Dès lors on peut déterminer la part de chaque couleur dans la sensibilité globale :

- La part de R est de 0,5/1,7 = 0,3
- La part de V est de 1/1,7 = 0,59
- La part de B est de 0,2/1,7 = 0,11

Ces coefficients nous donnent la pondération à appliquer pour chaque couleur afin d'obtenir une valeur pour la luminance.

Les signaux de chrominance (C_r et C_b)

Ces deux signaux associés à la luminance doivent contenir toutes les informations nécessaires afin de pouvoir retrouver les valeurs de R, V et B indispensables à l'affichage d'une image couleur.

Pour des raisons de compatibilité avec les écrans monochromes ainsi que de respect des débits disponibles sur les canaux de télévision déjà existants, on envoie, en même temps que Y, deux signaux de différence de couleur. Un choix a été fait parmi trois possibilités : R - Y, B - Y et V - Y.

Le signal V - Y possède l'amplitude la plus faible parce que le vert a la pondération la plus forte dans le calcul de Y. Il est donc plus sensible au bruit[4]. En conséquence, ce sont les signaux R - Y et B - Y qui ont été sélectionnés pour former la chrominance. Ceux-ci sont notés respectivement C_r (chrominance rouge) et C_b (chrominance bleue).

Le gain de bande passante peut être réalisé grâce à des signaux de différence de couleurs car l'œil humain utilise la luminance pour transmettre les détails d'une image et n'a donc pas besoin d'une résolution importante pour les couleurs. Le signal Y doit être transmis à un débit suffisamment élevé pour conserver une netteté satisfaisante de l'image. On peut par contre envoyer des signaux de chrominance à des débits pouvant atteindre seulement un quart de celui de la luminance.

Les calculs pour retrouver R, V et B à partir de la luminance et de la chrominance sont relativement simples. Les signaux R et B sont obtenus en additionnant la valeur de Y à C_r et C_b. Quant à la valeur de V, elle peut être calculée grâce à la transformation de la formule de la luminance[5] : V = (Y - 0,3 R - 0,11 B) / 0,59.

Les modes d'affichage

Il existe deux méthodes d'affichage pour un écran. Le balayage progressif procède ligne par ligne, de gauche à droite et de haut en bas. L'inconvénient de ce système est qu'il provoque des scintillements en raison du délai élevé nécessaire au rafraîchissement d'une zone de l'écran.

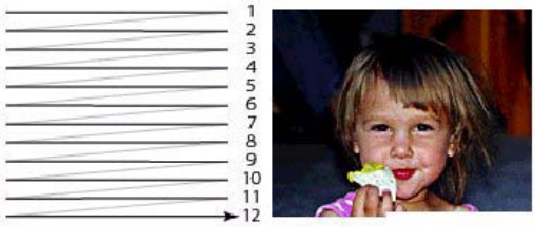


Figure 1.6 - Balayage progressif[6]

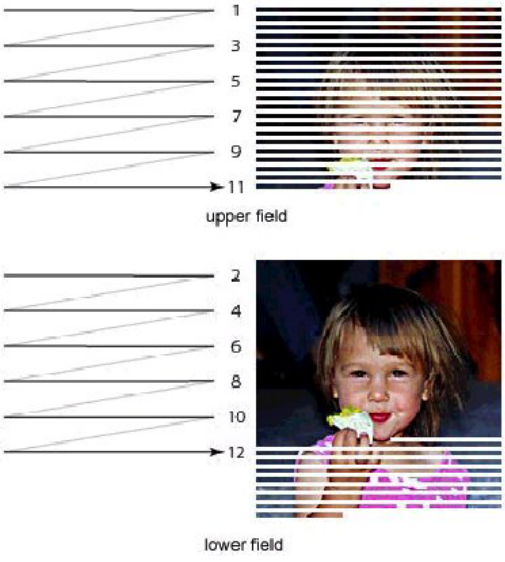


Figure 1.7 - Balayage entrelacé[6]

[4] Le bruit est défini comme tout signal parasite se superposant au signal utile lors de l'envoi de données à travers un canal de transmission.
[5] Voir point précédent.
[6] Source: [ADOBE SYSTEMS INC].

La solution, utilisée par tous les écrans de télévision actuels, consiste en un balayage entrelacé : le rafraîchissement ne se fait plus que pour une ligne sur deux. L'image est décomposée en deux trames transmises consécutivement. La première transmettant les lignes impaires, la seconde les paires. Cela a permis de doubler le taux de rafraîchissement, offrant ainsi un meilleur confort de vision.

Il n'existe pas de standard unique au monde pour la télévision. On peut malgré tout recenser trois normes principales : le NTSC (National Television Standard Committee), le PAL (Phase Alternating Line) et le SECAM (Séquentiel Couleur A Mémoire).

Le premier, développé aux États-Unis en 1953, est utilisé en Amérique du Nord et dans divers autres pays tels que le Japon. Ce système présente une grande sensibilité des couleurs lors de la transmission[7]. Ce principal défaut a été corrigé avec le PAL, utilisé par la plupart des pays européens. La dernière norme a été développée par la France, pour des motivations principalement politiques[8]. Elle a été adoptée par beaucoup de pays de l'Europe de l'Est afin d'avoir une certaine incompatibilité avec les transmissions des pays de l'Ouest.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques des différents standards.

	NTSC	**PAL et SECAM**
Nombre de lignes	525	625
Nombre de points par ligne[9]	700	830
Nombre d'images par seconde	30	25
Fréquence lignes[10]	15,750 kHz	15,625 kHz
Bande passante	4,2 MHz	5,5 MHz
Taux de rafraîchissement	60 Hz[11]	50 Hz
Mode d'affichage	Balayage entrelacé	Balayage entrelacé

Tableau 1.1 - Caractéristiques du NTSC, du PAL et du SECAM

On peut remarquer que toutes les normes utilisent le balayage entrelacé qui permet d'avoir un compromis entre les scintillements et la bande passante nécessaire à la transmission du signal vidéo. Il est intéressant de noter que le taux de rafraîchissement utilisé est identique à la fréquence du secteur alternatif qui est de 60 Hz aux USA et de 50 Hz en Europe. Ceci permet d'éviter des problèmes tels que les rayonnements dus aux fuites magnétiques des transformateurs d'alimentation et les filtrages imparfaits. Cela a influencé le nombre d'images par seconde.

[7] D'où son surnom Never Twice the Same Color.

[8] Afin de protéger les entreprises françaises. Ainsi, SECAM peut aussi se lire System Essentially Contrary to American Method.

[9] Le rapport entre la largeur et la hauteur d'une image de télévision est de 4/3. Pour obtenir le nombre de points par ligne, il suffit de multiplier le nombre de lignes par 4/3.

[10] Nombre de lignes par seconde (nombre de lignes par image * nombre d'image par seconde)

[11] L'apparition de la couleur a provoqué des problèmes d'interférence. La solution choisie a été d'augmenter le temps nécessaire à l'envoi d'une trame de 0,1 %. Par conséquent le taux de rafraîchissement est devenu 60 Hz * 1000/1001, soit environ 59,94 Hz et la fréquence ligne 15,750 kHz * 1000/1001, c'est-à-dire plus ou moins 15,734 kHz.

Il faut encore préciser que le nombre de lignes effectivement affichées sur l'écran d'une télévision est inférieur de 8% au nombre de lignes total car une partie de la bande passante est utilisée pour une synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. Ainsi, la taille réelle d'une image est de 768*576 pour le PAL et le SECAM et de 640*480 pour le NTSC.

1.2.3 La vidéo numérique

Ces 50 dernières années, nous avons assisté à l'introduction des ordinateurs dans notre vie quotidienne. D'énormes progrès ont été réalisés au niveau des performances de calcul et de la miniaturisation. La vidéo ne pouvait pas passer à côté de la montée en puissance du monde informatique et numérique. C'était une opportunité d'obtenir une plus grande maniabilité et une plus grande souplesse pour contourner les problèmes d'incompatibilité des équipements analogiques. Le traitement numérique offre également une solution à la perte de qualité qui peut survenir lors de la manipulation d'un signal analogique.

Il est cependant important de signaler que si la vidéo numérique possède de réels avantages, elle impose la résolution préalable de certains problèmes. Il existe en effet des différences importantes entre le monde de la télévision et celui de l'ordinateur.

Tout d'abord, les fréquences et les modes de balayage ne sont pas identiques : un moniteur d'ordinateur effectue un balayage progressif avec un taux de rafraîchissement allant de 50 à plus de 100 Hz tandis qu'un écran de télévision applique un balayage entrelacé à une fréquence de 50 ou 60 Hz.

De plus il existe une disparité entre les formats d'images affichés par les téléviseurs et les écrans d'ordinateurs. Si la norme VGA (640 points * 480 lignes) était directement calquée sur le format NTSC, il est actuellement plus courant d'utiliser des résolutions plus élevées.

Comme vu précédemment, une image couleur est représentée par trois signaux : Y, C_r et C_b. Pour pouvoir la numériser, il faut transformer ces signaux analogiques en valeurs numériques. Cette transformation s'effectue par l'opération d'échantillonnage. Pour la caractériser on utilise la notation A:B:C. Les principaux formats rencontrés en pratique sont : 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 et 4:1:1. Le tableau suivant explique les détails de ces formats.

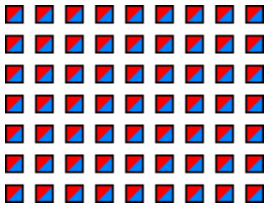
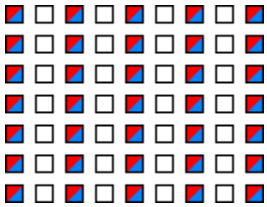
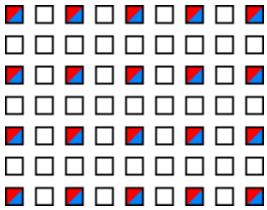
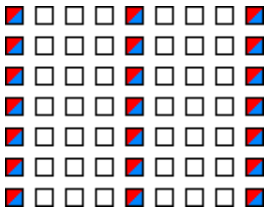
Format	Illustration[12]	Commentaires
4:4:4		Ce format est essentiellement utilisé par des professionnels et lors de montages vidéo. Il offre la meilleure qualité d'image car il y a autant d'échantillons de luminance (Y) que de chrominance (C_r et C_b)
4:2:2		Ce format propose un sous-échantillonnage horizontal de la chrominance de l'ordre de 2:1. Il y a donc un échantillon de chrominance pour deux échantillons de luminance.
4:2:0		Ce format procure un sous-échantillonnage à la fois horizontal et vertical de la chrominance d'un facteur 2:1. Il correspond au 4:2:2 si l'on ne mesure la chrominance qu'une ligne sur deux. Un échantillon de C_b et C_r est utilisé pour colorier un carré de 2*2 échantillons de Y.
4:1:1		Le sous-échantillonnage proposé par ce format est horizontal et de proportion 4:1. Ce format est souvent confondu avec le 4:2:0 car on prend également un échantillon de C_b et C_r pour quatre Y. Mais il s'agit ici de quatre échantillons consécutifs sur une même ligne.
■ Échantillon de luminance et chrominance □ Échantillon de luminance		

Tableau 1.2 - Caractéristiques des formats *A:B:C*

La numérisation des images vidéo a donné lieu à la norme CCIR 601 (ITU-R BT.601-2) universellement reconnue. Elle recommande l'emploi de fréquences d'échantillonnage qui sont des multiples entiers d'une fréquence fondamentale de 3,375 MHz. Cette dernière a été obtenue à partir des fréquences ligne des standards PAL-SECAM et NTSC. En conséquence, il y a un nombre entier d'échantillons sur une ligne et ceux-ci sont placés de manière à former des colonnes bien verticales. Pour atteindre un nombre suffisant d'échantillons par ligne, il faut utiliser une fréquence quatre fois plus importante que la fréquence fondamentale. La norme propose donc un échantillonnage de la luminance à 13,5 MHz. Cette fréquence permet de restituer parfaitement une séquence d'images car elle

[12] Source : [SINTAS, 1999].

est supérieure à deux fois la bande passante maximale d'une vidéo[13] qui est de 6 MHz. Le nombre d'échantillons par ligne active[14] pour le signal de Y a été fixé à 720.

Une autre caractéristique de la norme est l'utilisation du format 4:2:2. Ce format présentant un sous-échantillonnage de la chrominance de l'ordre de 2:1, la fréquence d'échantillonnage de chaque signal de différence de couleur est de 6,75 MHz et le nombre d'échantillons est de 360 par ligne active.

Le codage des échantillons Y, C_r et C_b peut s'effectuer sur 8 ou 10 bits.

Les vidéos numériques possèdent un gros désavantage qui est le grand débit nécessaire à leur manipulation. Dans le cas d'une séquence animée numérisée avec la norme CCIR 601, la transmission demanderait un débit de 27 Mbytes/s pour un codage sur 8 bits et un débit de 34 Mbytes/s avec un codage sur 10 bits. Cela constitue également un problème pour le stockage, il faudrait plus d'1 Go pour enregistrer une minute de vidéo. Heureusement le prix d'un Go a fortement diminué et la taille des disques n'a cessé d'augmenter. Ceci n'empêche pas que de nombreux efforts ont été entrepris afin de ramener les débits à des tailles raisonnables. Ces travaux ont abouti à un certain nombre de méthodes de compression numérique. Les plus connues sont sans doute les normes MPEG (Motion Picture Experts Group).

Si les formats décrits ci-dessus semblent relativement satisfaisants pour numériser une image vidéo destinée à être affichée sur un téléviseur ou sur un écran d'ordinateur, ils s'avèrent complètement insuffisants pour traiter un film 35 mm. En effet, on estime qu'une simple ligne d'une image de film comporte plusieurs milliers de points alors que la norme 4:2:2 propose seulement 720 échantillons par ligne.

1.3 Le son

1.3.1 Perception du son

Un flux audio peut être représenté par une courbe en fonction de la fréquence et de l'intensité du son. Sur cette courbe, les sons graves se situent dans les basses fréquences alors que les aigus correspondent aux hautes fréquences. Toutes les composantes fréquentielles d'un son ne sont cependant pas perçues de la même manière. En effet, le système auditif humain est imparfait et il existe un seuil de perception au-delà duquel le son est inaudible. Notre oreille n'est capable de percevoir que les sons dont la fréquence est inférieure à 20 kHz. A titre de comparaison, la voix produit des sons dont les fréquences sont comprises entre 100 Hz et plus ou moins 4 kHz. De plus, si l'on observe la courbe de Fletcher-Munsen (Figure 1.8), on constate que la perception n'est maximale que dans l'intervalle allant de 2 kHz à 4 kHz. Les sons les plus graves (< 2 kHz) ou les plus aigus (> 4 kHz) nécessitent un volume plus élevé pour être perçus par l'oreille.

[13] Voir théorème de Nyquist.
[14] Il s'agit de la partie de la ligne contenant réellement l'image vidéo.

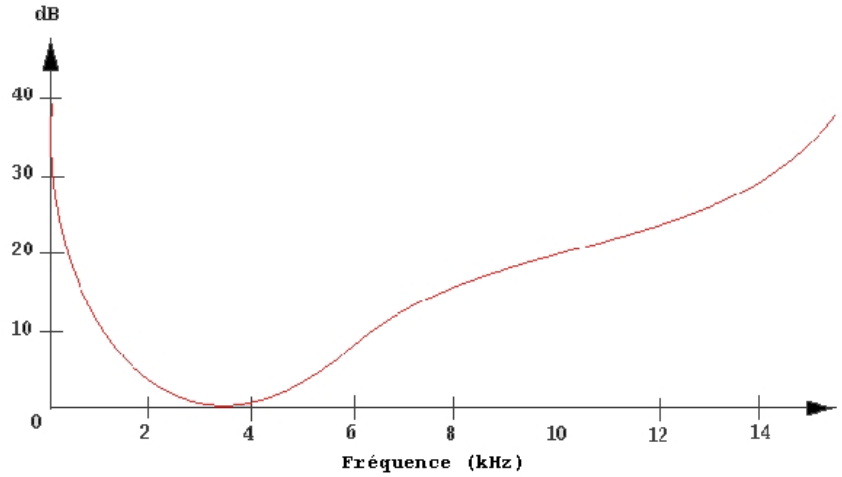


Figure 1.8 - Seuil de perception des sons par l'oreille humaine en fonction de leur fréquence[15]

(Courbe de Fletcher-Munsen)

1.3.2 L'audio numérique

La transformation d'un signal analogique vers un signal digital (Figure 1.9) s'effectue en menant une opération d'échantillonnage suivie d'une quantification. L'échantillonnage consiste à découper le flux audio à intervalles réguliers, alors que la quantification permet de représenter chaque morceau ainsi créé par une valeur discrète qui pourra par la suite être transformée en une séquence binaire. Cette transformation des échantillons en nombres est nommée Pulse Code Modulation (PCM).

Figure 1.9 - Transformation d'un signal analogique en séquence binaire

Cette méthode permet de conserver une qualité élevée à condition que la fréquence d'échantillonnage et que le nombre de bits utilisés pour représenter les valeurs soient suffisants. En effet, selon le théorème de Nyquist, un signal échantillonné temporellement peut être reproduit de manière fidèle si son domaine fréquentiel ne dépasse pas la moitié du taux d'échantillonnage. Un taux d'échantillonnage de 44.100 Hz, utilisé pour les données contenues sur un CD audio, pourra ainsi représenter de manière fidèle un signal se situant dans l'intervalle de fréquence allant de 0 Hz à 22.050 Hz[16]. En général, la quantification

[15] Source : [SLAMA, 1999].
[16] Ce qui couvre largement le domaine des fréquences audibles par le système auditif humain.

s'effectuera sur 16 bits, ce qui permet d'affecter des valeurs comprises entre 0 et 65.535. Par conséquent, la taille des fichiers produits via la méthode PCM est assez importante : une seconde de flux audio sera encodée à l'aide d'environ 1,4 Mbit[17] (une minute demandera donc approximativement 10 Mo). Au vu de ces chiffres, on comprend aisément la nécessité d'une technique de compression.

Il existe de nombreux formats capables d'obtenir des fichiers moins volumineux : MP3, VQF, OGG (Ogg Vorbis), WMA (Microsoft)… Ceux-ci mettent en œuvre des méthodes de codage impliquant des pertes mais offrent une réduction de la taille du flux compressé. Nous nous attarderons ici principalement sur les formats développés dans le cadre des normes MPEG.

[17] 44.100 valeurs par seconde * 16 bits * 2 (stéréo) = 1.411.200 bit/sec = 1,4 Mbit/sec.

Chapitre 2 Introduction à la compression de données audiovisuelles

Dans le chapitre précédent nous avons vu que le numérique s'impose de plus en plus dans le monde audiovisuel. Malgré les avantages qu'il présente, il est handicapé par le grand nombre de données qu'il génère. Il nous semble dès lors intéressant de nous attarder sur les technologies dont l'on dispose actuellement pour réduire la quantité d'informations nécessaires à la restitution d'un document audiovisuel. Celles-ci permettent également d'optimiser l'archivage en facilitant le stockage et la manipulation des données.

Parmi toutes les techniques de compression actuelles nous avons décidé d'écarter tous les formats propriétaires et de nous concentrer uniquement sur les normes internationales. Nous avons choisi MPEG parce qu'il s'agit d'une norme très répandue. La norme JPEG fera également l'objet d'une discussion étant donné son utilisation par deux normes MPEG.

Nous avons trouvé pratiquement toutes les informations nécessaires à la rédaction de ce chapitre dans les mêmes ouvrages que ceux consultés pour écrire le chapitre précédent[18]. Le site officiel des normes MPEG[19] nous a également permis d'obtenir des données officielles. Afin de vérifier nos sources ou pour obtenir des informations complémentaires nous avons visité plusieurs sites Internet[20].

2.1 L'image et la vidéo

2.1.1 La redondance de l'image

De manière générale, la redondance concerne toutes les données contenues dans un message qui n'entraînent aucune augmentation de la quantité d'information pertinente. En d'autres mots, éliminer les informations redondantes permet de diminuer la taille d'un message sans en altérer le sens. Dans le cas d'une image ou d'une vidéo, il existe quatre niveaux différents de redondance qui sont de type spatial, temporel, subjectif et statistique.

Le premier type de redondance (c'est-à-dire la redondance spatiale) s'applique sur le contenu d'une image. Ainsi, la description d'une image pixel par pixel introduit un énorme gaspillage, surtout dans le cas où elle est composée de beaucoup de zones uniformes. Il serait beaucoup plus intéressant d'envoyer une seule fois la valeur correspondant à la couleur de la zone. En conséquence, cette méthode permet de réduire le nombre d'informations à envoyer sans pour autant dégrader la qualité de l'image.

Si la technique précédente peut être utilisée sur une image fixe, les séquences vidéo ajoutent un nouveau type de redondance située au niveau temporel. En effet, on peut remarquer que deux images successives, sauf dans le cas d'un changement de plan, présentent des similitudes importantes. Une prise de vue panoramique n'apportera des informations

[18] Voir introduction du Chapitre 1.
[19] Site officiel : mpeg.telecomitalialab.com.
[20] Voir bibliographie.

nouvelles que sur un des bords de l'image. Tout comme dans le cas précédent, ce procédé n'induit pas de perte de qualité.

La redondance subjective intervient lorsqu'on décide d'accorder moins d'importance à certaines informations. Celles-ci peuvent alors soit être éliminées, soit être codées avec moins de précision. Contrairement aux autres techniques, la redondance subjective entraîne une compression avec pertes. Cependant, l'utilisation de cette méthode est justifiée pour retirer les informations non perçues par un spectateur en raison des faiblesses naturelles des organes humains.

Enfin, il est possible d'exploiter la redondance statistique du contenu des images. L'idée est de coder les éléments les plus fréquents par un code très court et les éléments moins fréquents par un code plus long. Le but est bien entendu de réduire au maximum la longueur du code représentant l'image envoyée. Ce procédé peut, lui aussi, être qualifié de non destructif.

2.1.2 Les normes de compression

La norme JPEG

La norme JPEG (Joint Photographic Experts Group) est couramment utilisée en informatique pour comprimer des images fixes. Il s'agit donc d'une norme effectuant un codage intra-images. Cependant, il est intéressant d'étudier son fonctionnement car il a servi de base à l'élaboration des normes MPEG-1 et MPEG-2. En exploitant la redondance spatiale, il permet d'atteindre un taux de compression de dix sans engendrer de baisse perceptible de la qualité. Il est également utilisé dans des magnétoscopes ou des systèmes de montage vidéo où chaque image est codée de manière indépendante. Ce format est connu sous le nom de Motion JPEG ou MJPEG.

Une image numérique est composée de petites surfaces élémentaires appelées pixels[21]. Ceux-ci sont organisés dans un système à deux dimensions et sont donc caractérisés par une abscisse et une ordonnée. A chaque pixel correspondent trois valeurs : la luminance (Y) et deux valeurs de chrominance (C_r et C_b). Une image peut ainsi être vue comme étant un ensemble de trois matrices m*n où m indique le nombre de lignes et n le nombre de pixels par ligne.

Le cœur de l'algorithme de compression est la Transformée en Cosinus Discrète ou Discrete Cosine Transform (DCT). Le but de cette transformation est de mettre l'image sous une forme plus propice à la détection de la redondance. Par une formule mathématique utilisant des fonctions cosinus, la matrice f(x,y) va être convertie en une matrice F(u,v). En conséquence, l'ensemble de points issus d'un domaine spatial est modifié en une représentation équivalente dans le domaine fréquentiel. Dans cet espace, les détails fins d'une image auront une fréquence élevée tandis que les zones assez uniformes auront des composants fréquentiels faibles. On pourra alors décider la précision à laquelle seront codées les fréquences en sachant que l'œil humain est moins sensible aux détails.

[21] Contraction des mots *picture* et *element*.

Bien entendu, l'opération de transformation linéaire n'est qu'une partie du processus de compression. Ce dernier compte six étapes : la décomposition en blocs et normalisation, DCT, la quantification, le balayage en zigzag, le codage à longueur variable et enfin le codage entropique.

Étape 1 : La décomposition en blocs et normalisation

Étant donné que les calculs appliqués sur l'image entière s'avèrent relativement complexes, la première étape de l'algorithme JPEG consiste à découper l'image en blocs de 8 x 8 pixels. Ainsi les calculs, qui s'effectuent sur des matrices de 64 nombres entiers, peuvent être réalisés par des circuits de complexité raisonnable.

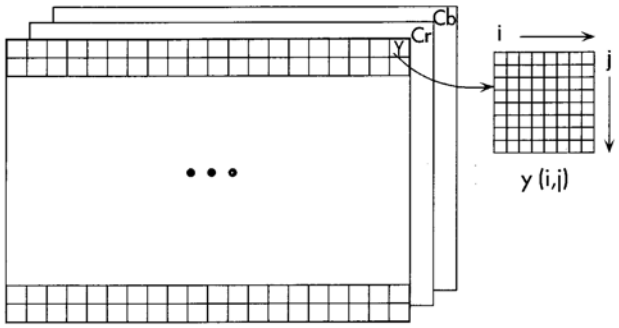


Figure 2.1 - Décomposition en blocs

Lors de l'encodage d'une image codée en 4:2:2 sur 24 bits (c'est-à-dire 8 bits pour chacun des composants Y, C_r et C_b), les valeurs des éléments de chaque bloc se trouvent dans un intervalle allant de 0 à 255. JPEG soustrait 128 à ces valeurs afin de les ramener entre -128 et 127.

Étape 2 : Transformée Cosinus Discrète (DCT)

Comme vu précédemment, l'algorithme JPEG applique une transformation linéaire afin de passer du domaine spatial au domaine des fréquences, plus propice à la détection des éléments moins importants d'une image. Cette étape est effectuée en appliquant, sur les blocs de 8 x 8 pixels, la formule suivante :

$$F(u,v) = \frac{1}{4} \cdot C(u) \cdot C(v) \cdot \sum_{x=0}^{7} \sum_{y=0}^{7} f(x,y) \cdot \cos\frac{\pi(2x+1)u}{16} \cdot \cos\frac{\pi(2y+1)v}{16}$$

où $\begin{cases} C(0) = \frac{1}{\sqrt{2}} \\ C(i) = 1 \qquad i > 0 \end{cases}$

Le résultat est un nouveau bloc 8 x 8 contenant 64 coefficients fréquentiels. Dans ce nouveau bloc, les coefficients correspondant aux basses fréquences sont situés dans la partie supérieure gauche et les coefficients liés aux hautes fréquences dans la partie inférieure droite. En général, plus on se dirige vers le coin inférieur droit, plus les valeurs se rapprochent de 0. Ceci montre que les données constituant l'image sont principalement situées dans les basses fréquences. L'élément (0,0) représente la moyenne d'éclairement de la matrice. En fait, il ne s'agit pas d'une moyenne au sens arithmétique du terme mais d'une valeur proportionnelle à la somme des composantes du bloc de départ. Toutes les autres valeurs de la matrice DCT sont des écarts par rapport à cette moyenne.

Cette étape est entièrement transparente et réversible. Par conséquence elle n'entraîne aucune perte, si on ne tient pas compte des erreurs d'arrondis qu'elle introduit.

Matrice de départ

11	16	21	25	27	27	27	27
16	23	25	28	31	28	28	28
22	27	32	35	30	28	28	28
31	33	34	32	32	31	31	31
31	32	33	34	34	27	27	27
33	33	33	33	32	29	29	29
34	34	33	35	34	29	29	29
34	34	33	33	35	30	30	30

Matrice DCT

236	-1	-12	-5	2	-2	-3	1
-23	-18	-6	-3	-3	0	0	-1
-11	-9	-2	2	0	-1	-1	0
-7	-2	0	2	1	0	0	0
-1	-1	2	2	0	-1	1	1
2	0	2	0	-1	2	1	-1
-1	0	0	-2	-1	2	1	-1
-3	2	-4	-2	2	1	-1	0

Figure 2.2 - Exemple de transformation d'une matrice par DCT

Étape 3 : Quantification des éléments de la matrice DCT

L'étape de quantification consiste à diviser chaque élément de la matrice DCT par la valeur correspondante d'une matrice de quantification (Q) et à arrondir le résultat à l'entier le plus proche. Le but de cette partie de l'algorithme est de réduire le nombre de bits qui seront nécessaires pour stocker les valeurs contenues dans la matrice DCT. Il s'agit de l'étape où une partie de l'information initiale sera perdue, donnant ainsi à JPEG son caractère de codage à perte.

Il n'y a aucune contrainte imposée par JPEG sur la matrice de quantification. Cependant, pour que celle-ci soit efficace, il est nécessaire de placer des entiers de plus en plus grands à mesure que l'on s'éloigne de la position (0,0). Ainsi, ce sont les plus hautes fréquences qui seront le plus réduites. Il est également intéressant de pouvoir régler le niveau de compression utilisé. Pour ce faire, on pourra utiliser des matrices symétriques, pour lesquelles on peut choisir le "pas de quantification" (K). Elles sont construites sur la base de la formule suivante : $q_{i,j} = 1 + K(1 + i + j)$

Matrice de quantification

3	5	7	9	11	13	15	17
5	7	9	11	13	15	17	19
7	9	11	13	15	17	19	21
9	11	13	15	17	19	21	23
11	13	15	17	19	21	23	25
13	15	17	19	21	23	25	27
15	17	19	21	23	25	27	29
17	19	21	23	25	27	29	31

Matrice DCT

236	-1	-12	-5	2	-2	-3	1
-23	-18	-6	-3	-3	0	0	-1
-11	-9	-2	2	0	-1	-1	0
-7	-2	0	2	1	0	0	0
-1	-1	2	2	0	-1	1	1
2	0	2	0	-1	2	1	-1
-1	0	0	-2	-1	2	1	-1
-3	2	-4	-2	2	1	-1	0

Matrice quantifiée

79	0	-2	-1	0	0	0	0
-5	-3	-1	0	0	0	0	0
-2	-1	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 2.3 - Exemple de quantification (K=2) d'une matrice DCT

Étape 4 : Balayage en zigzag de la matrice

Après l'étape de quantification, on transforme la matrice sous forme d'un vecteur, plus facile à transmettre. Pour ce faire, on parcourt la matrice en zigzag en commençant par le coin supérieur gauche et en se dirigeant vers le coin inférieur droit.

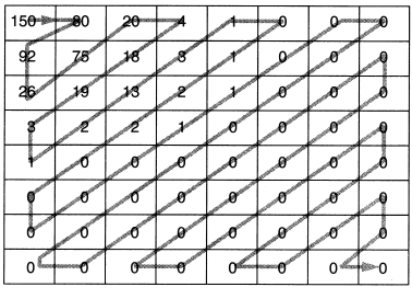


Figure 2.4 - Parcours en zigzag de la matrice

Étape 5 : Codage à longueur variable

Comme la matrice obtenue après la quantification contient un grand nombre de zéros, le vecteur possèdera de longues séries de zéros consécutifs. Plutôt que d'envoyer la suite de zéros telle quelle, il est plus intéressant de transmettre le nombre de zéros jusqu'au prochain coefficient non nul. Ainsi la longueur effective du code à transmettre dépendra du nombre de séries et de leur longueur. En effet, la compression d'un vecteur sera meilleure s'il contient peu de séries de zéros mais de longueur importante.

Étape 6 : Codage entropique

La dernière technique utilisée par JPEG pour réduire la quantité de données à transporter consiste à attribuer aux coefficients non nuls du vecteur un code dont la longueur est fonction de leur occurrence. Les éléments les plus fréquents seront codés par un mot court tandis que les éléments revenant moins souvent se verront attribuer un code plus long. Le lien entre les éléments et leur code est réalisé par l'intermédiaire d'une table d'indexation. Ce type de codage est aussi appelé codage de Huffman.

Figure 2.5 - Rappel des principales étapes du codage JPEG

Décodage

Etant donné que l'algorithme JPEG concentre une bonne partie de sa complexité dans la phase de codage, le décodage devient relativement simple. Le principe général est de reprendre les étapes du codage en sens inverse.

A partir de la matrice encodée, il faudra retrouver la matrice DCT quantifiée grâce à l'application inverse du codage entropique et du codage à longueur variable. Ensuite, la matrice déquantifiée sera obtenue en multipliant ses éléments par ceux qui lui correspondent dans la matrice de quantification. Enfin, pour obtenir la matrice finale, il sera encore nécessaire d'appliquer la transformée cosinus discrète inverse.

Le résultat final correspond alors à la matrice initiale moins les approximations introduites lors du codage par la phase de quantification.

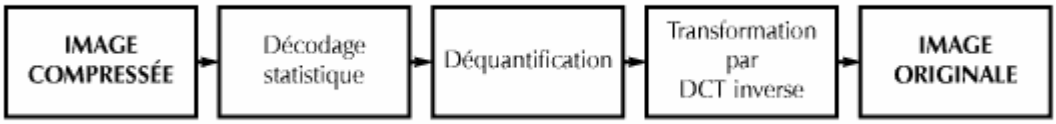


Figure 2.6 - Principales étapes du décodage JPEG

Les normes MPEG

MPEG (Moving Picture Experts Group) est un groupe de travail de l'organisme ISO/IEC. Il est chargé de mettre au point des normes de compression, de décompression et de traitement des images animées et des sons. Il s'occupe également de définir la manière dont les composantes auditives et visuelles sont assemblées. Il a été constitué en 1988 et a depuis produit plusieurs normes. Le travail du groupe n'est cependant pas encore terminé car d'autres normes sont en développement ou en projet. Toutes ces normes feront l'objet d'une discussion plus détaillée. Il faut cependant signaler que l'évolution des normes MPEG ne suit pas une logique d'amélioration de la qualité de la compression mais s'attache à atteindre des buts différents. De plus, l'objectif n'est pas de normaliser à outrance mais de fournir des normes définissant uniquement ce qui est nécessaire pour obtenir une interopérabilité entre les différentes implémentations.

MPEG-1

Cette norme, approuvée en 1992, visait à restituer des images animées associées à du son stéréo synchrone à un débit global de 1,5 Mbits/s (1,15 Mbits/s est réservé à l'image, le reste est consacré au son). Ce débit a été choisi pour assurer la compatibilité avec celui des disques compacts. Pour atteindre un tel taux de compression, qui est d'environ 140, il a fallu concéder de sévères dégradations de l'image originale, qui est au format 4:2:2. Tout d'abord, on a décidé de réduire la résolution verticale de moitié en éliminant une des deux trames composant les images vidéo. Ensuite, la résolution horizontale est également diminuée de moitié en ne gardant qu'un seul pixel sur deux. L'image qui en résulte est au format SIF (Source Intermediate Format) et possède une résolution de 360*288[22]. Cette qualité est comparable à celle obtenue avec un signal vidéo VHS. Le passage au format SIF, qui est le format-source à partir duquel sera effectuée la compression MPEG-1, permet de réduire le nombre d'informations à coder d'un facteur quatre.

En plus d'exploiter la redondance intra-images comme le fait JPEG, MPEG tiendra également compte de la redondance temporelle, c'est-à-dire des faibles différences qui existent entre deux images consécutives. On retrouve ainsi plusieurs types d'images dans une séquence MPEG-1 : les images I (Intra), les images P (Prédites) et les images B (Bidirectionnelles). Les images I sont codées indépendamment des autres en utilisant l'algorithme JPEG. Les images P sont définies par rapport à l'image I ou P précédente en utilisant la technique d'estimation de mouvement. Quant aux images B, elles sont obtenues grâce à une prédiction bidirectionnelle à partir des images I et P qui les encadrent. Une séquence – aussi appelée *group of pictures* (GOP) – composée de ces images peut être caractérisée par deux paramètres fondamentaux : la distance entre deux images Intra (notée N) et la distance entre deux images prédites (notée M). Les valeurs utilisées par défaut dans MPEG-1 sont 12 pour N et 3 pour M.

[22] Cette résolution s'applique au standard PAL. En NTSC, une image au format SIF a une résolution de 360*240. Par la suite nous supposerons toujours que nous nous trouvons dans un environnement PAL.

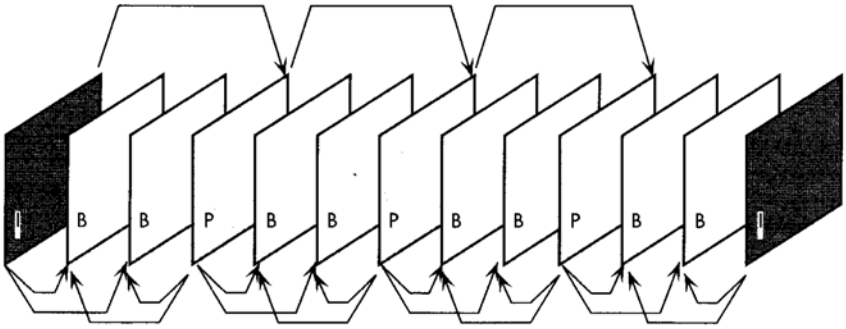


Figure 2.7 - Séquence MPEG-1 avec M=3 et N=12

La redondance temporelle est exploitée par MPEG-1 via le principe d'estimation de mouvement. Celui-ci consiste à créer le contenu d'une image à partir d'informations correspondant au déplacement des éléments d'une ou plusieurs autres images. Lors de l'encodage, l'image cible est découpée en macroblocs (ensemble de quatre blocs de 8 x 8 pixels). Pour chacun de ces macroblocs, une recherche est effectuée à l'intérieur de l'image de référence, dans une fenêtre de taille réduite. Cette fenêtre de recherche est centrée sur la position du macrobloc en question dans l'image cible. Quand un macrobloc identique est trouvé dans l'image de référence, on encode uniquement un vecteur de mouvement dont les composants représentent la vitesse du déplacement (l'amplitude du vecteur) et celle de la translation (la direction).

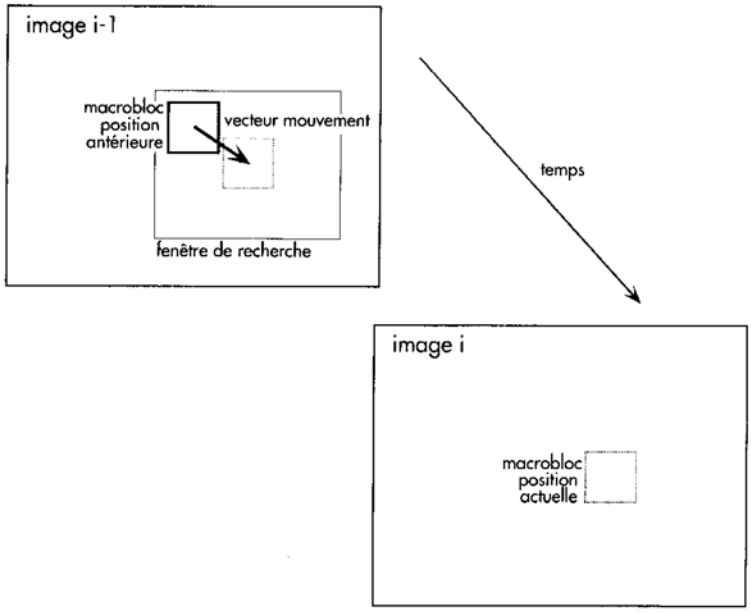


Figure 2.8 - Calcul du vecteur de mouvement

MPEG utilise différents types d'images, codées selon des techniques différentes et permettant d'atteindre divers niveaux de compression. Les images P et B n'occupent respectivement qu'un tiers et un dixième de l'espace requis pour une image I. Cependant, afin

d'obtenir un débit constant, le taux de compression des différentes images varie selon leur contenu. Ainsi, si les changements à l'intérieur d'une séquence vidéo sont importants, il faut transmettre plus de données pour prédire les images P, ce qui nécessite l'augmentation du taux de compression des images I. La qualité de ces dernières s'en voit donc diminuée.

Enfin, notons que MPEG a souhaité placer la complexité du côté de l'encodeur et non du décodeur qui devait être le plus simple possible. Ceci peut se remarquer au niveau de l'ordre dans lequel l'encodeur envoie la séquence MPEG. On transmet tout d'abord l'image I, suivie d'une image P et seulement ensuite les images B se situant réellement entre I et P. La suite de la séquence utilise le même principe d'inversion des images B et P. Il s'agit de l'ordre de séquence permettant le décodage le plus efficace. Bien entendu, les images seront replacées dans leur ordre naturel avant leur sortie du décodeur.

MPEG-2

Cette norme, apparue fin 1994, apporte une réponse aux besoins de la télédiffusion. Il est composé d'un ensemble de normes répondant à des applications différentes : la qualité peut varier du VHS à la haute définition. Le codage d'une séquence vidéo est effectué en utilisant les techniques exploitées par MPEG-1. En conséquence, la compatibilité ascendante a été assurée. Cependant, d'autres fonctions ont été ajoutées afin d'obtenir une norme plus flexible :

- MPEG-2 est capable de traiter aussi bien le balayage entrelacé que le balayage progressif. Ceci introduit des complications pour le calcul du vecteur de mouvement.
- L'utilisation d'un codage hiérarchique permet de transporter une même image dans des qualités différentes.
- Le débit peut varier de moins de 5 Mbits/s jusqu'à 100 Mbits/s.

	Profils					
	Nom	Simple	Principal	Échelonnabilité SNR[23]	Échelonnabilité spatiale	Élevé
	Type d'images	I, P	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B
	Structure d'échantillonnage	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:2
Niveaux	Haut 1920*1152		80 Mbits/s			100 Mbits/s
	Haut-1440 1440*1152		60 Mbits/s		60 Mbits/s	80 Mbits/s
	Principal 720*576	15 Mbits/s	15 Mbits/s	15 Mbits/s		20 Mbits/s
	Bas 352*288		4 Mbits/s	4 Mbits/s		

Tableau 2.1 - Combinaisons des profils et des niveaux avec le débit maximum autorisé

[23] Signal-to-Noise Ratio.

MPEG-2 est organisé d'une part en profils, qui définissent les types d'images utilisables ainsi que la structure d'échantillonnage, et d'autre part en niveaux, qui caractérisent la résolution de l'image. On peut disposer ces profils et niveaux dans un tableau à double entrée. Celui-ci donne lieu à 20 combinaisons possibles parmi lesquelles 11 ont été sélectionnées pour former la norme. Un débit maximal a été fixé pour chacune de ces combinaisons.

Le tableau nous montre qu'il existe quatre niveaux dans la norme MPEG-2. Ceux-ci correspondent à des résolutions allant de la qualité VHS à la qualité TVHD (Télévision Haute Définition). Les profils sont, quant à eux, classés en fonction des outils qu'ils offrent. Le plus simple (comme son nom l'indique) manipule des images au format 4:2:0 et n'utilise pas les images codées de manière bidirectionnelle (images B). Le profil qui le suit dans la hiérarchie, nommé "Principal", constitue le profil de base pour la diffusion télévisuelle. Il offre, en plus des outils du profil "Simple", le support des images B et donne donc à débit égal une meilleure qualité. Les deux profils suivants mettent en œuvre un des aspects les plus performants de la norme MPEG-2. En effet, ils ajoutent aux outils des profils précédents la possibilité de créer un flux numérique qui peut être décodé à des qualités différentes. Un flux de ce type est divisé en deux couches : l'une reprenant des informations de base et l'autre des informations permettant l'amélioration de l'image. Dans le cas de l'échelonnabilité SNR, le signal de la couche supérieure peut être utilisé afin d'améliorer le rapport signal sur bruit du flux contenu dans la couche de base. Ainsi, une séquence vidéo pourra être codée en MPEG-1 et être accompagnée de données supplémentaires pouvant augmenter sa qualité. Le profil d'échelonnabilité spatiale offre en plus une autre méthode de division tenant compte de la résolution. La couche de base renferme l'image dans une résolution inférieure alors que la couche supérieure contient les éléments éliminés lors de la diminution de la résolution. Enfin, la dernière couche offre à la norme MPEG-2 la possibilité de coder directement des images au format 4:2:2.

Parmi les onze combinaisons proposées par MPEG-2 et sur lesquelles se sont concentrés les efforts les plus importants, le profil principal au niveau principal (MP@ML - Main Profile at Main Level) est utilisé par la plupart des applications.

Malheureusement, aucune de ces onze combinaisons ne rencontre les exigences d'un usage professionnel en studio. En effet, le profil "Élevé" permet bien de traiter un signal 4:2:2, mais possède une structure trop complexe. De plus, le profil principal n'offre pas une précision satisfaisante car le codage s'effectue sur un groupe de douze images (GOP) et propose un débit trop faible si la longueur de celui-ci est réduite. Par conséquent un profil additionnel, dénommé "4:2:2", a été défini. Celui-ci n'a été associé qu'à un seul niveau : le niveau principal. Le tableau suivant résume les principales caractéristiques du profil 4:2:2 :

	Profil 4:2:2
Signal d'entrée	4:2:2 ou 4:2:0
Débit maximum	50 Mbits/s
Nombre de lignes	608
Type d'images	I et B
GOP	2

Tableau 2.2 - Caractéristiques du profil 4:2:2

On peut constater que le nombre de lignes est de 608 au lieu de 576. Ceci permet de véhiculer des informations complémentaires.

MPEG-4

La norme MPEG-4 est le troisième enfant de la famille des normes MPEG. Son objectif est d'atteindre des débits très faibles (de 5 Kbits/s à 10 Mbits/s) afin de rendre possible la vidéoconférence ou toute autre application interactive transitant via les réseaux téléphoniques. Pour obtenir des débits aussi faibles, il a fallu trouver de nouvelles techniques plus performantes que celles utilisées par MPEG-1 et MPEG-2 pour coder une séquence vidéo. L'idée est de ne plus décomposer l'image en blocs mais en une collection d'objets qui la composent. Ces objets peuvent être de nature très différente. Il peut tout aussi bien s'agir de textes (par exemple des sous-titres), de sons (enregistrés à l'aide d'un micro ou produits de manière synthétique), d'éléments graphiques en 2D ou en 3D que d'images (photos ou vidéos). Lors du codage, une scène est découpée en objets et une description de leur disposition (*scene descripton*) est créee. Lors du décodage, l'image est recréée à partir de ces objets et des informations de composition.

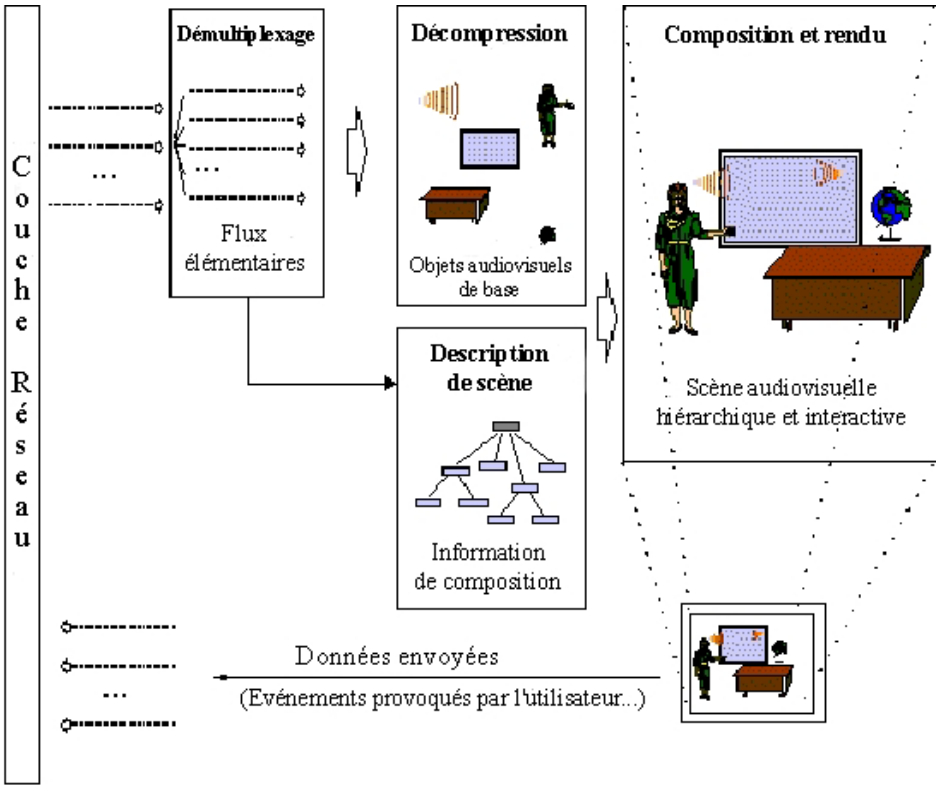


Figure 2.9 - Décodage d'une image en MPEG-4

Cette technique présente plusieurs avantages. Premièrement, chaque objet peut être codé selon une méthode de réduction adaptée à sa nature. Ainsi, une compression plus efficace pourra être réalisée. En effet un texte (sous-titre), considéré comme une image par MPEG-2, pourra être défini comme un ensemble de caractères ASCII accompagné de

quelques attributs (police, taille…). Avec MPEG-4, l'information sera transmise par une dizaine d'octets tandis qu'une représentation sous forme de pixels demandait plusieurs dizaines de milliers d'octets. D'autre part, une plus grande interactivité est possible : le récepteur pourra décider si certains éléments, tels que des sous-titres ou des traductions gestuelles, doivent ou pas être affichés à l'écran. Il pourra également choisir la manière dont seront assemblés les objets. Enfin, cette technique permet de stocker et d'acheminer les différents éléments formant une image depuis divers endroits.

La norme MPEG-4 a fait l'objet de différentes versions. A ce jour, seules les deux premières (sur les cinq prévues) ont été finalisées. Chaque version reprend les fonctionnalités de celle qui la précède en les étendant. L'organisation en profils, utilisée pour MPEG-2, a été reprise. L'avantage de cette organisation est la possibilité de créer des outils qui n'implémentent qu'un sous-ensemble des fonctionnalités prévues par la norme et cela en fonction des besoins de son utilisateur. Nous ne détaillerons pas les profils dans le cadre de ce document en raison de leur grand nombre. De plus, ce nombre risque encore de grandir étant donné que MPEG-4 ambitionne de s'attaquer au monde du cinéma digital (en proposant des techniques de codage sans perte) et au travail en studio.

MPEG-7

La quatrième norme en cours de développement (les travaux ont commencé en 1998) a été baptisée "Multimedia Content Description Interface" (MPEG-7) et est très différente des normes décrites précédemment. En effet, il ne s'agit pas de techniques de compression d'éléments audiovisuels mais d'outils de description du contenu des documents. La raison d'être de cette norme trouve son origine dans la difficulté à trouver un document précis parmi la masse grandissante des données disponibles sous forme analogique et numérique. Cette norme se veut générale et permet donc d'indexer n'importe quel type d'information (vidéo, son, image, objet 2D ou 3D…), quelle que soit son format (MPEG, JPEG…). Elle n'est donc pas une simple extension des normes précédentes. De plus, elle désire être extrêmement performante et autoriser la formulation de requêtes indépendamment du langage. Ainsi, il serait possible de retrouver une chanson en sifflant quelques notes ou une toile en dessinant un croquis.

Il y a deux types de renseignements à coder : d'une part, des données générales sur le document et d'autre part, des informations sur le contenu. Les données générales concernent le type et la taille du fichier, les conditions d'accès (prix à payer, droits d'auteur), des liens vers des documents analogues ou encore une indication sur le contexte dans lequel il a été créé. Le contenu peut être décrit à deux niveaux. Le premier reprend des caractéristiques telles que la couleur et la forme d'un objet visuel ou le rythme d'un son. Celles-ci peuvent généralement être déduites de manière automatique. Par contre, le deuxième niveau qui décrit la sémantique du contenu consiste à encoder, par exemple, les éléments visibles d'une image (*photo d'un chat et de ses cinq petits buvant du lait dans une soucoupe*). Cette étape nécessitera la plupart du temps une intervention manuelle. Certaines informations peuvent cependant se trouver à cheval sur les deux niveaux.

Figure 2.10 - Portée de la norme MPEG-7

Comme le montre le schéma précédent, la norme MPEG-7 normalise uniquement la manière dont seront décrit les documents. Il ne s'occupe donc pas du processus d'analyse d'un document ni du décodage et de l'utilisation d'une description. MPEG-7 compte trois éléments clés : les *Descriptors* (D), les *Description Schemes* (DS) et le *Description Definition Language* (DDL). Un *descriptor* est la représentation d'une caractéristique particulière de l'information audiovisuelle qui sera décrite. Le *description scheme* permet d'exprimer la relation qui existe entre plusieurs *descriptors* ou *description schemes*. Enfin, le *Description Definition Language* offre la possibilité de créer de nouveaux *description schemes* et *descriptors*.

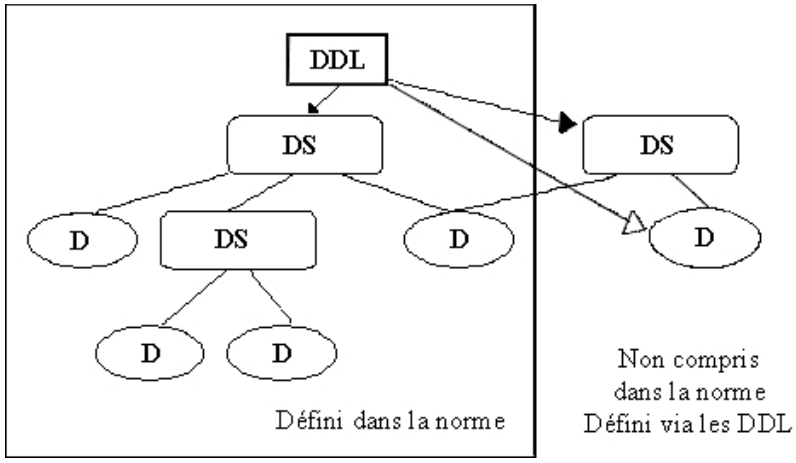


Figure 2.11 - Liens entre les éléments de la norme MPEG-7

Une liste de *descriptors* a été préétablie mais ce système est construit de manière à autoriser les extensions non standard. Cependant, on préfère ne pas développer cette fonctionnalité actuellement car elle impliquerait une complexité encore plus élevée. En effet, dans ce cas, un décodeur risque de tomber sur un *descriptor* qui lui est inconnu. Pour pouvoir le décoder, il faudrait fournir des informations supplémentaires, éventuellement sous forme de code exécutable. Le langage XML a été choisi comme base pour le *Description Definition Language*. Ce choix paraît judicieux vu sa popularité et facilitera sans doute l'interopérabilité.

MPEG-21

En 2000 ont débuté les travaux sur la dernière norme du groupe MPEG qui a été baptisée MPEG-21. Celle-ci a pour but de fournir un cadre général qui rassemble des documents numériques de formats différents afin de faciliter leur intégration et qui permet également l'exploitation et le transport de ceux-ci indépendamment du matériel utilisé.

L'unité de base de MPEG-21 est le *Digital Item*. Celui-ci représente n'importe quel objet multimédia qui peut être partagé entre deux utilisateurs. Il est décrit par un document (appelé *Digital Item Declaration*) qui spécifie la structure, la mise en page et l'organisation de son contenu. Cette déclaration est réalisée à l'aide du langage XML. Des solutions sont également en cours de développement afin d'identifier de manière unique les *Digital Items* et de décrire les liens qui peuvent les unir.

MPEG-21 prévoit une gestion des droits d'auteur et la protection de la propriété intellectuelle (*Intellectual Property Management and Protection* ou IPMP). Celle-ci devrait assurer une protection permanente et une utilisation sûre d'un objet multimédia quel que soit l'environnement dans lequel il est exploité.

La future norme devrait, en outre, permettre un accès transparent aux ressources en cachant la structure et les choix d'implémentation des réseaux et des appareils utilisés aux utilisateurs. De plus, MPEG-21 devrait offrir un certains nombre de protocoles et d'interfaces pour la création, la manipulation, la recherche, l'accès, le stockage, la fourniture, la réutilisation… des contenus multimédias.

D'autres fonctionnalités sont encore attendues. Par exemple, le développement de technologies permettant la représentation efficace de contenus multimédias afin d'atteindre une qualité de service optimale que peuvent offrir les réseaux et appareils utilisés. On parle de techniques de correcteur d'erreur et d'échelonnabilité.

2.2 Le son[24]

2.2.1 MPEG-1

Généralités

La norme ISO MPEG/audio, adoptée fin 1992, est divisée en trois parties appelées "layer" et numérotées de 1 à 3. Le format MP3 correspond à la norme ISO MPEG/audio layer-3. Ces trois layers vont de pair avec une performance (la correspondance entre le débit et la qualité du son obtenu) et une complexité croissantes.

[24] Les sites Internet suivants ont également été consultés : http://www.iis.fhg.de/amm/index.html (accédé le 27/05/2002) et www.mp3-tech.org (accédé le 27/05/2002).

Le layer-1 est le plus simple et a été conçu pour des systèmes pouvant supporter un débit assez élevé (supérieur à 128 Kbits/s par canal), tels que la DCC (Digital Compact Cassette).

Le layer-2 se présente comme un compromis entre performance et complexité et s'attaque à des débits tournant aux environs de 128 Kbits/s par canal. C'est le cas pour le DAB (Digital Audio Broadcasting) ou le stockage de séquences audio et vidéo synchronisées sur CD-ROM.

Enfin, le layer-3 a été défini pour les applications nécessitant un faible débit (environ 64 Kbits/s par canal), telles que la transmission audio sur ISDN.

Ces trois parties de la norme MPEG/audio sont liées par une compatibilité ascendante, ce qui permet par exemple à un décodeur prévu pour le layer-3 de prendre en charge les flux issus de n'importe quel layer inférieur. D'une manière générale, la complexité de l'opération de compression et de décompression se situe principalement au niveau du codeur. Le décodage est donc une opération relativement peu complexe.

Principes de codage

MPEG/audio est une technique de compression avec perte. En tirant partie des limitations du système auditif humain exposées précédemment, elle peut cependant être qualifiée de perceptiblement sans perte.

Lorsqu'une grande quantité d'énergie est présente en un certain point du spectre fréquentiel à un certain moment, l'oreille n'est pas en mesure de percevoir les plus basses énergies présentes dans le voisinage spectral ou temporel. Les pics formés par les hautes énergies masquent littéralement les plus petites (Figure 2.12). Il est donc inutile de transmettre ces dernières dès lors qu'elles ne dépassent pas un certain seuil. Celui-ci est fonction de la bande de fréquence dans laquelle le phénomène se produit.

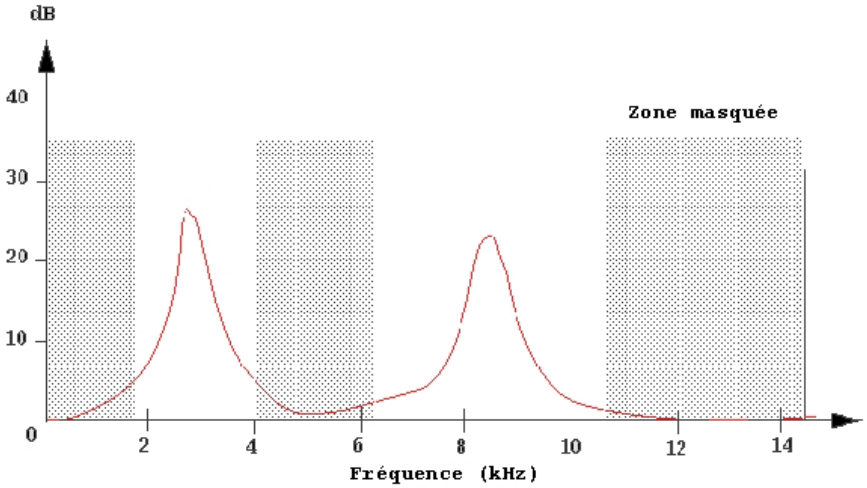


Figure 2.12 - Masquage des fréquences non perceptibles dans le spectre

Cette propriété est exploitée par MPEG/audio pour mettre en oeuvre le Sub Band Coding (SBC). Après avoir traduit le signal audio vers un domaine de fréquences, ce procédé consiste à diviser le spectre ainsi obtenu en plusieurs bandes de taille identique[25]. Chacune de celles-ci sera ensuite quantifiée.

L'encodage et le décodage MPEG/audio

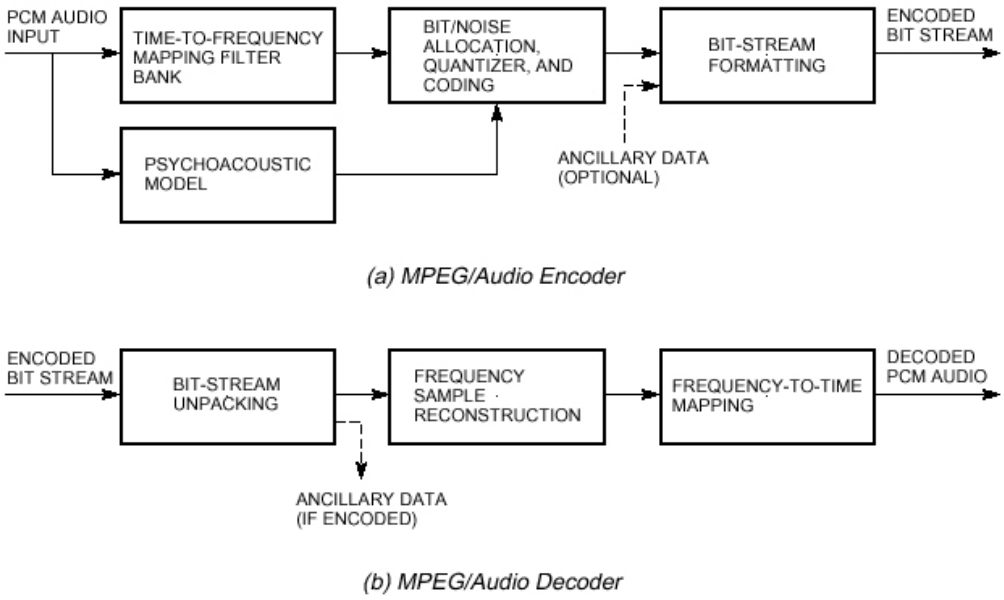


Figure 2.13 - Compression et décompression MPEG Audio

Le premier bloc de l'encodeur MPEG (Figure 2.13), nommé "Filter Bank", divise le signal entrant en sous-bandes. Parallèlement, le flux audio passe par un modèle psychoacoustique. C'est à ce niveau que va intervenir le principe de codage perceptif. Un seuil de masquage au-delà duquel le son n'est pas perçu est déterminé pour chaque sous-bande.

La partie "Noise Allocation" utilise alors ce seuil pour déterminer quelles sont les informations les plus intéressantes à conserver. La quantité de données pertinentes n'est pas nécessairement identique pour chaque sous-bande. Il faut par conséquent décider de la répartition entre celles-ci des bits disponibles pour le codage. Cette répartition devra s'efforcer de minimiser l'audibilité des bruits de quantification en accordant une plus grande précision de codage aux endroits les plus perceptibles du spectre.

[25] La largeur de celles-ci est une approximation des bandes de fréquences critiques qui modélisent la sensibilité réelle de l'oreille humaine. A l'inverse des bandes utilisées par MPEG/audio, les bandes critiques sont de largeur variable : plus les fréquences sont élevées, plus la largeur de la bande est grande.

La dernière étape transforme la représentation de la quantification en un flux de bits. Le codage réalisé à cette occasion s'appuie sur la technique de Huffman qui consiste à coder les données selon leur fréquence d'apparition : une valeur courante sera associée à un code court et inversement. Cette technique n'induit aucune perte et permet à elle seule une compression de l'ordre de 20 à 25 %.

Le décodeur devra simplement effectuer ces opérations à l'envers pour retrouver un signal audio. Les codes de longueurs variables issus du codage de Huffman seront traduits à l'aide d'une table de correspondance.

La structure du codeur est relativement identique pour les trois layers. On peut cependant noter la présence de quelques différences intéressantes au niveau du layer-3. Parmi celles-ci se trouve un mécanisme de mémoire tampon. Celui-ci se base sur le fait que le codage d'un signal audio compressé requiert un nombre variable de bits. Lors des moments "creux" du flux, les bits non utilisés sont versés dans un réservoir par le codeur. Par après, lorsqu'un passage exigera un codage plus important, l'encodeur pourra aller puiser les bits nécessaires dans sa réserve. L'encodeur ne peut cependant emprunter des bits qu'aux portions du flux qu'il a déjà codées.

Enfin, une technique supplémentaire consiste à unifier la stéréo pour les basses fréquences. L'oreille humaine n'est en effet pas capable de déterminer la provenance des sons dont la fréquence est supérieure à plus ou moins 2 kHz. Il est alors suffisant de coder le flux en monophonie et de le retransformer en signal stéréo simplifié lors de la lecture.

Performances

Les taux de compression atteints, sans altérer la qualité originale de manière significative, sont de 1 pour 4 avec le layer-1, de 1 pour 6 à 1 pour 8 avec le layer-2 et de 1 pour 10 à 1 pour 12 avec le layer-3. Si la qualité n'est pas le critère le plus important, il est possible, à l'aide du layer-3, d'obtenir un flux compressé nécessitant une bande-passante encore plus faible. La Tableau 2.3 reprend quelques exemples typiques de compressions ainsi que le type d'application y correspondant.

Qualité du son	Bande passante	Mode	Echantillonnage	Taux de compression
Téléphone	2.5 kHz	mono	8 kbps	96:1
> Ondes courtes	4.5 kHz	mono	16 kbps	48:1
> Radio AM	7.5 kHz	mono	32 kbps	24:1
Radio FM	11 kHz	stereo	56 à 64 kbps	26:1 à 24:1
Proche du CD	15 kHz	stéréo	96 kbps	16:1
CD	>15 kHz	stéréo	112 à 128 kbps	14:1 à 12:1

Tableau 2.3 - Exemples typiques de compressions MPEG Audio Layer-3

2.2.2 MPEG-2

MPEG-2/audio a été adopté en tant que norme internationale au cours du mois de novembre 1994. Il peut être considéré comme l'extension de MPEG/audio car sa structure s'en rapproche fortement.

Le premier point remarquable est l'apparition du support multicanal audio. Il rend possible la prise en charge de cinq canaux audio haute fidélité accompagnés d'un canal s'occupant spécifiquement des basses fréquences. Cette évolution répond aux besoins exprimés par la télévision haute définition (HDTV) et par le cinéma digital. En outre, MPEG-2/audio permet l'ajout de sept canaux supplémentaires offrant la possibilité d'intégrer plusieurs langues.

Au niveau des taux de compression, la nouveauté est l'apparition de faibles débits descendant jusqu'à 8 kbits/s. Les taux d'échantillonnage ont également été étendus avec les valeurs de 16 kHz, 22,05 kHz et 24 kHz.

La norme MPEG-2 assure la compatibilité ascendante avec son prédécesseur. Il est également possible de lire, à l'aide d'un décodeur MPEG-1, les deux canaux principaux d'un flux MPEG-2. Cependant, dans certains cas, cette compatibilité descendante se fait aux dépends des performances de compression. Une nouvelle version, non compatible avec MPEG-1 mais plus performante, a dû voir le jour : il s'agit de MPEG-2 AAC.

2.2.3 MPEG-2 AAC

MPEG-2 Advanced Audio Coding (AAC) a été déclaré norme internationale fin avril 1997. Il est le fruit de la collaboration entre le Fraunhofer Institute et des partenaires tels que AT&T, Sony et Dolby. Il s'inscrit dans la continuité de MPEG-1 layer-3 et permet de dépasser les limites observées au niveau des performances de MPEG-2/audio, ceci au prix de sa compatibilité avec celui-ci. MPEG-2 AAC est aussi connu sous le nom de MPEG-2 NBC (Non-Backward Compatible).

La structure générale du codage ne diffère pas fondamentalement des normes précédentes. Un certain nombre d'améliorations ont cependant été apportées. On peut entre autres citer :

- Les fréquences d'échantillonnage disponibles se situent entre 8 kHz et 98 kHz et le nombre de canaux utilisables a été porté à 48, auxquels il faut ajouter 16 canaux réservés aux basses fréquences.
- Le module "Filter bank" a été complètement remplacé par une transformée en cosinus discrète modifiée (MDCT). Cette technique était déjà en partie présente dans MPEG/audio layer-3.
- Une technique de prédiction permet également d'améliorer le codage de certains signaux aisément prédictibles.

MPEG-2 AAC est candidat pour tout système d'émission digitale (DBS - Digital Broadcasting System). Il a notamment été sélectionné pour être utilisé dans le cadre du

système DRM (Digital Radio Mondiale), qui est un consortium mondial dont le but est de mettre au point une norme unique pour les émissions digitales en radio AM sous les 30 MHz.

2.2.4 MPEG-4

MPEG-4 est à nouveau une évolution des normes précédentes et repose par conséquent sur les mêmes principes de compression. De nouveaux outils ont cependant été ajoutés : la possibilité de produire un débit ou une bande passante variable, la complexité variable de l'encodeur et du décodeur, la protection contre les erreurs ou encore la capacité à coder à faible délai.

Son organisation se fait en plusieurs profils correspondant à différentes applications. En voici l'énumération :

- Le profil "speech audio" fournit différents codeurs destinés à la voix.
- Le profil "synthesis audio" rend possible la génération de sons et de la voix à faible débit.
- Le profil "scalable bitrates" est un surensemble du premier profil. Il convient pour un codage variable des sons et de la musique ainsi que pour différentes méthodes de transmission.
- Le profil "main audio" est un surensemble des trois précédents.
- Le profil "high quality audio".
- Le profil "low delay audio".
- Le profil "natural audio".
- Le profil "mobile audio internetworking".

Partie II
L’archivage

Chapitre 3 Description de l'état de l'art : l'archivage audiovisuel à la RTBF

Pour écrire ce chapitre, nous avons effectué un stage à la RTBF. Celui-ci nous a permis de nous rendre compte de la manière dont fonctionne le service d'archivage d'une chaîne de télévision. Outre les informations récoltées auprès des employés, nous avons également pu bénéficier d'un audit réalisé par le Bureau Van Dyck [BUREAU VAN DYCK, 1992] et [BUREAU VAN DYCK, 1993].

3.1 Évolution de l'archivage

En 1953, la télévision belge naquit. Encore expérimentale, elle n'émettait que deux heures par jour, six jours sur sept. La majorité des programmes diffusés sont en réalité des relais de Paris, les productions propres à la télévision belge n'occupant que deux soirées par semaine. Étant donné le nombre limité d'émissions, on ne se préoccupait pas de l'archivage de celles-ci.

1956 fut l'année du vrai démarrage de la RTB avec des émissions dites culturelles d'une part, et le J.T. d'autre part. Mais ce n'est qu'en 1958, lors de l'Exposition Universelle à Bruxelles, que la nécessité de retrouver des images a mis au jour l'importance de l'archivage. Tout ce qui a pu être récupéré à été rassemblé mais, malheureusement, certains documents de l'époque ont été perdus.

La bande vidéo a fait son entrée en 1964. Le format utilisé était la vidéo 2 pouces. Celui-ci a été remplacé par la suite par la vidéo 1 pouce. Ces supports étaient uniquement employés pour la production en studio et étaient réutilisés après diffusion en raison de leur prix assez élevé. Ce format a été abandonné en 1985.

Il faut attendre 1981 pour assister à l'arrivée du format U-MATIC à la RTBF. Ce passage fut opéré tardivement par rapport à la date de sortie (1971) du premier magnétoscope supportant ce format. L'avantage de la cassette vidéo U-MATIC est de pouvoir visionner directement ce que l'on a enregistré. Elle ne nécessite pas de développement comme dans le cas du film et de plus, elle permet d'enregistrer une émission sur bande. Ainsi toutes les émissions, qu'elles soient diffusées en direct ou en différé, pouvaient dès lors être conservées telles qu'elles passaient sur antenne. Ce n'était pas le cas avant car pour un programme en direct, seul les reportages présentés étaient disponibles sur support film et non les interventions du présentateur.

Une autre évolution fut opérée en 1990 avec l'adoption des cassettes vidéo de type BETACAM SP. La raison était une meilleure qualité d'image par rapport au format U-MATIC. Cette évolution a aussi été réalisée tardivement car le BETACAM est apparu en 1982. C'est également depuis 1990 que les programmes retransmis à l'antenne ont fait l'objet d'un enregistrement sur VHS : en plus de l'image diffusée, on a ajouté un témoin d'antenne grâce à une référence temporelle, celle-ci servant de numérotation pour indexer les différentes émissions.

Deux autres étapes importantes furent la création d'un seul service d'archivage nommé IMADOC (en 1992) et la mise sur pied d'une base de données informatique appelée Mistral (en 1993). Ces deux sujets seront abordés plus en détail dans les chapitres suivants.

Enfin, le dernier grand changement s'est produit en 1996 avec le passage au format Digital BETACAM. Ce support présentait une nouvelle évolution au niveau de la qualité de l'image et se prêtait à une meilleure conservation. Cette transition était logique dans un monde où les données sont de plus en plus traitées sous forme numérique.

Tous les documents stockés dans les locaux de conservation ne sont pas enregistrés sur le même support. Ce qui est normal étant donné l'évolution des techniques d'enregistrement au cours des années. Mais ce phénomène est renforcé à cause de l'utilisation, par certains services, de formats autres que le Digital BETACAM, employé actuellement. On peut citer l'exemple du service du journal télévisé qui préfère le DVC Pro car il présente l'avantage d'une plus grande maniabilité en production. Ainsi certains documents se retrouvent parfois dupliqués dans les rayonnages mais sur des supports différents.

Les archives conservées dans un ancien format font actuellement l'objet d'un recopiage progressif dans le format Digital BETACAM. Cela se fait de manière automatique pour les JT. Pour les émissions, le recopiage s'effectue lorsque la bande est sortie des archives pour être exploitée. Il est important de signaler que cela représente une dépense non négligeable pour une entreprise comme la RTBF (environ 250 000 à 370 000 euros par an).

Récapitulatif de l'historique

1953 Création de l'INR
1956 Vrai démarrage de la RTB avec des émissions dites culturelles d'une part, le J.T. d'autre part.
1958 Lors de l'Expo Universelle, le besoin d'archivage s'est fait sentir. On a alors rassemblé tous les morceaux de films qui se trouvaient dans divers endroits.
1964 Le support utilisé en production est la bande vidéo 2 pouces.
1978 Le format 1 pouce vient remplacer le 2 pouces.
1981 Passage du format 16 mm au format U-MATIC.
1990 Adoption du format BETACAM SP.
1992 Création d'IMADOC.
1993 La base de données MISTRAL est mise sur pied.
1996 Le format Digital BETACAM est introduit.

3.2 Le service IMADOC

Avant 1992, il existait plusieurs services spécialisés dépendant de la même direction. Tout d'abord, la filmothèque, créée en 1956 et qui s'occupait de l'archivage des documents sur support film. Ensuite la vidéothèque, créée en 1981, au moment de l'adoption du format U-MATIC. Entre 1981 et fin 1990, avant leur fusion totale, les deux cellules archivaient plus ou moins les mêmes images. Ceci est dû au fait que le film était le support de production tandis que l'U-MATIC était utilisé pour enregistrer les émissions telles qu'elles passaient à

l'antenne. Pour une émission donnée on disposait donc des images de production en support film et des images diffusées en U-MATIC. Enfin, parallèlement à ces deux cellules, un troisième service s'occupait des archives JT.

Le 1er janvier 1992, tous ces services ont été regroupés pour créer IMADOC, qui s'occupera donc à la fois des J.T. et des autres émissions. Sa mission est l'archivage proprement dit, ainsi que la recherche de documents pour les journalistes de la RTBF. Les journalistes des autres chaînes ou même les particuliers ont également accès à ces archives via ce service. Il est composé de la manière suivante :

13 documentalistes.
3 personnes préposées à la gestion des cassettes vidéo.
3 personnes s'occupant des demandes des particuliers.
2 personnes se concentrant exclusivement sur les émissions sportives.
2 pour la restauration des films.
1 chef de service.

Toutes ces personnes, sauf une, travaillent à temps plein (c'est-à-dire 40 heures par semaine dont 2 peuvent être récupérées). La dernière ne preste que six dixièmes du temps. Les permanences du week-end et des jours fériés sont compensées par des congés en semaine.

Figure 3.1 - Local de conservation

Le master[26] d'une émission produite par les centres de production de Liège ou de Charleroi est stocké sur place. Lors du passage à l'antenne, IMADOC en fait une copie qui sera conservée à Bruxelles. La RTBF y possède quatre locaux dédiés à la conservation des archives. Dans ces salles, des mesures de sécurité ont été prises pour éviter tout accident pouvant endommager ou détruire les bandes. On n'y stocke aucun produit inflammable, il y est interdit de fumer et des détecteurs de fumée y sont installés. Malheureusement on peut regretter que le déplacement des armoires soit électrique : un court-circuit pourrait créer des dégâts irréparables. C'est pourquoi on a préféré installer des armoires mécaniques dans le local de conservation le plus récent.

Les archives étant centralisées à Bruxelles, les différents centres de production (Liège, Namur…) doivent introduire une demande au service IMADOC pour obtenir des documents. Les tournées de livraison sont effectuées deux fois par semaine. En cas d'urgence, il existe la possibilité d'envoyer des images par faisceau hertzien, mais cette procédure nécessite la mobilisation de deux techniciens.

Les archives d'IMADOC représentent non seulement une matière première importante pour les journalistes de la RTBF mais peuvent également être considérées comme une source de revenus pour la société publique. L'usage non commercial d'images par des tiers n'a pas de but lucratif mais est plutôt envisagé comme une mission de service public. Une participation de 1500 francs (37,18 euros) par émission est demandée pour couvrir la moitié des frais de recherche, de copie et d'envoi. Dans le cas d'une utilisation commerciale des archives, une somme beaucoup plus grande est réclamée. La vente d'images génère un chiffre d'affaires d'environ 1 million d'euros.

Le service IMADOC dépense environ 1,5 million d'euros. Ce budget ne comprend pas les frais d'occupation des locaux, de chauffage, d'électricité et de téléphone. On peut remarquer qu'il y a plus d'argent qui sort qu'il n'y a d'argent qui rentre. Cette situation n'est pourtant pas jugée problématique. D'une part parce que la RTBF est une entreprise publique dont le but premier n'est pas de faire beaucoup de bénéfices. D'autre part, l'utilisation des archives par les membres de la RTBF est gratuite et ne constitue pas une source de revenus pour IMADOC.

3.3 Les systèmes d'archivage et de recherche

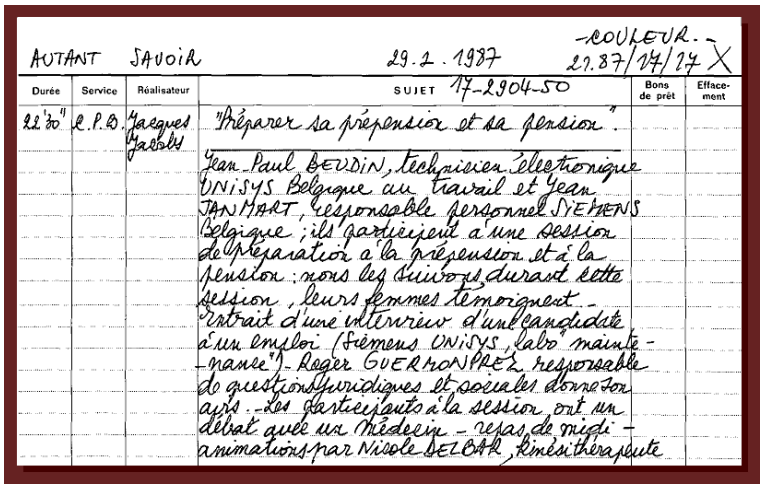
Les documentalistes disposent de deux moyens de recherche : une armoire rotative de fiches papier avec mots clés (Rolodex) et un système informatique (Mistral).

[26] Il s'agit de la cassette contenant la version finale d'un programme.

Figure 3.2 - Armoire rotative de fiches papier

3.3.1 Rolodex

Avant l'implémentation du système informatique documentaire, tout l'archivage se faisait sur des fiches. On en comptabilise environ 174.500. D'une part, il y a les fiches indexant les émissions par leur titre (Figure 3.3). Celles-ci reprennent l'ensemble des renseignements disponibles pour ce programme et la découpe en séquences. Si l'émission possède un sous-titre, il existe une fiche de renvoi (Figure 3.4) qui référence la fiche principale. Les fiches "émissions" et les fiches "sous-titres" sont classées par ordre alphabétique et pour un même titre par ordre inversé des dates. D'autre part, on dispose de fiches reprenant pour chaque mot clé, extrait d'un thésaurus, les séquences et les émissions qui s'y rapportent (Figure 3.5). Les séquences et les émissions présentes sur ces fiches sont caractérisées par un court résumé.



AUTANT SAVOIR — 29.2.1987 — -COULEUR.- 27.87/14/14 X

Durée	Service	Réalisateur	SUJET 17-2904-50	Bons de prêt	Effacement
22'30"	R.P.B.	Jacques Jacobs	"Préparer sa prépension et sa pension". Jean-Paul BEUDIN, technicien électronique UNISYS Belgique au travail et Jean JANMART, responsable personnel SIEMENS Belgique ; ils participent à une session de préparation à la prépension et à la pension : nous les suivons durant cette session, leurs femmes témoignent.- -retrait d'une interview d'un candidat à un emploi (Siemens UNISYS, labo "maintenance") - Roger GUERMONPREZ, responsable de questions juridiques et sociales donne son avis. -Les participants à la session ont un débat avec un médecin - repas de midi - animations par Nicole DELOOR, kinésithérapeute		

Figure 3.3 - Fiche "émission"

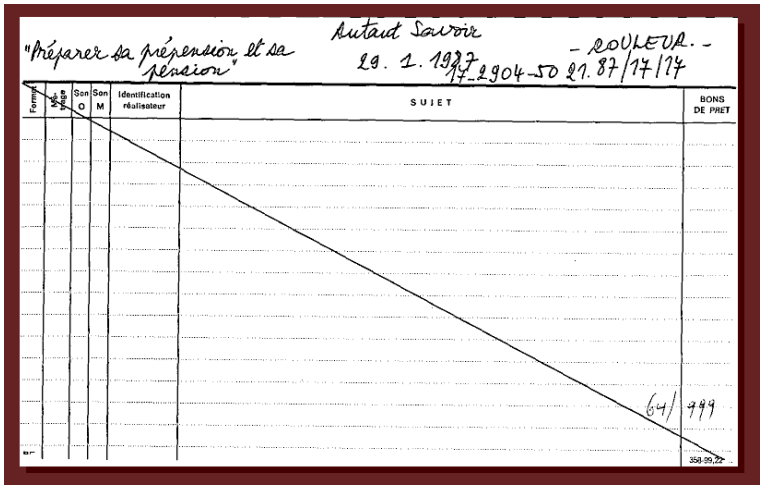


Figure 3.4 - Fiche "sous-titre"

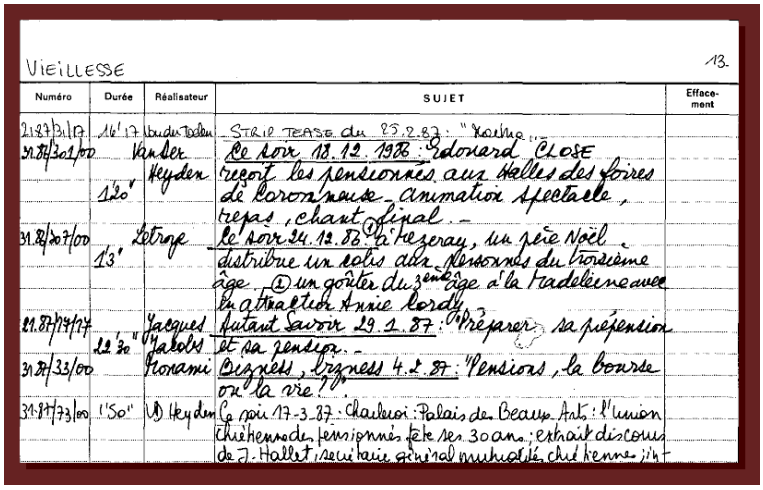


Figure 3.5 - Fiche "rubrique" ou "mot clé"

La structure du fichier rotatif utilisé par IMADOC a été fortement influencée par l'évolution des différentes cellules d'archivage. On retrouve une première division correspondant au fichier de la filmothèque, couvrant les émissions sur support film de 1954 à 1990. Une deuxième division reprend le fichier de la vidéothèque couvrant les émissions sur support U-MATIC de 1981 à 1990. Chaque fichier fait l'objet d'une séparation supplémentaire entre les fiches "émissions" et les fiches "sous-titres" d'une part (1A et 2A) et les fiches "mots clés" ou "rubrique" (1B et 2B) d'autre part. La troisième division résulte de la fusion totale, en 1991, de la filmothèque et de la vidéothèque. Cela se traduit par la disparition de la distinction entre supports pour les fiches "émissions" et les fiches "sous-titres" (3A). De même pour les fiches "mots clés", auxquelles on a ajouté l'ensemble des fiches "mots clés" se rapportant aux JT (3B). Enfin, à partir de 1992, le JT a fait l'objet de la création de fiches "émissions" (3C). Celles-ci n'étaient pas réalisées avant, car la numérotation (basée sur la date) des bandes permettait de les retrouver facilement. On se contentait alors de glisser la conduite dans la boîte du JT. Ce changement est dû à l'intégration de tous les services d'archivage dans IMADOC : les émissions et les JT sont alors archivés de la même manière.

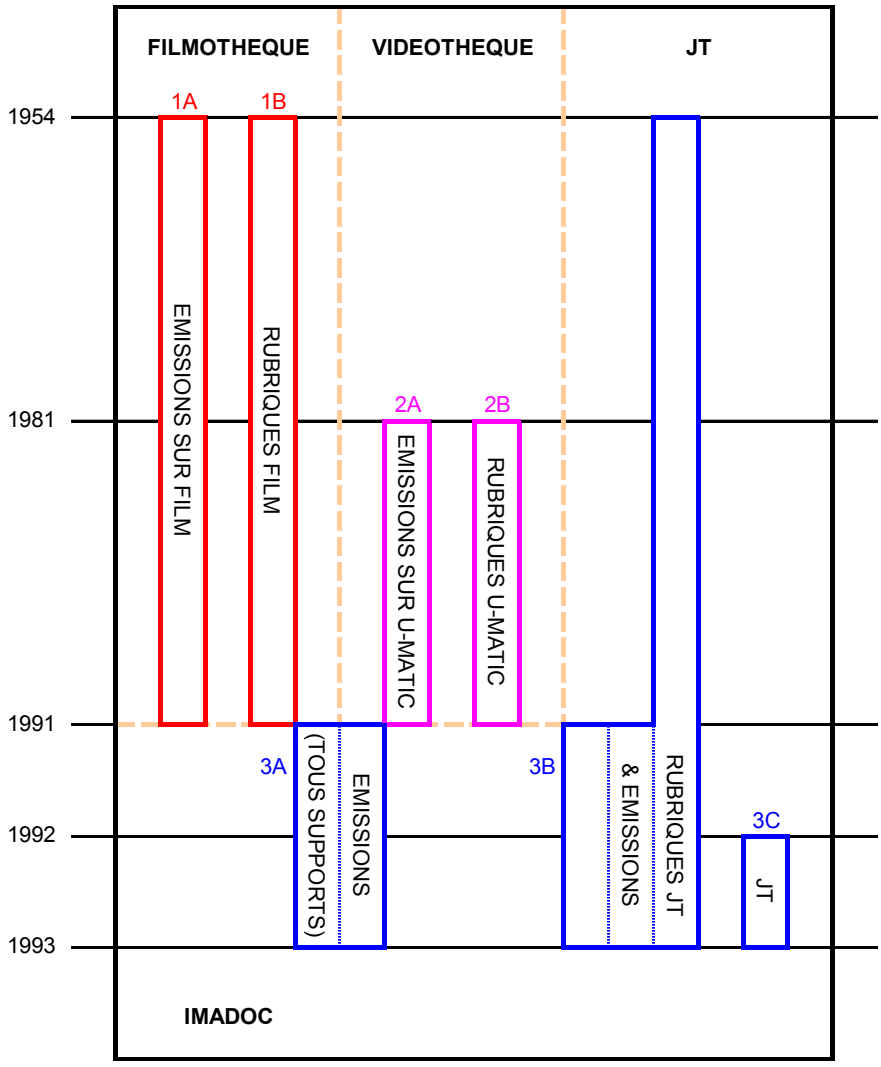


Figure 3.6 - Structure du fichier rotatif

En plus des catégories déjà présentées, il existe cinq rubriques spécialisées permettant une recherche plus aisée dans des matières telles que les familles royales, le cinéma et l'opéra, le théâtre, les réserves et les films donnés ou détruits. Les trois premières concernent des séquences issues exclusivement des JT alors que les deux dernières sont plus spéciales. Les réserves contiennent des références vers des émissions sur support film, non diffusées ou dont on dispose d'une copie en négatif. Dans la rubrique "films donnés et détruits", on retrouve des émissions sur support film qui ont été volontairement détruites ou données à des écoles.

Pour rechercher une émission particulière (qui n'est pas un JT), le documentaliste doit consulter les fiches "émission" et/ou les fiches "sous-titres" de toutes les catégories (1A, 2A et 3A). Cependant, si la personne dispose de la date et/ou du support, elle peut réduire le champ de recherche à une ou deux catégories seulement. Étant donné la numérotation spéciale des JT, on peut directement retrouver la bande dans les rayonnages. Il n'est donc pas nécessaire de manipuler des fiches pour récupérer le support. Une recherche par mot clé nécessite la consultation de toutes les catégories "rubriques" (1B, 2B et 3B). Quand le documentaliste dispose de plusieurs mots clés, il doit parcourir les fiches relatives à l'un de ceux-ci et vérifier, en lisant les courts résumés, si les séquences traitent également des autres mots clés de la demande.

Avec l'avènement de l'informatique, il était intéressant de passer d'un système de fiches papier à un système informatisé qui permettrait de faciliter les recherches. Une base de données, nommée Mistral, fut donc développée pour prendre la suite du système Rolodex dont le contenu ne sera dès lors plus enrichi. Idéalement on aurait souhaité intégrer les données du fichier rotatif dans la base mais malheureusement, par manque de moyens financiers, il était impossible de réencoder l'ensemble des fiches dans un nouveau format compréhensible par l'ordinateur. Un compromis a donc été trouvé : toutes les fiches ont été scannées et rendues accessible par l'intermédiaire d'une interface graphique de type HTML. Cette solution présente les avantages suivants :

- Elle offre un gain de place : un serveur est beaucoup moins encombrant qu'une armoire à fiches,
- Elle fournit une sécurité accrue (par exemple en cas d'incendie) et permet une duplication plus facile des données,
- Plusieurs personnes peuvent accéder en même temps aux informations et cet accès peut se faire à distance.

Par contre, elle a des désavantages :

- Elle ne permet pas de recherche plus poussée que le fichier rotatif normal,
- Elle est moins pratique : la manipulation des fiches avec l'ordinateur s'avère plus laborieuse que le parcours manuel. Ceci a comme conséquence que la plupart des documentalistes préfèrent utiliser les fiches papier.

Figure 3.7 - Menu Principal

La recherche de documents avec Rolodex sous sa forme informatisée s'effectue quasiment de la même manière qu'avec le fichier rotatif papier. Les concepteurs ont voulu respecter la structure existante. Cela se voit très bien quand on compare les catégories, détaillées précédemment, et l'organisation du menu principal de l'interface graphique. Pour faciliter cette comparaison, les couleurs utilisées dans l'organigramme (Figure 3.6) sont identiques à celles employées dans le menu principal de l'application.

3.3.2 Mistral

L'arrivée de l'informatique a permis de bâtir un système plus puissant que les fiches papier. Un tel système a pour but de rendre la recherche de documents plus aisée et surtout plus performante. A partir de 1993, le système Texto a été utilisé. Les documentalistes introduisaient les données en local, pour ensuite les rapatrier, au moyen de disquettes, vers une base de données commune. Cette solution était transitoire. Parallèlement, un cahier des charges pour la base de données Mistral a été élaboré, un budget a été débloqué et un appel d'offres a été lancé. En 1996, Mistral a finalement vu le jour : toutes les données du système Texto ont été transférées dans cette nouvelle base. Actuellement incomplète, elle devrait à terme représenter un système de recherche complet. Cette base de données est mise à jour au fur et à mesure des recopiages des anciennes bandes en format digital et selon le temps qui peut être accordé à cette tâche par un documentaliste. Le nombre d'entrées s'élève à 130.414 au 04/10/2001.

La base de données Mistral requiert l'introduction d'un certain nombre de renseignements lors de l'archivage d'une émission. Les différents champs à remplir sont :

Reference
Est constituée du mot « imadoc » suivi de la date inversée et d'une indication temporelle (*hh mm ss*). Il s'agit donc très probablement de l'identifiant. Celui-ci est choisi au moment de la création de la fiche.

Documentaliste
Il s'agit du nom de la personne ayant encodé la fiche.

Presentateur
Nom de la personne ayant présenté l'émission.

Centre product.
Référence au centre de production de la RTBF qui a produit l'émission. Par erreur, des documentalistes ont parfois introduit, dans ce champ, d'autres valeurs telles que des chaînes de télévision autres que la RTBF ou des centres de production extérieurs. Normalement ces valeurs devraient se trouver dans le champ *Droit*.

Realisateur
Personne ayant réalisé l'émission. Il s'agit de la personne qui a la plus grande importance dans la création d'un programme. C'est elle qui a décidé des sujets à traiter et comment ils devaient être présentés.

Editeur
Ce champ est uniquement utilisé pour les journaux télévisés. On y retrouve le nom de la personne qui a choisi les points de l'actualité qui ont été abordés. Pour les autres émissions, ce champ est laissé vide.

Titre
Il s'agit du nom de l'émission. Le titre se rapporte normalement à une seule émission. Cependant, dans le cas du JT, on voit souvent apparaître plusieurs références dans ce champ. Cela se justifie par le fait qu'un même sujet peut être abordé dans plusieurs JT (JT 13H, JT, JTD). On dispose alors des différents *timecodes* correspondants ainsi que des différentes durées de séquences si le sujet a été écourté ou rallongé entre deux éditions.

Date diffusion
Date à laquelle l'émission a été diffusée. Le format utilisé est *yyyy/mm/dd*.

Duree
Durée totale de l'émission. Le format est *mm.ss* même quand la durée est supérieure à une heure.

Support
Références aux différentes cassettes et bandes sur lesquelles est conservée l'émission. Il se peut que ces références soient suivies, entre parenthèses, d'un *timecode* spécifique au support.

Droit
Ce champ est utilisé pour indiquer si les images ne sont pas la propriété exclusive de la RTBF. Les informations concernant les droits sont très importantes. Malheureusement, dans de nombreux cas, ces renseignements sont inconnus. Lors d'une réutilisation d'une séquence, une recherche préalable doit être menée afin de déterminer sous quelles conditions les images peuvent être employées. Cette recherche doit être effectuée par la personne qui désire utiliser les images. Il n'y a pas de retour après cette recherche, ce qui signifie que toute autre personne désireuse d'exploiter ces mêmes images devra recommencer toute la démarche !

Sequence
Ce champ permet de situer la séquence parmi l'ensemble des séquences qui constituent une émission. Idéalement, il devrait s'agir de l'heure de passage à l'antenne de la séquence (*timecode* repris par rapport au témoin d'antenne enregistré sur VHS).

Duree Sequence
Durée de la séquence (*mm.ss*).

Titre Sequence
Titre de la séquence.

Journaliste
Journaliste ayant participé au reportage.

Matiere
Mots clés (pouvant être choisis dans un thésaurus) permettant de caractériser le sujet abordé dans la séquence.

Candidat
Mots clés pouvant éventuellement correspondre au sujet. Ceux-ci ne sont pas repris dans le thésaurus. Ils pourront cependant être intégrés à celui-ci par après. Le mot clé doit alors être déplacé du champ *Candidat* vers le champ *Matiere*.

Personne
Nom des personnes intervenant dans la séquence. On indique de préférence les personnes ayant une certaine notoriété. Un passant inconnu interviewé dans la rue a peu de chance de se retrouver dans ce champ.

Candidat pers.
Comme pour le champ *Candidat*, il s'agit des personnes qui pourraient également avoir une importance dans le futur.

Lieu
Endroit où a été filmée la séquence (pays, villes…).

Resume
Reprend principalement les lieux du tournage, les interviews ainsi que les vues.

Certains champs peuvent parfois faire apparaître des valeurs "bizarres". Ces erreurs sont principalement dues au fait que les concepteurs de la base de données ont laissé une certaine liberté dans l'encodage. Nous nous demandons si c'est un choix de développement ou si cela résulte d'une méconnaissance des conventions des documentalistes. Cela peut mener à un encodage non homogène et donc poser des problèmes au niveau de la recherche des documents. Cependant, cette liberté permet de faire évoluer les méthodes d'indexation des émissions sans devoir modifier la structure de la base de données ou les programmes permettant d'y accéder. Par exemple, pour le champ *Sequence*, à l'ère de l'U-MATIC on introduisait uniquement le numéro de la séquence. Celui-ci n'était pas accompagné d'un *timecode* comme cela s'effectue depuis l'utilisation d'une référence temporelle sur les VHS.

L'accès à la base de données Mistral peut se faire de deux manières : soit en utilisant l'interface HTML MistWeb, soit en travaillant avec le programme Mistral Document Object Handler. Le premier ne permet que la consultation des données tandis que le second peut également être utilisé pour ajouter de nouvelles informations à la base de données. Avec le système informatisé, la recherche peut se faire de manière beaucoup plus flexible qu'avec l'ancien fichier rotatif.

Figure 3.8 - Recherche en mode simple

MistWeb permet la recherche documentaire (consultation) par l'intermédiaire d'un navigateur Internet. Le documentaliste effectue une recherche en mode simple ou avancé. En mode simple, il interroge la base de données à partir de mots clés reliés par des connecteurs logiques :

- et (permet la conjonction de deux mots clés),
- ou (exprime la disjonction de deux mots clés),
- sauf (indique l'exclusion du mot clé qui le suit)

L'utilisation de certains caractères spéciaux est également autorisée :

- ? (peut être utilisé pour remplacer un caractère)
- # (permet le remplacement d'un, et d'un seul, caractère)
- + (donne la possibilité de remplacer plusieurs caractères)
- ‘ (indique que la chaîne comprise entre deux apostrophes doit être recherchée telle quelle)

Quand la recherche a été lancée par l'utilisateur, le programme recherche le mot clé dans n'importe quel champ. C'est la différence entre le mode simple et le mode avancé. Ce dernier permet une approche plus fine : il permet de spécifier la valeur recherchée par champ (maximum 10 simultanément). Parmi ceux-ci, trois sont paramétrables par l'utilisateur et peuvent éventuellement être redondants par rapport aux 7 autres champs fixés. Les champs sont toujours liés par les opérateurs logiques classiques. L'utilisateur peut consulter un

lexique pour s'assurer que la valeur qu'il veut employer correspond à au moins une entrée dans la base de données.

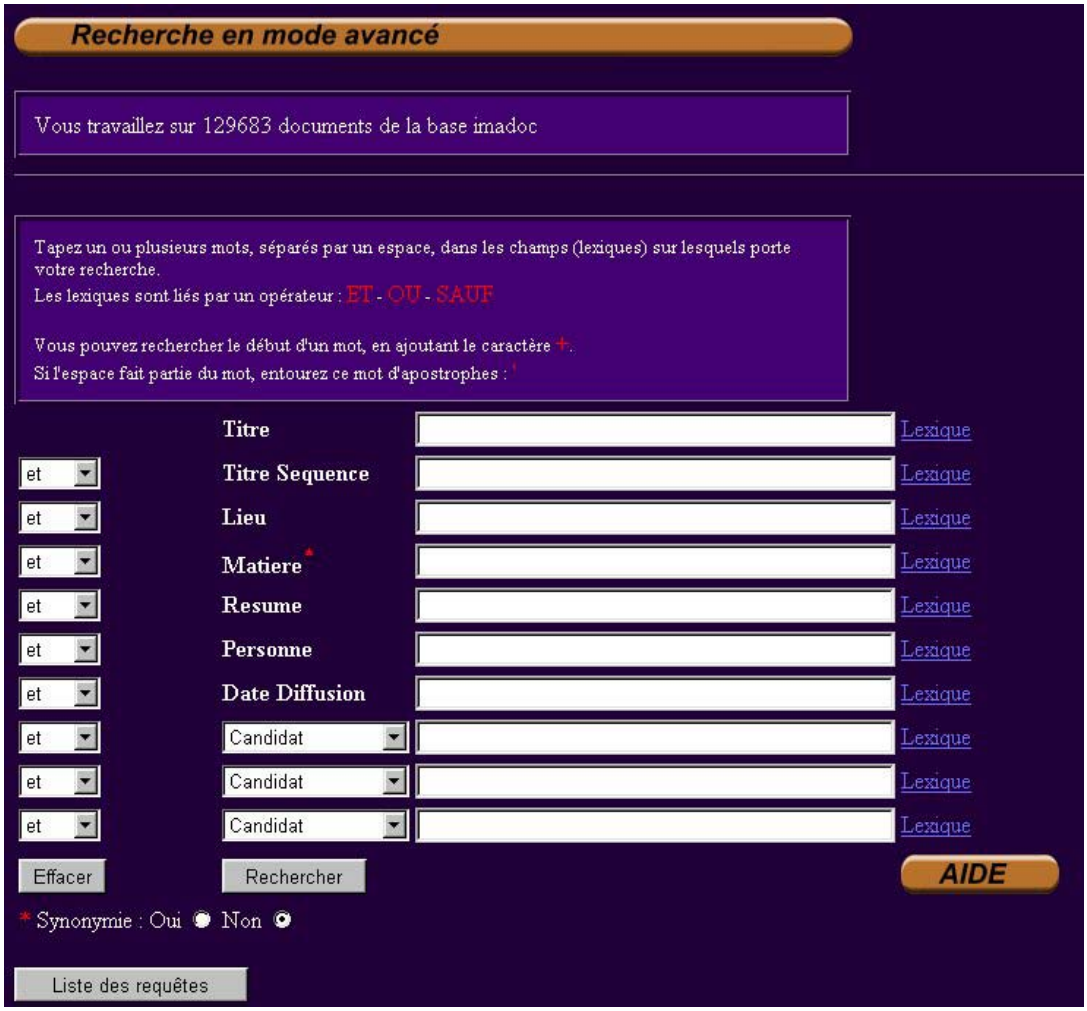


Figure 3.9 - Recherche en mode avancé

En mode simple ainsi qu'en mode avancé l'utilisateur a la possibilité d'affiner sa requête. En effet, quand une requête a été lancée, on accède à un écran présentant le résultat ainsi qu'un *textbox* permettant la modification directe de la requête précédemment construite. L'utilisateur peut même introduire une toute nouvelle requête, à condition d'avoir une bonne connaissance de la syntaxe à utiliser. Grâce à cette possibilité, MistWeb est un moyen de recherche assez puissant même s'il s'agit avant tout d'un outil de recherche simple et rapide, destiné aux journalistes.

Le programme Mistral Document Object Handler permet également d'accéder à la base de données Mistral. C'est l'outil de travail principal des documentalistes car il offre, en plus de la fonction de recherche, les fonctions de modification et d'ajout. Pour ces dernières, le documentaliste doit remplir ou mettre à jour les champs de la base de données. Le programme offre une aide sous la forme d'une boîte de dialogue permettant de consulter un lexique pour le champ sélectionné. L'utilisation du lexique a comme avantage de garantir, dans une certaine mesure, que l'information sera introduite dans le bon format et sans faute de

frappe ou d'orthographe. Bien entendu, le documentaliste n'est pas obligé d'utiliser cet assistant et ainsi des erreurs peuvent apparaître dans la base de données.

Ce programme offre la possibilité de faire des recherches de documents au moins aussi puissantes qu'avec MistWeb. En effet, tout en proposant des critères de recherche équivalents, la construction des requêtes est beaucoup plus naturelle. Grâce aux boîtes de dialogue, on peut créer des requêtes sans devoir connaître la bonne syntaxe. De plus, il y a moyen d'écrire des petites requêtes indépendantes et de les unir par la suite pour former une demande plus compliquée.

En ce qui concerne l'affichage des informations, le Mistral Document Object Handler est plus flexible que MistWeb. Il permet de sélectionner les champs que l'on désire faire apparaître. Lors de l'affichage d'un résultat, MistWeb ne montre pas toutes les données. L'utilisateur n'a donc pas accès à certaines informations (comme par exemple le nom du documentaliste qui a fait l'archivage) et l'interface ne lui permet pas de les consulter.

3.4 Le documentaliste

Un documentaliste est chargé d'archiver une journée entière d'émission. La première étape est l'impression du *follow-up* : il s'agit de la liste des programmes qui ont été diffusés sur les deux chaînes. Ensuite il sélectionne les émissions à analyser. Tout en visionnant la vidéo, le documentaliste remplit les fiches destinées à être introduites dans la base de données.

Au moment du découpage, le documentaliste juge si les images sont potentiellement réutilisables. En effet, des images de mauvaise qualité ou des plans avec des logos ont peu de chance d'être utilisés à nouveau. Dans ce cas, l'ensemble des séquences ne fait l'objet que d'une seule entrée dans la base de données. Le champ *Resume* peut alors être utilisé pour une découpe plus fine. Ce qui est important dans la phase de découpage est d'identifier les séquences en fonction de leurs probabilités d'être recherchées par un journaliste, un producteur, un particulier…

Quand une séquence a été identifiée, le documentaliste doit la décrire le mieux possible. Pour y arriver, il peut éventuellement se baser sur le travail réalisé par la scripte de l'émission mais ces informations ne sont pas toujours disponibles. L'utilisation de conduites c'est-à-dire des retranscriptions de ce qui a été dit pendant l'émission, est également une grande source de renseignements. Malheureusement, comme pour le travail des scriptes, les documentalistes n'ont pas toujours accès à ces précieuses données. Dans le cas où aucune information n'est disponible, il faut procéder selon la manière classique : visionner la séquence.

Étant donné qu'ils sont chargés d'encoder toute une journée d'émission, les documentalistes doivent traiter beaucoup de sujets forts différents. Il se peut qu'ils aient besoin d'informations complémentaires pour pouvoir réaliser un bon résumé de la séquence. Dans le cadre d'un JT, ils peuvent par exemple se référer aux dépêches et aux journaux. Ces derniers sont également utilisés pour lever les ambiguïtés concernant l'orthographe d'un nom propre.

Le travail de documentaliste est en pratique relativement libre : chaque personne a sa propre méthode de travail. Cependant, un bon archivage ne peut se faire que quand le documentaliste se met dans la peau de l'utilisateur. Ce n'est pas seulement important lors du découpage mais également lors de la description d'une séquence, par exemple, par des mots clés. Il est important de trouver tous les mots clés qu'un utilisateur pourrait utiliser pour décrire cette séquence s'il en avait besoin. Cela permet d'éviter des éventuelles différences de vocabulaire et ainsi de pouvoir effectuer des recherches plus efficacement et surtout plus rapidement.

Quelques remarques

On pourrait croire qu'il y a une contradiction dans l'archivage car certaines émissions, majoritairement composées de séquences pour lesquelles les droits ne sont pas détenus par la RTBF, ne sont pas archivées tandis que d'autres le sont. C'est le cas de "Télécinéma" qui est archivé tandis que "Ici Bla-Bla" ne l'est pas. En réalité, le critère de sélection des émissions à archiver est la réutilisation. Dans le cas de "Ici Bla-Bla", les tournages en studio sont souvent soumis à des droits d'auteurs du fait de l'intervention d'artistes. Par contre, les interviews et les tournages de "Télécinéma" sont réalisés par l'équipe et peuvent donc être réutilisés.

L'organisation du travail d'un documentaliste se compose de l'archivage d'une journée d'émission qui prend plus ou moins 5 jours, ainsi que des jours de permanence en semaine et les week-ends. Pour les permanences un roulement est effectué.

Chapitre 4 Analyse critique du système d'archivage tel qu'il est conçu à la RTBF

Après avoir étudié la manière dont se fait l'archivage à la RTBF, nous nous sommes demandé quelles en étaient les limites. Ce chapitre se veut une analyse des points faibles. Nous les avons organisés selon deux axes : la sécurité de la conservation et l'efficacité de l'archivage et de la consultation.

Un aperçu général des problèmes liés aux archives peut être trouvé dans [LIEUTENANT et MARIN, 2001]. Afin de pouvoir fournir des données plus spécifiques concernant la sécurité de la conservation des supports film et des bandes magnétiques, nous avons principalement consulté deux articles : d'une part [BELAND] pour les films et d'autre part [UNESCO] pour les bandes magnétiques.

4.1 La sécurité de la conservation

4.1.1 Introduction à la problématique de la conservation

Pour la RTBF, la conservation des émissions peut représenter un patrimoine audiovisuel de très grande valeur et s'inscrit dans sa mission d'intérêt public. On s'aperçoit dès lors qu'il est important de veiller à la sécurité de ces informations.

Le respect d'un certain niveau de sécurité passe par le stockage des documents dans un lieu où ils sont à l'abri de toute détérioration. Il faut donc des locaux où la température et l'humidité sont contrôlées et où des précautions ont été prises pour éviter au maximum les conséquences d'éventuels accidents ou des catastrophes telles que des incendies, des inondations…

Malgré l'utilisation de locaux spécialement aménagés, on ne peut éviter une dégradation naturelle des supports. De plus, l'évolution de la fabrication de ces derniers n'est pas toujours nécessairement guidée par les soucis de préservation et de résistance aux dégradations. Ainsi la qualité du papier utilisé ces dernières années n'atteint pas celle des siècles précédents. On peut dès lors s'attendre à être confronté à une grande menace de disparition de certains documents écrits. De même, les télévisions telles que la RTBF doivent aussi faire face à l'inévitable détérioration des bandes et des films qu'elles possèdent.

Outre ce phénomène de dégradation naturelle, l'utilisation et la manipulation des documents peuvent aussi être des facteurs non négligeables de détérioration. Pour augmenter la résistance à ces différents types de dommages, l'emploi des supports les plus solides est conseillé.

Afin de pouvoir bénéficier d'une certaine sûreté à long terme, il est intéressant de disposer de copies de sécurité conservées en divers endroits. Celles-ci permettent de récupérer des données perdues ou endommagées. Cette politique s'avère cependant coûteuse en temps et en budget. En effet, la duplication d'archives mobilise des ressources importantes aussi

bien en termes de personnel qualifié que de matériel utilisé. De plus, les frais de stockage deviennent beaucoup plus importants. Enfin, les copies des documents officiels demanderont une authentification par une autorité compétente.

Il faut encore souligner le fait que si les archives nécessitent un appareillage spécifique pour être consultées, cela implique des obligations supplémentaires. Afin de faire face aux évolutions technologiques, des recopiages doivent être effectués. Ceux-ci sont motivés par la disparition du matériel plus ancien : il s'agit d'éviter de se retrouver dans une situation où l'on possède d'importantes archives, mais plus les moyens pour les exploiter.

Il est également impératif d'avoir un personnel spécialisé dans les questions de conservation des différents supports. Les personnes responsables devront être à même de mettre en place une politique de gestion et d'entretien des archives qui limite les risques de dégradations naturelles ou engendrées par la consultation.

En conclusion, pour arriver à une conservation des archives la plus longue possible, il est nécessaire que l'entreposage soit adéquat, que l'utilisation et la manipulation se fassent de la manière la plus prudente possible et que des copies de sécurité soient réalisées. Malheureusement, c'est un objectif qui n'est pas facile à atteindre.

4.1.2 Les spécificités de la conservation des films

Au cours de l'histoire du cinéma, trois grandes sortes de pellicules « 35 mm » ont été utilisées. La première à faire son apparition, vers les années 1890, était composée de nitrate de cellulose. A partir de 1950, les pellicules à base d'acétate de cellulose ou de polyester vont faire leur apparition. Nous allons examiner ces différents types de films en abordant leurs qualités ou défauts au niveau de la conservation ainsi que les solutions qui peuvent être mises en place pour l'améliorer.

Figure 4.1 - Bobine en nitrate de cellulose à l'état de décomposition[27]

La décomposition progressive qui affecte les bobines en nitrate est assez conséquente. Le film commence par se rétrécir et évolue ensuite dans un état gluant qui le rend informe. Au

[27] Source : [CINEMATHEQUE SUISSE].

terme du processus, la pellicule sèche pour finalement tomber en poussière. De plus, cette décomposition rend le film particulièrement inflammable, raison pour laquelle il a été surnommé « film flamme ». L'incendie d'un ensemble de pellicules en nitrate est quasiment impossible à éteindre en raison de l'oxygène dégagé lors de la combustion. Enfin, si la boîte protectrice dans laquelle se trouve le film est métallique, les gaz émis au cours du processus de décomposition peuvent l'attaquer et ainsi produire de la rouille.

Il semblerait qu'à peine 10 % de la production américaine antérieure à 1929 aient survécu et que seulement 50 % des films réalisés entre cette date et 1950 soient toujours conservés. Pour contrer cette tendance, il est impératif d'agir assez rapidement. Les films qui ont résisté aux assauts du temps doivent être maintenus à des températures et taux d'humidité relative[28] rigoureusement contrôlés (voir tableau ci-dessous). Ils devront ensuite faire l'objet d'un recopiage sur un autre support plus sûr tel qu'une pellicule polyester. Enfin, si les originaux représentent un danger pour la conservation des autres films, ils devront être éliminés.

	Stockage à moyen terme		**Stockage à long terme**	
Type de film	Température	Humidité relative	Température	Humidité relative
Noir & Blanc	< 21° C	20 à 50 %	< 10° C	20 à 50 %
Couleur	< 21° C	20 à 50 %	< 0° C	20 à 30 %

Tableau 4.1 - Conditions de stockage des films nitrate[29]

Les films en acétate sont réputés pour être plus stables que ceux fabriqués à partir de nitrate. Cela leur a d'ailleurs valu d'être appelés "films de sécurité". Cependant, ils n'échappent pas à certaines dégradations parmi lesquelles on compte le syndrome du vinaigre. Sous l'influence de mauvaises conditions de conservation, celui-ci provoque un rétrécissement et une certaine friabilité de l'émulsion[30] de gélatine. Le nom de ce phénomène provient de l'odeur vinaigrée qui l'accompagne.

La meilleure manière de lutter contre le syndrome du vinaigre est de le diagnostiquer le plus tôt possible. A cet effet, il existe des systèmes très simples tels que les "A-D Strips"[31]. Il s'agit de bandelettes de papier réactif qui permettent de mesurer l'importance des émanations des gaz acides. Il suffit de comparer la coloration prise par la bandelette au contact du film par rapport à une échelle de référence. Un traitement ad hoc peut alors être entrepris en fonction de la gravité de la situation. Au niveau du stockage proprement dit, les bobines doivent êtres conservées dans un environnement frais et sec (5°C et 50 % d'humidité relative). Ce climat, en plus d'épargner l'émulsion, permet d'éviter la prolifération de moisissures ou d'insectes.

[28] Rapport entre la quantité de vapeur d'eau qu'un volume d'air donné contient à une température et une pression atmosphérique données et la quantité maximale de vapeur d'eau que ce même volume peut contenir à la même température et pression. Cette relation s'exprime en pourcentage. [INTERNATIONAL FEDERATION OF LIBRARY ASSOCIATIONS AND INSTITUTIONS].
[29] Source : [KODAK].
[30] "Préparation sensible à la lumière, dont sont enduits les films et les papiers photographiques". (*Le Petit Larousse*, s.v. *émulsion*).
[31] Source : [IMAGE PERMANENCE INSTITUTE].

Figure 4.2 - Film détérioré par le syndrome du vinaigre

Figure 4.3 - A-D Strips

Les films en polyester représentent probablement la solution la plus sûre à l'heure actuelle. De par leur composition, ils ne sont en effet pas sujets à une dégradation rapide. A ce titre, ils ont également reçu le surnom de "films de sécurité".

Les films couleur apparus dans le courant des années cinquante présentent un problème spécifique. L'action du temps sur les pigments, principalement le cyan et le jaune, entraîne la transformation des composants chimiques et modifie ainsi les couleurs initiales. Ce processus est connu sous le nom de "color dye fading". Il se déclare plus particulièrement sur les pellicules de moins bonne qualité.

La solution à ce problème de délavage des colorants est relativement similaire à celle appliquée pour les films acétate, c'est-à-dire l'instauration d'une atmosphère froide et sèche sur le lieu de stockage.

Un obstacle supplémentaire vient s'ajouter lorsque le film est composé d'une partie dédiée à l'image et d'une autre consacrée au son. Ces deux zones de la pellicule étant de nature différente, elles exigent des conditions de conservation différentes. Les bandes-son s'apparentent aux bandes magnétiques dont les conditions de conservation sont exposées en détail à la section suivante. La préservation des films sonorisés impose donc de faire des compromis afin de trouver un environnement apte à recevoir les composantes son et image dans les meilleures conditions possibles.

Enfin le transfert d'un film, quel que soit son type, entre deux atmosphères différentes demande des périodes d'adaptation permettant de modifier graduellement la température et l'hygrométrie. Un passage trop brusque d'un milieu à l'autre l'endommagerait.

4.1.3 Les spécificités de la conservation des bandes magnétiques

Les supports magnétiques peuvent se présenter principalement sous deux formes différentes : une bobine libre ou insérée dans une cassette. Au niveau des matériaux utilisés, on rencontre diverses compositions : acétate de cellulose, PVC ou polyester. La durée de conservation générale de ces bandes est relativement bonne et peut sans problème supporter plusieurs années de stockage. Elles ne sont cependant pas à l'abri des dégradations et doivent donc faire l'objet d'une attention particulière.

Les principales causes d'altération des bandes magnétiques sont l'humidité et la température, les altérations mécaniques, les poussières en tout genre ainsi que les champs magnétiques.

L'humidité de l'atmosphère dans laquelle sont entreposées les bandes est un des facteurs les plus importants. En effet, la présence d'eau à proximité de supports magnétiques engendre un risque assez élevé de déclenchement d'une réaction d'hydrolyse[32]. Celle-ci attaque le liant qui tient les particules magnétiques sur le support. La lecture d'une bande qui a été endommagée par une telle hydrolyse du liant entraîne un détachement plus ou moins important des particules. La bande peut alors devenir totalement inutilisable. Enfin, un taux d'humidité important (humidité relative supérieure à 65 %) favorise la propagation de moisissures. Celles-ci sont particulièrement dévastatrices car leur action ronge petit à petit la bande magnétique.

En plus des problèmes liés à l'hydrolyse, les bandes en acétate de cellulose subissent également, tout comme la pellicule "35 mm", les dégradations dues au syndrome du vinaigre. A l'instar des supports films, les bandes magnétiques modernes utilisent le polyester en tant que support. Celui-ci n'a pas encore montré de signe de dégradation systématique, ce qui ne veut bien entendu pas signifier qu'il n'en existe pas. L'étude du comportement de ces bandes n'est, à l'heure actuelle, pas encore assez avancée pour pouvoir le déterminer.

L'influence de la température se situe au niveau des dimensions des supports. En effet, il est bien connu qu'une température élevée aura tendance à dilater une matière, alors qu'un milieu plus froid provoquera sa contraction. En outre, la vitesse à laquelle évoluent les différentes réactions chimiques est également fonction de la température. Au plus celle-ci sera élevée, au plus la détérioration de l'état de la bande sera rapide, et inversement.

La température et le taux d'humidité sont deux des éléments les plus importants. En plus d'être réglés de manière appropriée, ces paramètres doivent aussi être très stables. On distinguera cependant les conditions du stockage à des fins de conservation ou de consultation. A noter que lors de l'emprunt d'une bande conservée dans un environnement trop éloigné de l'air ambiant, il faut observer une période d'adaptation avant de la consulter ou de la ranger.

	Température	**Humidité relative**
Local de conservation	5 à 10° C	30 %
Local de consultation	20° C	40 %

Tableau 4.2 - Recommandations de conservation (température et hygrométrie)

Afin d'éviter les altérations mécaniques, le matériel utilisé pour consulter les bandes doit toujours se trouver dans un état impeccable. Une tête de lecture défectueuse n'aurait en effet aucune difficulté à détruire complètement une bande magnétique.

[32] "Décomposition de certains composés chimiques par l'eau". (*Le Petit Larousse*, s.v. *hydrolyse*).

Les poussières accumulées à même la bande vont interdire aux têtes de lecture de venir s'y placer parfaitement. Il peut en résulter une mauvaise lecture voire même une dégradation de la bande lors de sa consultation.

Les nombreux champs magnétiques issus des appareils que nous utilisons tous les jours (télévisions, haut-parleurs…) sont également capables d'endommager voire de rendre totalement inutilisable n'importe quelle bande magnétique. Il est à noter que ce sont les enregistrements audio qui sont le plus durement touchés, alors que les bandes vidéo sont elles beaucoup moins sensibles. A titre d'information, les valeurs critiques concernant les champs magnétiques sont de 5 Oe (Oersted), ou 400 A/m (ampère par mètre), pour les courants continus et de 25 Oe, ou 2000 A/m, pour les courants alternatifs. Il est également nécessaire de remagnétiser régulièrement les particules, ce qui induit une charge de travail en entretien assez conséquente.

Le problème que présentent les bandes magnétiques est qu'elles n'ont pas été conçues pour se conserver sur de longues périodes. Quelles que soient les mesures prises pour assurer leur pérennité, il faudra obligatoirement envisager de les recopier sur des supports plus stables et plus résistants. En attendant ce moment, il convient évidemment d'établir des conditions optimales de conservation.

4.2 L'efficacité de l'archivage et de la consultation

Avoir une sécurité de données c'est bien, avoir en plus un système efficace c'est mieux. En conséquence, il est parfois nécessaire de trouver un compromis entre une conservation optimale et une consultation efficace. Nous avons déjà cité l'exemple des bandes sur support film à la RTBF.

Un des principaux inconvénients de l'archivage classique est l'obligation d'emprunter le document que l'on veut consulter. Ceci implique qu'il faut d'abord savoir où le rechercher avant de pouvoir le récupérer. On peut dès lors remarquer que pour avoir un système efficace, il est nécessaire de posséder un archivage bien organisé. A la RTBF, la recherche d'images ou de séquences passe par l'interrogation d'une base de données ou de fiches qui fournissent une liste de cassettes à visionner. Cependant, il n'y aucune garantie que les bandes vidéo contiennent ce que la personne recherchait. La perte de temps peut donc se révéler assez importante.

Pour augmenter la rapidité d'accès aux documents, il est intéressant que ceux-ci soient aussi proche que possible des utilisateurs. Malheureusement, ce n'est pas toujours possible. A la RTBF, les archives étant centralisées à Bruxelles, les journalistes des centres de production n'y ont pas toujours un accès immédiat. Ce problème existe malgré la possibilité d'envoyer des images par faisceau hertzien.

L'archivage classique ne permet pas une utilisation simultanée des documents. Une fois un de ceux-ci emprunté, il faut attendre son retour avant qu'il puisse être réutilisé par quelqu'un d'autre. La vitesse de circulation dépend alors de la rapidité à laquelle les utilisateurs rendent les documents qu'ils ont empruntés. Ainsi, la RTBF est dotée d'un système de gestion des prêts permettant de connaître les identités des personnes ayant en leur possession une archive.

L’efficacité de la consultation des archives est également influencée par la présence, ou l’absence, de plusieurs formats de données et/ou supports. Plus la diversité est grande, plus il y a de risques que les emprunteurs n’aient pas la possibilité de consulter un document par manque de matériel adéquat. Confrontée à ce problème, la RTBF effectue des recopiages afin d’uniformiser au maximum les supports employés. Elle s’efforce également de conserver des pièces anciennes pour pouvoir assurer une maintenance du vieux matériel.

Chapitre 5 Proposition d'une nouvelle architecture pour un système d'archivage plus efficace

Le chapitre précédent a montré les limites qui existent avec l'archivage tel qu'il est effectué aujourd'hui. Un système alternatif basé sur des documents sous forme de fichiers devrait permettre de dépasser ces limites.

Nous allons d'abord exposer une possibilité d'architecture pour un tel système. Celle-ci est notre vision des choses et n'est qu'une solution parmi d'autres. Cependant, elle nous a été utile pour identifier les avantages et inconvénients de ce type de système quelle que soit son architecture.

5.1 Présentation d'une architecture

Les différents composants de ce système pourraient se présenter comme nous le montre la Figure 5.1.

Les points les plus importants sont la présence des documents sous forme numérique et d'une base de données les référençant.

On dispose de deux modules d'accès. Le rôle du module d'accès aux serveurs de documents est de cacher la structure des serveurs. Celui du module d'accès à la base de données est d'offrir des primitives d'accès sans devoir se soucier du langage utilisé pour l'interroger.

Ces éléments constituent le cœur du système, c'est-à-dire sa couche la plus basse. Nous avons voulu créer un système générique, offrant la possibilité de mettre en place des serveurs sur lesquels sont stockés des documents de types différents ainsi qu'une ou plusieurs bases de données les indexant. Les modules d'accès peuvent alors être utilisés pour cacher la diversité des serveurs et de la ou des bases de données.

Un deuxième niveau sera constitué par des passerelles. Celles-ci permettent de personnaliser les fonctions offertes par la couche inférieure selon les besoins des différents utilisateurs. Elles constituent donc le lien entre ces derniers et le niveau le plus bas du système.

La motivation de l'emploi de passerelles et de modules d'accès est la possibilité de mettre en place une politique de contrôle d'accès à la base de données et aux serveurs de documents.

Les passerelles sont différentes en fonction de l'environnement dans lequel elles sont déployées. Il est cependant possible que plusieurs passerelles accèdent à un même cœur de système. Dans ce cas, il est probable que ces moyens d'accès ne proposent pas les mêmes droits et les mêmes fonctionnalités. A titre d'exemple nous avons introduit deux passerelles dans notre architecture : une pour les employés de la RTBF et une autre pour les visiteurs du

site Web. Le personnel de la RTBF a accès à toutes les archives tandis qu'une partie seulement des documents archivés est mise à disposition des internautes.

Les passerelles permettront également de distinguer les groupes d'utilisateurs d'un même environnement. Certains pourront par exemple ajouter des données au système tandis que d'autres ne pourront que les consulter. Nous avons illustré ce mécanisme sur notre architecture en distinguant d'une part les documentalistes d'IMADOC et d'autre part les journalistes. Cela nous paraît normal si l'on considère que les journalistes ne font que rechercher des séquences vidéo tandis que les documentalistes introduisent de nouvelles données dans le système lors de l'archivage des émissions.

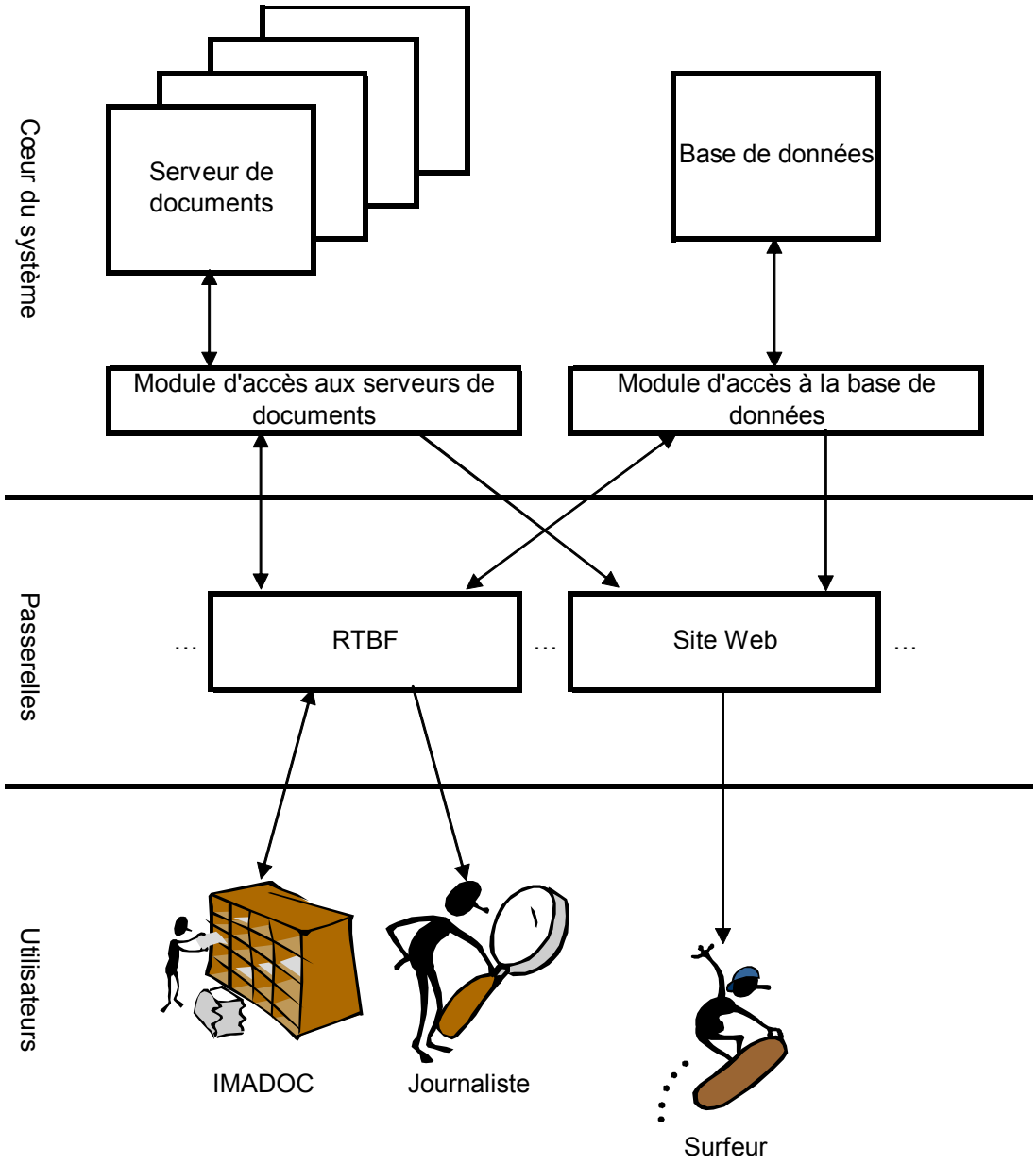


Figure 5.1 - Notre architecture du système

5.2 Avantages

La disponibilité des archives sur des serveurs facilite énormément leur copie. Cela signifie qu'il est possible d'effectuer facilement des sauvegardes de sécurité. Même si on peut émettre la critique que les supports utilisés pour celles-ci sont également sujets à une dégradation naturelle, la facilité de la copie permet de renouveler régulièrement les sauvegardes. Ainsi ce système, tout en n'étant pas infaillible, fournit une réponse à une des exigences les plus importantes à remplir dans le cadre d'un archivage.

La qualité des documents reste constante tout au long des utilisations. Il n'y a plus de dégradation due aux utilisations et aux manipulations car la consultation des données s'effectue sur une copie et non sur l'original.

La nature des liens entre les trois couches du dispositif ouvre la porte à des délocalisations des utilisateurs par rapport aux données. En effet, l'installation de réseaux permettrait une utilisation à distance de la base de données et des serveurs de documents. Cette technique serait en outre une solution au problème de la perte de documents empruntés.

De plus, ces accès au système pourraient s'effectuer de manière concurrente. Cela améliorerait grandement la performance de la consultation des archives puisque toutes les données seraient disponibles en permanence.

Grâce à un accès direct aux informations, l'utilisateur peut visualiser immédiatement les documents qui lui sont proposés suite à l'interrogation de la base de données et ainsi rapidement déterminer s'ils satisfont sa demande. On évite donc les situations dans lesquelles on emprunte beaucoup de documents finalement inutiles.

5.3 Désavantages

Le système n'est toujours pas infaillible. En effet, les disques durs des serveurs ne résistent pas mieux à l'eau ou au feu qu'une bande vidéo ou qu'un document en papier. En conséquence, la nécessité de garder des copies de sécurité n'a pas disparu. Heureusement, celles-ci sont réalisées plus facilement qu'avec un système d'archivage classique.

On retrouve un désavantage comparable à l'obsolescence du matériel : la pérennité des logiciels. Tout comme une bande vidéo ne peut plus être lue dès que le matériel adéquat disparaît, les formats de données numériques ne peuvent plus être décodés si aucun logiciel ne les prend plus en compte. Pour éviter ce genre de désagrément, il est préférable d'utiliser des formats standard, définis par des organisations officielles telles que ANSI[33], IEEE[34]…

[33] American National Standards Institute.
[34] Institute of Electrical and Electronics Engineers.

5.4 Etude de l'accueil qui serait réservé à un tel système

Avant de faire quelques commentaires sur l'enquête menée auprès du service IMADOC de la RTBF, nous tenons à signaler au lecteur que la mise en place d'un système d'archivage numérique dépend également des moyens financiers qui seront mis à disposition. Il est clair qu'aucun système ne pourra être conçu sans un financement approprié et cela même si les utilisateurs potentiels sont prêts à travailler avec ce nouvel outil. Il reste donc toujours la lourde tâche de convaincre les supérieurs hiérarchiques de l'utilité et de l'importance d'un nouveau système d'archivage.

Le questionnaire[35] que nous avons distribué visait à évaluer l'outil existant et à déterminer si l'implantation d'un système d'archivage audiovisuel numérique serait opportune et permettrait de combler les lacunes d'un système classique ou d'en améliorer les performances. Le but de l'enquête était également de connaître l'avis des documentalistes qui seraient amenés à travailler avec ce nouvel outil.

En ce qui concerne l'évaluation de l'outil existant, la majorité des interrogés semble relativement satisfaite de l'outil utilisé pour l'archivage. Néanmoins, certaines personnes relèvent des points faibles au système existant. Les informations encodées dans la base de données devraient contenir plus de détails et il serait intéressant de pouvoir récupérer certaines de celles-ci si elles ont déjà été saisies lors de la production.

Un certain nombre de personnes estiment que la sauvegarde et la conservation des supports ne sont pas réalisées de manière optimale. Les principaux problèmes relevés sont : la perte d'originaux non copiés ainsi que des manipulations trop nombreuses. Malgré tout, le chef de service a souligné l'existence de mécanismes pour éviter au maximum les pertes.

Au niveau de la recherche et de la réutilisation des documents audiovisuels, le seul inconvénient relevé par quelques-uns des interrogés est l'obligation de procéder en deux temps. La recherche sur ordinateur suivie de l'emprunt des cassettes pour la visualisation et la vérification de la pertinence des séquences entraîne des pertes de temps.

La deuxième partie de l'enquête, portant sur la pertinence d'un système entièrement numérique, nous a permis de constater que tout le monde serait favorable à mise en place d'un tel système. Les utilisateurs jugent cependant nécessaire la mise sur pied d'un helpdesk et l'organisation de formations leur permettant de se familiariser avec ce nouvel outil.

Le changement de système d'archivage ne devrait pas avoir de conséquences sur l'intérêt que portent les documentalistes à leur travail. La qualité de ce dernier devrait en outre rester inchangée voire améliorée. De plus, la plupart des personnes interrogées estiment que le système n'entraînerait pas de complications de la tâche à effectuer.

Lors de la présentation de notre système nous avons identifié des avantages au niveau de la sauvegarde et de la conservation des supports et au niveau de la consultation par des personnes extérieures au service IMADOC. D'une manière générale ces améliorations ont également été perçues par les employés. Ceux-ci reconnaissent les avantages apportés pour la sauvegarde et la conservation des supports mais ont un avis un peu plus nuancé en ce qui concerne les possibilités de recherches par d'autres personnes que celles appartenant à

[35] Voir Annexe 1.

IMADOC. Certains pensent encourager cette possibilité seulement dans certains cas[36] et d'autres considèrent, même s'ils y sont favorables, que celle-ci est utopique. Utopique parce que les journalistes ayant besoin de documents ne seront pas familiarisés avec l'outil ou n'auront tout simplement pas assez de temps à consacrer à la recherche.

Plusieurs personnes nous ont fait part de l'avantage pratique que constitue la possibilité de visualiser directement les séquences pendant la recherche. Cela permettra entre autres de réduire le nombre de manipulation des bandes et de diminuer la perte de temps. Un autre avantage a été mis en avant par une employée du service qui voyait l'opportunité de vérifier des éléments incertains. Par exemple, pour l'identification d'une personne apparaissant dans une séquence lors de l'archivage d'une émission, le documentaliste pourrait se baser sur d'autres documents déjà archivés mais facilement visualisables.

Enfin, il est également apparu que le système entièrement numérique permettrait l'accès au télétravail. A ce sujet, nous avons pu constater que cette organisation du travail correspond à une attente de la part de certaines personnes interrogées.

[36] Nous regrettons de ne pas avoir demandé aux personnes interrogées de citer dans quel cas les gens extérieurs à IMADOC pourraient ou ne pourraient pas effectuer eux-mêmes des recherches dans les archives.

Partie III
L’exploitation d’archives

Chapitre 6 La réutilisation d'archives audiovisuelles dans le cadre d'une exposition au Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire

Après avoir consacré les chapitres précédents à la problématique de l'archivage, nous avons voulu accorder un peu de temps à l'étude des possibilités d'exploitation des archives. Pour ce faire, nous avons décidé de nous pencher sur le cas concret du Musée Royal de l'Armée.

6.1 Présentation de l'exposition "Mémorial des conflits contemporains"

Dans le cadre du mémorial des conflits contemporains, le Musée Royal de l'Armée aménage actuellement une partie de la Halle Bordiau[37]. Elle sera principalement consacrée à la Deuxième Guerre mondiale et ses antécédents. Le thème de la guerre froide, et de manière plus générale la deuxième moitié du XX^{e} siècle, sera également abordé.

L'exposition se compose de différentes grandes zones reprenant un sujet particulier. Les objets exposés proviendront principalement des collections du musée. Parallèlement, le musée proposera un parcours audiovisuel composé de divers témoignages. Les vidéos présentées seront issues des archives de la RTBF et de la VRT.

Pour cette exposition, le Musée Royal de l'Armée accorde beaucoup d'importance à l'aspect interactif de la présentation afin que le visiteur puisse lui-même choisir les informations qu'il veut consulter. L'exposition permettant la personnalisation de la visite, elle s'adressera donc à un public varié.

C'est cette philosophie qui a motivé notre travail au musée de l'armée, le but étant de rendre les visites aussi interactives que possible. Pour ce faire, nous analyserons les différents moyens de présentation généralement utilisés pour faire découvrir les documents vidéo au public.

6.2 Analyse des moyens de présentation et de leurs limites

6.2.1 Critères d'évaluation

Nous avons identifié trois critères principaux pour apprécier le niveau de qualité des moyens de présentation : le degré d'interactivité offert, le nombre de personnes profitant du document et la flexibilité.

[37] Gédéon Bordiau (1832 - 1904) : architecte belge, concepteur du Cinquantenaire.

Le degré d'interactivité comprend la quantité de services mis à disposition du visiteur et le nombre de personnes qui peuvent agir simultanément sur le déroulement de la présentation.

Le deuxième critère concerne le nombre d'individus qui peuvent visualiser, en même temps, le document présenté. La notion d'interactivité n'intervient donc pas du tout à ce niveau.

Enfin, la flexibilité peut être examinée au niveau de la facilité de la consultation et au niveau de la conception. La facilité de consultation est influencée par le degré de mobilité dont dispose le visiteur lors de l'utilisation des services proposés. La flexibilité au niveau de la conception dépendra de la capacité du système à évoluer c'est-à-dire à proposer de nouveaux services et à élargir sa base de documents interrogeables.

6.2.2 Moyens de présentation

Nous commencerons d'abord par le système que nous jugeons le moins pratique. Ensuite nous verrons un système qui permet une liberté plus grande. Un tableau récapitulatif sera ensuite proposé afin de faciliter la comparaison.

La cassette vidéo

Le moyen de présentation le plus classique est l'utilisation d'un magnétoscope et d'une cassette VHS contenant le ou les documents que l'on veut faire découvrir. La visualisation peut se faire sur un écran de télévision de taille normale ou sur un écran large par projection. Le visiteur peut choisir de regarder ou d'ignorer la présentation mais il ne peut pas influencer son déroulement. Il a donc un rôle passif et en conséquence, ce système présente une interactivité inexistante.

L'affichage sur téléviseur permet à quelques personnes (maximum 3 ou 4) une consultation simultanée tandis qu'une projection rend la présentation accessible à un groupe plus important mais limité à l'espace prévu autour de l'écran.

La flexibilité au niveau de la conception est faible car il n'y a pas d'extension possible des services offerts : ce système ne permet qu'un seul service qui est la consultation d'un document préenregistré. L'ajout ou la modification de la présentation nécessitent de reproduire une nouvelle cassette.

En ce qui concerne la facilité de consultation, le public ne peut pas circuler et consulter en même temps : il doit rester devant l'emplacement prévu pour le téléviseur ou l'écran.

Le DVD-Vidéo et le CD-ROM (ou DVD-ROM)

Actuellement, deux autres techniques permettent d'augmenter l'interactivité : il s'agit du DVD-Vidéo, lu par un lecteur de DVD "de salon", et du CD-ROM (ou DVD-ROM), consultable par l'intermédiaire de bornes munies d'ordinateurs.

Ces supports permettent de présenter plusieurs documents, éventuellement découpés en parties, par l'utilisation de menus ou via une interface graphique. Le choix d'accès peut ainsi être laissé à l'appréciation du public. Pour le DVD-Vidéo, la navigation pourra s'opérer grâce à une télécommande alors que la manipulation d'un CD-ROM (ou DVD-ROM) pourra s'effectuer via un clavier. L'usage d'un écran tactile peut également être envisagé dans les deux cas. Le niveau d'interactivité proposé est donc plus élevé qu'avec un système VHS.

Cependant, le CD-ROM offre une interactivité accrue par rapport au DVD-Vidéo. Ceci est dû à la possibilité d'effectuer une consultation plus personnelle de documents et/ou d'informations en intégrant sur le support une base de données qui pourrait, par exemple, offrir la possibilité d'une recherche par mots clés. Le DVD-Vidéo n'offre pas autant de souplesse, étant donné que le contenu est complètement figé.

Si ces deux dernières techniques offrent une interactivité plus élevée, celle-ci ne profite cependant qu'à une seule personne à la fois. Néanmoins, il est possible de partager les actions de cette personne avec un groupe plus important grâce à l'installation d'un projecteur. Un professeur pourra par exemple utiliser un CD-ROM comme support d'une visite : toute sa classe aura alors l'opportunité de suivre le parcours proposé sur grand écran.

L'analyse des autres critères (le nombre de personnes profitant de la projection, la flexibilité lors de la conception et lors de la consultation) pour ces techniques nous montre qu'ils sont identiques au système utilisant des cassettes VHS.

	Interactivité		**Nbre de pers. visualisant simultanément**	**Flexibilité**	
	Quantité de services	Nbre de pers. interactives		Conception	Consultation
VHS + téléviseur	Nulle	0	1 à 4	Faible	Faible
VHS + projecteur	Nulle	0	Nombreux (dépend de l'espace)	Faible	Faible
DVD-Vidéo + téléviseur	Moyenne	1	1 à 4	Faible	Faible
DVD-Vidéo + projecteur	Moyenne	1	Nombreux (dépend de l'espace)	Faible	Faible
Ordinateur (CD-ROM ou DVD-ROM)	Élevée	1	1 à 4	Faible	Faible
Ordinateur + moyen de projection[38]	Élevée	1	Nombreux (dépend de l'espace)	Faible	Faible

Tableau 6.1 - Tableau récapitulatif de l'évaluation des moyens de présentation

[38] Il s'agit d'un système grâce auquel ce qui est affiché sur le moniteur est également reproduit sur un écran large ou par projecteur, ce qui permet aux visiteurs présents dans la salle de suivre les actions de la personne manipulant l'ordinateur.

6.3 Proposition d'un système de présentation amélioré

Avant de détailler notre proposition, nous tenons à mettre le lecteur en garde. En effet, il faut tout d'abord signaler que le système que nous allons présenter a été établi dans le cadre de l'exposition "Mémorial des Conflits contemporains" du Musée Royal de l'Armée. Il ne sera donc pas nécessairement adapté dans d'autres contextes. De plus, il s'agit d'un projet ambitieux qui ne pourra très probablement pas être réalisé dans sa totalité. Il faudra le confronter avec les contraintes financières et techniques (la Halle Bordiau a déjà été aménagée) présentes en réalité.

6.3.1 Aspect technique du système

L'objectif du nouveau système est d'offrir au visiteur une très grande interactivité en lui permettant de visualiser des informations complémentaires en rapport avec les objets présentés ainsi qu'une série de témoignages se rapportant au sujet abordé.

Il est également primordial de pouvoir proposer ce nouveau système au plus grand nombre de visiteurs. En d'autres mots, l'interactivité devrait être accessible à l'ensemble des personnes visitant l'exposition.

La flexibilité, tant au niveau de la conception que de la consultation, est un point important qui mérite d'être amélioré par rapport aux solutions de présentation rencontrées jusqu'ici.

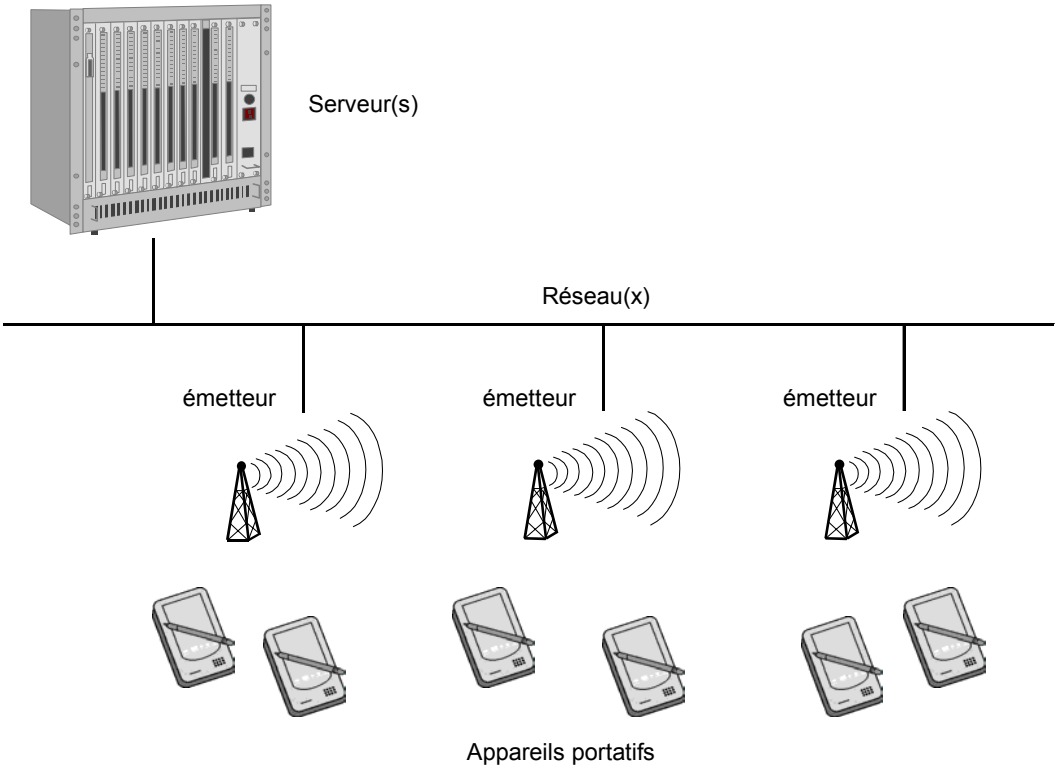


Figure 6.1 - Schéma du système proposé

Nous conseillons l'utilisation de serveurs servant à stocker et à mettre à disposition l'ensemble des informations. Ces documents devraient être indexés par une base de données ou en utilisant des normes de description de contenu (en particulier la norme MPEG-7). L'ajout et la modification de documents ne posent plus de problèmes : il suffit d'ajouter les nouveaux fichiers sur les serveurs et de mettre à jour la base de données. Cette architecture possède donc une grande capacité d'évolution ainsi qu'une grande flexibilité au niveau de la conception.

Pour la consultation, le visiteur sera muni d'un appareil portatif permettant la visualisation des documents. La connexion aux serveurs sera assurée par des connexions réseaux dont une partie sera sans fil. Cette partie sans fil pourra être réalisé par une liaison infrarouge ou par ondes radio.

Nous pensons que ce système permet d'atteindre de meilleurs résultats par rapport aux critères précédemment observés. La flexibilité lors de la conception est plus élevée car l'ajout et la modification de documents sont aisément réalisables. La facilité de consultation est également importante grâce au caractère mobile des terminaux confiés aux visiteurs. Le nombre de services proposés peut être élevé tout comme le nombre de personnes pouvant y accéder simultanément. Cela nous permet donc de mettre en place un système hautement interactif dans lequel tous les individus sont actifs. Le nombre de personnes bénéficiant en même temps de l'interactivité atteint donc le même niveau que celui de celles qui peuvent visualiser simultanément le document présenté.

	Interactivité		**Nbre de pers. visualisant simultanément**	**Flexibilité**	
	Quantité de services	Nbre de pers. interactives		Conception	Consultation
Le système proposé	Élevée	Nombre de visiteurs	Nombre de visiteurs	Élevée	Élevée

Tableau 6.2 - Evaluation du système proposé

Cette solution pourrait être utilisée afin de mettre en place une fonctionnalité permettant la localisation du visiteur dans l'exposition. Ainsi, on peut lui proposer un contenu spécifique à la salle parcourue. La localisation peut être obtenue en créant des intersections et des recouvrements entre les zones d'action des émetteurs. Grâce à l'utilisation de formules de triangulation il serait alors possible de déterminer l'endroit où la personne se trouve. Cette fonctionnalité ne doit pas empêcher une sélection manuelle d'une salle pour permettre au visiteur de s'intéresser à une partie du musée dans laquelle il ne se trouverait pas ou pour pallier à une mauvaise appréciation du système quant à sa position.

6.3.2 Services à proposer au public

Le musée dispose d'une série de documents se rapportant aux objets exposés ou à une thématique abordée dans l'exposition. Deux approches sont proposées aux visiteurs : une visite classique ou une visite plus personnalisée.

La première permet au public de parcourir l'exposition de salle en salle. En entrant dans une pièce du musée, le système propose, à l'aide d'une interface, une liste des objets qui y sont disposés et pour lesquels il existe un complément d'information intéressant (vidéos, liens Internet, photos, textes…). Le visiteur pourra également avoir accès aux documents (par exemple des témoignages) se rapportant à la thématique abordée à cet endroit du musée. La localisation d'une personne visitant l'exposition peut se faire automatiquement ou manuellement (voir point précédent).

Dans le cadre d'une visite classique, il est important de ne pas tomber dans le piège de la technologie pour la technologie : présenter un objet auquel aucun document ne serait relié ne présenterait aucun intérêt et constituerait un abus du système. Par contre, lorsque le visiteur décide de faire une visite plus personnalisée, c'est-à-dire se basant sur des critères introduits par lui, il se voit présenter une liste d'objets pouvant l'intéresser. Il peut alors se diriger vers les salles abritant les pièces renseignées. Dans ce cas de figure, le système doit connaître tous les objets exposés, même s'ils ne possèdent pas de fichiers associés. On pourrait également imaginer que la présentation inclurait des pièces de collection qui sont encore dans les réserves. Un spécialiste pourrait alors introduire une demande pour voir et analyser l'objet en question. Le système serait en mesure de satisfaire à la fois les besoins d'un visiteur moyen et ceux d'un féru d'histoire militaire.

Le musée se trouvant dans un pays multilingue, il doit pouvoir s'adapter à la langue maternelle de chaque personne. Au minimum, les trois langues nationales devraient être prises en compte. Le support de l'anglais, et éventuellement d'autres langues importantes, constitue un point important pour l'accueil de touristes étrangers.

Pour atteindre cet objectif, les documents doivent être disponibles en plusieurs langues. Si aucun problème ne se pose au niveau des photos, il n'en est pas de même pour les vidéos, les documents sonores ou les textes. Ces derniers peuvent faire l'objet d'une traduction sans trop de problèmes, mais les vidéos et les bandes-son doivent elles être retranscrites dans les différentes langues proposées. Le visiteur visionnant une séquence filmée ou écoutant une séquence sonore peut alors faire apparaître une des retranscriptions afin de pouvoir comprendre ou relire ce qui a été dit. Ce système permet en outre à des personnes malentendantes de profiter des informations apportées par une vidéo ou un document audio.

Enfin, un dernier service qu'il serait intéressant d'offrir au visiteur est un plan du musée.

6.3.3 Services à proposer aux administrateurs

Cet aspect du système concerne la gestion des pièces et des documents exposés. Il est intéressant de proposer des outils permettant d'ajouter des vidéos, des textes, des photos… ainsi que des objets. La modification des descriptions de ces derniers et des thèmes doit également être possible afin de pouvoir offrir de nouvelles possibilités de parcours au visiteur. Ces services donnent au système une plus grande capacité d'évolution et améliore la flexibilité au niveau de la conception.

6.3.4 Quelques exigences à prendre en compte

Nous pensons qu'il est important que le système tienne compte d'exigences au niveau du temps de réponse et de la disponibilité. Si ces exigences ne sont pas prises en compte lors de l'implémentation, le succès escompté auprès du public risque d'être compromis. En effet, les visiteurs risquent de juger le système non pratique et en conséquence inintéressant. Cette situation pourrait alors entraîner le sentiment d'avoir fait un investissement non rentable.

Au niveau du temps de réponse, il nous semble que celui-ci doit être le plus court possible. Un temps d'attente pour obtenir une information de plus de 5 secondes risque fort d'impatienter le visiteur.

En ce qui concerne la disponibilité du système, il nous semble normal que toute l'architecture doive parfaitement fonctionner pendant les heures d'ouverture de l'exposition. Il est donc clair que ce n'est pas à ces moments-là que doit être effectuée une mise à jour du système.

6.4 Technologies disponibles

Le système que nous avons précédemment proposé repose sur l'utilisation de serveurs, de réseaux câblés et sans fil ainsi que d'appareils multimédias portatifs. Nous estimons qu'il est inutile d'analyser les technologies existantes dans le domaine des serveurs et des réseaux câblés parce que le Musée Royal de l'Armée a déjà opéré des choix à ce niveau.

En effet, l'infrastructure réseau a déjà été installée afin de connecter tous les ordinateurs du musée sur un Intranet. De plus, lors de l'aménagement de la Halle Bordiau, tous les câbles nécessaires ont été placés.

La présence de serveurs est déjà effective. Ceux-ci servent à l'hébergement d'un site Internet et d'une base de données accessible à l'ensemble du personnel.

6.4.1 Appareils portatifs

La sélection des appareils portatifs qui, selon nous, seraient intéressants à utiliser pour visualiser les documents multimédias proposés aux visiteurs, a principalement été influencée par les évolutions futures annoncées par leurs fabricants. Nous ne nous sommes donc pas seulement basés sur les fonctionnalités qu'ils offrent aujourd'hui mais surtout sur celles qu'ils possèderont à l'avenir.

Cette décision se justifie par le fait que l'implémentation du système n'est pas prévue pour tout de suite. D'une part, parce que la conception de l'exposition n'est pas encore entrée dans sa phase finale et d'autre part, parce qu'il faudrait du temps avant d'avoir les budgets nécessaires à disposition. Il nous semble donc important d'identifier les appareils susceptibles d'être adaptés au système lors de sa mise en place.

Selon nous, les dispositifs les plus aptes à restituer les documents numériques stockés sur les ordinateurs centraux du système (les serveurs) sont d'autres ordinateurs.

Cependant, pour une visite agréable, l'outil de visualisation doit être facilement manipulable et donc peu volumineux. Exit donc les ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables. Par contre, les organiseurs de poche (en anglais : Personal Digital Assistants ou PDA) pourraient convenir parfaitement.

Outre ces organiseurs de poche, deux autres catégories d'appareils portatifs ont également retenu notre attention : les téléphones portables et les livres électroniques.

Personal Digital Assistants (PDA)

Un des acteurs les plus connus sur le marché des organiseurs de poche est sans aucun doute Palm[39]. En 1996, le Pilot 1000™ et le Pilot 5000™ furent les premiers produits proposés par cette société. Il s'agit de véritables agendas électroniques permettant l'enregistrement de rendez-vous, d'adresses, de mémos…

Par la suite, ces appareils ont connu diverses évolutions. Ces évolutions se situent non seulement au niveau technique (accroissement de la vitesse du processeur, augmentation de la quantité de mémoire embarquée, apparition des écrans couleur…) mais également au niveau des fonctionnalités proposées. Il est désormais possible de lire des fichiers musicaux (par exemple au format MP3) ou de se détendre grâce aux multiples jeux disponibles.

Malgré sa position dominante, Palm doit aujourd'hui faire face à une concurrence de plus en plus acharnée. En effet, d'autres constructeurs ont été attirés par ce marché et ont à leur tour proposé des produits similaires au Palm Pilot. A titre d'information, nous citons Handspring (Visor), Sony (Clié), Casio (Pocket Viewer)… Néanmoins, force est de constater que la plupart des produits concurrents utilisent le même système d'exploitation que les produits de Palm, c'est-à-dire Palm OS.

Devant le succès remporté par les PDA, les principaux acteurs du monde des PC n'ont pas attendu longtemps avant de proposer leurs propres produits. Ils n'ont pas voulu prendre de retard sur un marché considéré comme beaucoup plus rentable que celui des PC. Attardons-nous en particulier sur les développements consentis par Intel et par Microsoft.

Intel, le plus grand fabricant de microprocesseurs, a mis au point un produit baptisé StrongARM. Ce produit destiné aux appareils portatifs est disponible à des fréquences allant jusqu'à 206 Mhz. Tout récemment, c'est-à-dire en février 2002, Intel a lancé une nouvelle version connue sous le nom de Xscale.

Microsoft, quant à lui, a développé une version allégée de son système d'exploitation Windows. Connu sous le nom de Windows CE, ce système d'exploitation n'a pas connu de grand succès. La version 2002 est plus aboutie et très conviviale. Cette dernière a d'ailleurs reçu un nouveau nom : Pocket PC.

[39] Site Internet : www.palm.com

Grâce aux efforts d'Intel et de Microsoft, la plupart des grandes sociétés d'informatique telles que HP, Compaq, Toshiba ont développé une gamme de produits plus connus sous le nom de Pocket PC[40].

Figure 6.2 - Quelques Pocket PC: Jornada (HP), e570 (Toshiba), iPaq (Compaq)[41]

A quoi pouvons-nous nous attendre dans l'avenir ? Comme c'est le cas depuis l'arrivée des PDA sur le marché, on s'attend à une augmentation régulière des performances.

De nouveaux concurrents viendront également proposer leurs produits. Citons l'exemple d'Advanced Micro Devices, le plus grand concurrent d'Intel sur le marché des microprocesseurs. Son arrivée est la suite logique du récent rachat de Alchemy Semiconductor, développeur du processeur MIPS destiné aux organiseurs de poche et aux baladeurs MP3.

On doit également tenir compte de l'apparition de nouveaux acteurs, qui produiront de nouveaux composants capables d'offrir des fonctionnalités étendues. Ainsi les principaux fabricants de puces graphiques vont très bientôt proposer des solutions 3D destinées aux PDA. Il s'agit entre autres de NVidia, d'ATI (Imageon 100) et de STMicroElectronic (PowerVR MBX).

Téléphones portables

Dans les années 80, l'idée de créer une solution sans fil pour le téléphone a fait son chemin. Tous les efforts réalisés ont donné naissance, entre autres, au standard GSM[42]. Depuis le lancement de ce standard au début des années 90, le marché du téléphone portable a connu une croissance extrêmement rapide. En Belgique, selon les derniers chiffres de

[40] En réalité, ce nom renvoie au système d'exploitation de Microsoft. Malgré tout, nous avons l'impression que la plupart des gens utilisent ce nom pour parler de ce type d'appareils.
[41] Site Internet HP : www.hp.com
Site Internet Toshiba : www.toshiba.com
Site Internet Compaq : www.compaq.com
[42] Nous parlerons plus longuement de ce standard dans la section suivante.

l'Institut National des Statistiques, la proportion de la population possédant un "G" est estimée à 3 sur 4[43].

Sur le marché on retrouve un grand nombre de sociétés. Les plus connues sont probablement Nokia[44] et Ericsson[45] (devenu récemment Sony Ericsson). Au début, ces marques proposaient des appareils qui offraient non seulement la possibilité de téléphoner mais aussi d'envoyer de petits messages écrits ou SMS (Short Message Service).

Nokia fut le premier à proposer à ces utilisateurs la possibilité de télécharger des sonneries et d'envoyer des images. Au niveau technique, ce ne fut pas difficile à réaliser. En effet, la description de la sonnerie ou de l'image est envoyée grâce à plusieurs SMS. Toujours en utilisant le service SMS, Nokia a également permis la conversation en direct (ou *chat*) entre deux téléphones portables de sa marque.

Plus surprenante fut l'apparition de téléphones portables avec un agenda électronique intégré, capable de lire et d'envoyer des mails et permettant l'accès à Internet.

Figure 6.3 - Nokia Communicator - Sony Ericsson P800

Aujourd'hui, le marché propose une amélioration des services existants. D'une part, c'est le service SMS qui est étendu (avec entre autres l'arrivée de EMS[46]), permettant ainsi l'envoi de messages plus longs. D'autre part, c'est l'accès au réseau Internet qui devient plus rapide.

Cependant, c'est surtout l'avenir qui nous paraît intéressant à analyser. En effet, les téléphones portables incorporeront des fonctions multimédias. Nokia propose d'ailleurs déjà un GSM permettant l'écoute de la radio ainsi que le stockage et la lecture de fichiers musicaux numériques (par exemple, au format MP3).

[43] Voir www.statbel.fgov.be/figures/d75_fr.asp (accédé le 14/05/2002)
[44] Site officiel : www.nokia.com
[45] Site officiel : www.ericsson.com (www.sonyericsson.com)
[46] Enhanced Message Service.

Figure 6.4 - Nokia 5510

Après le son, ce sera au tour de la vidéo. Le téléchargement d'une séquence filmée et l'envoi d'images en temps réel sera possible grâce à l'UMTS, appelé à succéder au standard GSM et offrant un taux de transfert plus important.

Livres électroniques[47]

Le livre électronique, également connu sous le nom de e-Book, est apparu fin des années 90. Sa fonction principale est de permettre la lecture d'ouvrages sous forme numérique. Il a suscité un grand intérêt lors de sa sortie et a parfois même été présenté comme le successeur du livre.

Au niveau hardware, la caractéristique principale de l'e-Book est de présenter un large écran couleur ou monochrome. Les tailles rencontrées vont du format A5 à la page A4. Les résolutions qui peuvent être atteintes sont elles aussi assez variables et peuvent même aller jusqu'à 800 x 600 pixels.

Par contre, la puissance des processeurs utilisés ou la quantité de mémoire disponible sur ces appareils n'est en général pas la particularité la plus impressionnante.

Sauf exception, les capacités de stockage sont elles aussi assez limitées. Divers ports ou moyens de communication (USB, PCMCIA, Série…) sont prévus pour transférer le livre vers un PC ou pour l'imprimer, mais ceux-ci restent parfois scellés dans l'attente d'un système efficace de protection des œuvres.

Figure 6.5 - eBookMan, hieBook, Cybook et goReader[48]

[47] Portail Internet consacré au livre électronique : www.planetebook.com

[48] Site Internet eBookMan : http://www.franklin.com/estore/details.asp?ID=EBM-911 (accédé le 22/04/02).
Site Internet hieBook : http://www.hiebook.com/ (accédé le 22/04/02).
Site Internet Cybook : http://www.cytale.com/site/cybook/index.asp (accédé le 22/04/02).
Site Internet goReader : http://www.goreader.com/index.htm (accédé le 22/04/02).

En tant que lecteur de livres électroniques, l'e-Book offre diverses fonctionnalités. Tout comme lors de la lecture d'un livre en papier, il est possible de placer des signets, de souligner des passages, d'insérer des notes personnelles… Les livres électroniques peuvent être téléchargés, gratuitement ou de manière payante, sur Internet depuis certains sites spécialisés.

Si les e-Books ont fait sensation il y a maintenant un ou deux ans lors de leur présentation au grand public, il faut bien constater qu'ils n'ont pas récolté le succès escompté. Le prix relativement élevé, le manque de fonctionnalités additionnelles ainsi que le nombre élevé de formats de fichiers différents semblent avoir handicapé l'e-Book au profit des PDA.

Malgré tout, l'e-Book reste le système portatif proposant l'écran le plus grand parmi tous les PDA. Dès lors, si son avenir sous sa forme actuelle semble définitivement bouché, l'ajout de fonctionnalités pourrait lui donner une seconde chance.

Précisément, ces derniers mois ont vu l'apparition du concept de "Tablet PC", notamment soutenu par Microsoft. Il s'agit d'un PDA de la taille d'un e-Book et qui permettrait, en plus de lire des livres électroniques, de faire fonctionner n'importe quelle application Windows.

Figure 6.6 - Le "Tablet PC" de Microsoft[49]

6.4.2 Réseaux sans fil

Le système que le Musée de l'Armée devra mettre en place doit permettre l'accès à un réseau au moyen de connexions sans fil. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, ces connexions sans fil peuvent être réalisées soit par des liaisons infrarouges, soit par l'utilisation d'ondes radio.

Les caractéristiques des liaisons par infrarouge

L'infrarouge est déjà depuis longtemps utilisé afin d'envoyer des données d'un appareil à un autre sans l'utilisation d'un câble. Il suffit de penser aux télécommandes qui ont fait leur apparition dans les années 80. Il est donc fort logique que cette technique ait été proposée pour la mise en place de réseaux sans fil.

[49] Site Internet : http://www.microsoft.com/windowsxp/tabletpc/default.asp (accédé le 27/04/02).

Un organisme a d'ailleurs rapidement été créé afin de développer des normes internationales. Il s'agit du Infrared Data Association[50] (IrDA). Celui-ci est constitué d'un grand nombre de sociétés connues dont Intel, Microsoft, Ericsson, Nokia...

En 1993, un protocole fut proposé. Il offrait la possibilité de transmettre des données par infrarouge entre un récepteur et un émetteur à un taux de 115 Kbits/s et cela sur une distance de maximum 2 mètres. Une version permettant de produire des composants moins gourmands en énergie a été développée. La distance a été ramenée à un maximum de 30 centimètres.

Le protocole a été mis à jour en 1995 afin de permettre une transmission avec un taux de transfert plus élevé (4 Mbits/s).

La deuxième amélioration a été apportée en 1999. A nouveau, c'est le taux de transfert qui a été revu à la hausse : les appareils peuvent désormais communiquer à des vitesses allant jusqu'à 16 Mbits/s.

Nous signalons également que certaines sociétés proposent des solutions propriétaires. Nous avons trouvé l'exemple de la firme française ATCOM qui vend des produits permettant d'atteindre des débits de transmission allant de 2 à 155 Mbits/s sur une distance pouvant atteindre 6 km.

Les caractéristiques des liaisons par ondes radio

Nous aimerions faire une distinction entre les normes qui ont été définies afin de permettre une communication téléphonique sans fil et les normes développées afin de débarrasser les réseaux informatiques de leur câblage.

Réseaux téléphoniques mobiles[51]

En Europe, c'est le standard GSM qui est utilisé pour la téléphonie mobile. En 1982, l'European Telecommunications Standards Institute (ETSI) a réservé les fréquences 900 Mhz et 1800 Mhz pour ce réseau. Ensuite un groupe de travail baptisé Groupe Spécial Mobile (d'où le sigle GSM) fut créé.

Le transfert se fait en mode circuit à une vitesse de 9,6 Kbits/s. Le mode circuit signifie que le chemin qu'emprunteront les données qui seront échangées entre deux appareils est fixé lors de l'établissement d'une connexion. Il existe un autre mode de transmission : la transmission par paquets (voir infra).

Lors de son lancement, au début des années 90, la signification du sigle GSM a été modifiée et est devenue Global System for Mobile communications.

[50] Site officiel : www.irda.org
[51] Site consulté : mobile.voila.fr

La fin des années 90 a marqué l'apparition du WAP. Les téléphones portables possédant cette technologie sont en mesure de se connecter à Internet. Cependant, l'enthousiasme de certains professionnels n'a pas été partagé par la plupart des utilisateurs. La principale cause fut le taux de transfert trop faible.

Tout récemment, la seconde génération de téléphones mobiles a été lancée : le GPRS (General Packet Radio Service). En réalité, il s'agit d'une évolution du standard GSM. Les changements se situent au niveau des débits de transmission (entre 40 et 115 Kbits/s) et du mode de transmission.

Désormais la transmission se fait par paquets. Les données échangées entre deux appareils sont découpées en paquets avant leur envoi. Tous les paquets à destination d'un même appareil ne parcourent pas nécessairement le même chemin sur le réseau. C'est ici que se situe la différence par rapport au mode de transmission par circuit (voir supra). Arrivés à destination, les paquets sont remis dans le bon ordre et réassemblés.

Cette évolution n'implique pas le déploiement d'une toute nouvelle infrastructure pour les opérateurs téléphoniques. Par contre, les personnes intéressées par les services proposés doivent acheter un nouveau téléphone portable.

En ce qui concerne l'avenir, nous tenons à signaler d'une part l'annonce d'une autre évolution du standard GSM (surnommée EDGE) et d'autre part l'arrivée de l'UMTS.

L'ultime développement annoncé pour le standard GSM a été baptisé EDGE (pour Enhanced Data Rate for GSM Evolution). Afin de satisfaire l'utilisateur le plus exigeant, cette technologie devrait offrir un débit de 384 Kbits/s.

L'étape suivante dans l'évolution des réseaux téléphoniques s'appelle UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). On nous promet des débits atteignant les 2 Mbits/s. Cependant, contrairement aux solutions précédentes, l'implémentation de ce système impose le déploiement d'un tout nouveau réseau.

De plus, vu les bandes de fréquences plus petites que pour le standard GSM, le nombre d'opérateurs est limité. On se souvient de la mise aux enchères des licences d'exploitation dans les différents pays européens, des licences qui ont coûté très cher aux opérateurs.

	Bandes de fréquences	**Débit maximum**	**Mode de transmission**
GSM	900 MHz, 1800 MHz	9,6 Kbits/s	Circuit
GPRS	900 MHz, 1800 MHz	115 Kbits/s	Paquets
EDGE	900 MHz, 1800 MHz	384 Kbits/s	Paquets
UMTS	2 GHz	2 Mbits/s	Paquets

Tableau 6.3 - Tableau récapitulatif des réseaux téléphoniques mobiles

Réseaux informatiques mobiles[52]

Nous avons identifié quatre normes principales permettant d'étendre un réseau informatique : **Wi-Fi**, **HomeRF** et **Bluetooth**.

L'intérêt pour les technologies sans fil a fait naître en 1997 la norme 802.11 dont les spécifications ont été établies par le comité IEEE. Elle offrait un taux de transfert de 1 ou 2 Mbits/s à la fréquence de 2,4 GHz. En 1999, ce standard a été revu afin d'y ajouter deux nouveaux débits : 5,5 Mbits/s et 11 Mbits/s. Cette évolution a donné naissance à la norme 802.11b (ou 802.11 "High Rate").

Les premiers périphériques basés sur ce standard souffraient d'un manque d'interopérabilité en raison de la tendance des constructeurs à ajouter des fonctionnalités propriétaires tout en affirmant respecter le standard. Afin de résoudre ce problème, la WECA[53] (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) fut créée. Il s'agit d'un organisme indépendant et à but non lucratif qui a pour rôle de décerner la certification **Wi-Fi** garantissant l'interopérabilité entre les différents produits WLAN (Wireless LAN).

La norme offre la possibilité de créer des réseaux sécurisés en proposant des fonctions de sécurisation (authentification et chiffrement sur 40 bits). Le débit maximal (11 Mbits/s) peut être maintenu dans un rayon allant jusqu'à 150 mètres. Les performances sont donc comparables à un réseau de type Ethernet débarrassé de ses fils. Le standard Wi-Fi constitue donc la technologie idéale pour étendre un réseau d'entreprise mais peut également être une bonne solution pour des réseaux familiaux à hautes performances.

Les standards 802.11 et 802.11b ont été, et seront encore bientôt, rejoints par de nouvelles versions. On pourra dès lors véritablement parler de la famille 802.11*.

La première nouveauté est l'exploitation des fréquences plus élevées (bande des 5 GHz) par le standard 802.11a. Celui-ci propose une vitesse optimale de 54 Mbits/s sur une distance maximale de 20 mètres. Ces caractéristiques positionnent 802.11a comme un élément complémentaire à 802.11b et non pas comme son remplaçant. Cependant, la bande de fréquence de 5 GHz ne peut être utilisée en Europe sans autorisation préalable. L'IEEE a par conséquent décidé de développer le standard 802.11h, qui apparaît comme une version de 802.11a adaptée à la législation européenne. Il existe également depuis novembre 2001 une version 802.11g qui offre un débit de 54 Mbit/s mais en restant dans la bande de fréquence de 2,4 GHz.

Enfin, d'autres standards sont en cours d'élaboration. Il y a tout d'abord 802.11e qui étudie comment améliorer la qualité du service. Ensuite, 802.11f dédié à l'implémentation d'un protocole de communication entre les points d'accès. Et enfin, la sécurisation des réseaux sans fil n'a pas été oubliée puisqu'un standard 802.11i est en développement et devrait permettre d'atteindre un niveau de sécurité supérieur.

[52] Un document intéressant sur le sujet est "Les réseaux locaux sans fil" disponible sur Internet à l'adresse www.clubic.com/m/a/1069-1.html (accédé le 14/05/2002)
[53] Site Internet : www.wi-fi.org

HomeRF est, comme son nom l'indique, une technologie à usage domestique développée par le HomeRF Working Group Inc. (HRFWG)[54]. Ce groupe comprend des acteurs importants du monde informatique tels que IBM, Compaq, Hewlett-Packard, Intel et Microsoft. Il est cependant important de signaler que ces deux derniers ont récemment décidé de rejoindre le camp adverse et de parier sur Wi-Fi.

Ce standard autorise des débits allant jusqu'à 1,6 Mbits/s dans un rayon inférieur à 45 mètres. La version 2.0 porte ces chiffres à 10 Mbits/s mais avec une portée réduite à 15 mètres. Les réseaux HomeRF permettent également d'utiliser des mécanismes de sécurisation. Ceux-ci sont cependant plus puissants : le chiffrement est généralement effectué sur au moins 128 bits (ce qui apparaît être le minimum acceptable actuellement). De plus, cette technologie est moins sujette aux interférences que la norme 802.11.

Bluetooth[55] a été lancé en 1994 par Ericsson afin de permettre à des équipements personnels, tels que des PDA, des périphériques informatiques, des GSM…, de communiquer entre eux sans passer par l'intermédiaire d'un câble. Le débit proposé est de 1 Mbits/s sur une distance maximale de 10 mètres. Le nombre de connexions possibles simultanément est plus limité (maximum 7) mais est réaliste par rapport au rayon d'action. Cette technologie ne se veut pas concurrente des précédentes même si les versions futures prévoient une nette augmentation des performances en termes de débit (de 2 à 10 Mbits/s).

	Bandes de fréquences	**Débit maximum**	**Portée**
Wi-Fi (802.11b)	2,4 GHz	11 Mbits/s	150 mètres
HomeRF	2,4 GHz	1,6 Mbits/s	45 mètres
Bluetooth	2,4 GHz	1 Mbits/s	10 mètres

Tableau 6.4 - Tableau récapitulatif des réseaux informatiques mobiles

6.4.3 Quelques réflexions

Nous tenons dans cette partie à donner quelques réflexions à propos des appareils portatifs et des réseaux sans fil.

Lors de notre recherche, nous avons au départ identifié trois catégories de dispositifs portatifs utilisables pour l'implémentation du système. Au départ il s'agit d'appareils de nature différente et destinés à des marchés différents mais nous avons remarqué que les frontières tendent à disparaître.

[54] Site Internet : www.homerf.org
[55] Site Internet : www.bluetooth.org

Dans notre exposé, on peut déjà retrouver quelques indices. En comparant la catégorie des PDA et des téléphones portables on remarquera qu'il est possible de surfer sur Internet, de gérer un agenda électronique, de recevoir et d'envoyer des mails… avec les deux appareils. Il existe des solutions pour émettre des appels téléphoniques à partir d'un PDA. Compaq propose à cet effet un module d'extension GPRS pour ses iPaq.

En conséquence, nous pensons qu'à l'avenir il n'existera plus qu'un seul marché avec des dispositifs capables de téléphoner, de lire des livres électroniques, d'effectuer les mêmes tâches qu'un ordinateur.

Pour le domaine des réseaux sans fil, il nous semble important de mettre en évidence qu'il s'agit également d'un secteur en pleine effervescence. D'une part, les normes actuelles risquent d'évoluer assez rapidement et d'autre part, de nouvelles normes vont probablement voir le jour (HiperLan2[56] pourrait venir concurrencer les acteurs présents actuellement sur le marché).

L'évolution rapide dans les deux secteurs pourrait exiger une adaptation constante du matériel utilisé afin d'offrir une qualité de service supérieure. Ceci constitue des coûts importants qu'il ne faut pas négliger et pourrait être actuellement un frein à l'implantation du système au sein du musée.

Toutefois, il existe une solution qui pourrait s'avérer satisfaisante. Nous pensons à l'externalisation. En effet, le musée pourrait confier à une société extérieure la gestion de la solution matérielle pour l'exposition (c'est-à-dire aussi bien les appareils portatifs que les périphériques nécessaires à la communication entre ces derniers et le réseau du musée). Ainsi le musée ne devrait plus s'occuper de l'évolution et de la modernisation du matériel.

Il y a malheureusement un inconvénient à cette solution. Le risque existe qu'en fin de compte une solution propriétaire soit adoptée. Ce dernier cas entraînerait la dépendance du musée vis-à-vis de son fournisseur. Il est dès lors important d'utiliser des normes et des standards bien établis qui garantissent une liberté accrue pour l'évolution du système.

6.5 Lien avec l'architecture du système d'archivage

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté l'architecture d'un système général permettant d'archiver et d'exploiter des documents de manière totalement numérique. Celui-ci offre, entre autres, une consultation plus aisée : l'accès aux archives peut se faire de manière concurrente et à distance en utilisant des réseaux.

On retrouve la même idée dans le système que nous avons proposé pour le Mémorial des Conflits Contemporains, à savoir l'accès à une base de données et la consultation de documents d'archives par le visiteur. Cet accès se fait à distance et de manière concurrente puisque plusieurs visiteurs ont accès simultanément aux informations.

[56] Norme adoptée par l'European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Elle n'est cependant pas reconnue aux Etats-Unis. Site Internet : www.hiperlan2.com

Voici comment nous voyons la structure quand nous la modélisons pour le cas que nous étudions dans ce chapitre :

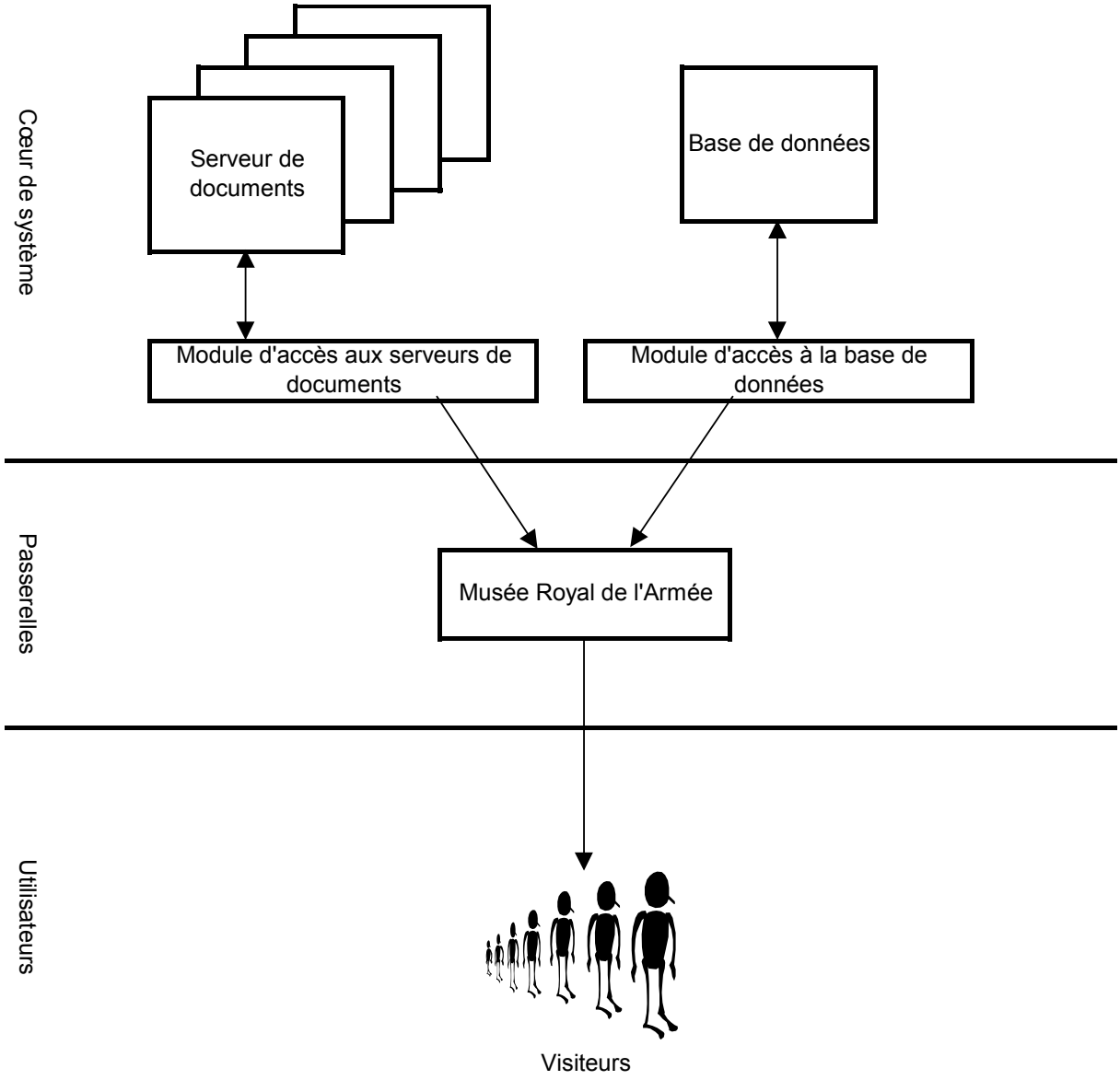


Figure 6.7 - Structure appliquée au cas du Musée Royal de l'Armée

Les changements entre le schéma ci-dessus et celui du chapitre précédent se situent au niveau des utilisateurs et des passerelles.

Concernant les utilisateurs, nous n'en avons identifié qu'un seul type. Il s'agit des visiteurs de l'exposition qui accèdent au système à l'aide d'un appareil portatif.

Au niveau des passerelles nous avons introduit une passerelle spécifique pour l'exposition. Le but de cette dernière est, comme nous l'avons exposé dans le chapitre 5, de personnaliser les fonctions offertes par la couche inférieure selon les besoins des différents

utilisateurs. Dans le cas présent, la passerelle doit satisfaire les besoins du public, à savoir la recherche et l'accès à des informations complémentaires relatives aux objets exposés.

En prenant l'architecture que nous avons présentée au point 6.3 et la structure exposée ci-dessus (Figure 6.7), on dispose de deux vues du système. L'une le représente d'un point de vue physique (infrastructure matérielle) et l'autre d'un point de vue logique (modules qui composent l'application). Nous avons mis ces éléments en relation sur le schéma suivant :

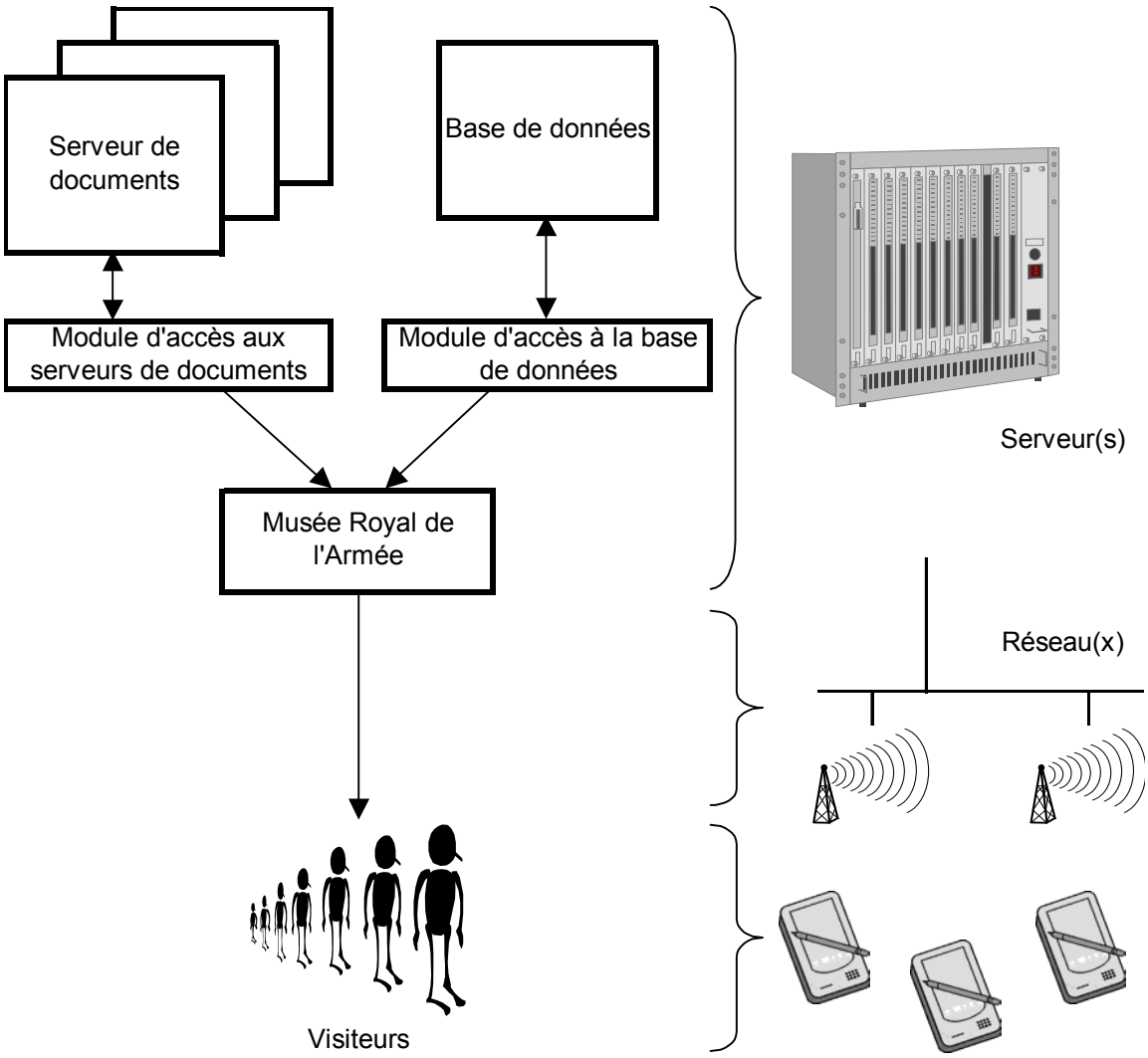


Figure 6.8 - Lien entre les structures logique et matérielle

Dans une application réseau on distingue généralement trois grandes parties : la partie serveur, la partie cliente et un moyen de communication qui les relie. Du côté des serveurs nous retrouvons les fournisseurs de services tandis que du côté de la partie cliente se trouvent les utilisateurs. Le canal de transmission permet à l'application serveur et à l'application cliente de s'échanger des informations.

Certains lecteurs auront peut-être remarqué que ces trois entités sont visibles sur le schéma ci-dessus. Cela n'a rien d'étonnant dans la mesure où le système que nous avons

développé dans le cadre du *Mémorial des Conflits Contemporains* fait intervenir des visiteurs (partie cliente) qui accèdent à des données mises à leur disposition (partie serveur) et rend une communication entre les deux parties possible grâce à l'utilisation d'un réseau dont une partie est sans fil.

Cependant, d'autres lecteurs ont peut-être été étonnés de voir que la partie serveur, qui avait été représentée par un simple dessin dans l'architecture du système[57], puisse avoir une structure logique si compliquée. Pour nous cela n'a rien d'extraordinaire étant donné que rien n'oblige les personnes qui implémenteront ce système à héberger les composants de l'application sur une seule machine.

La possibilité de placer les éléments sur des ordinateurs différents ouvre la porte à d'autres éventualités. Ainsi, nous pensons qu'il est tout à fait possible d'imaginer qu'une partie des documents mis à disposition du public de l'exposition ne soient pas stockés sur des serveurs au sein du musée. Dans ce cas, on pourrait envisager d'aller chercher les séquences vidéo directement dans les archives de la RTBF et de la VRT.

Bien entendu, il nous est permis d'aller encore plus loin : le musée pourrait proposer d'autres documents que ceux qu'il possède ou qui proviennent de la RTBF et de la VRT. En effet, avec la délocalisation de certaines informations, tout document appartenant à un tiers pourrait être rendu accessible au public de l'exposition.

Il y a toutefois certaines conditions pour qu'une telle possibilité puisse être mise en œuvre. Premièrement, il faut que les documents soient disponibles sous format numérique et que les formats utilisés soient pris en compte par l'application. Deuxièmement, une infrastructure permettant au Musée Royal de l'Armée d'accéder aux fichiers délocalisés doit exister et être utilisable sans que l'opération n'augmente le temps de réponse du système.

Même si cette situation semble utopique pour l'instant, la valeur culturelle et éducative de l'exposition ne peut qu'en devenir plus grande.

Nous tenons à signaler que la mise en œuvre d'une politique de délocalisation sera sûrement plus facile à réaliser si les intervenants utilisent la même architecture pour l'accès aux archives. C'est pour cette raison que nous avons réutilisé, dans le cadre de l'exposition, l'architecture que nous avons conçue pour l'archivage à la RTBF.

Enfin, la délocalisation met en évidence l'avantage offert par un module d'accès aux serveurs. En effet, la localisation réelle des documents peut alors être cachée aux couches supérieures.

[57] Voir point 6.3.

Chapitre 7 L'implémentation d'un prototype pour une salle de l'exposition "Mémorial des Conflits Contemporains"

Le chapitre précédent avait pour but de développer une architecture de visite interactive. L'objectif était d'identifier les fonctionnalités et les qualités que devrait proposer ce genre de système et d'analyser de manière objective les technologies existantes permettant sa mise en œuvre. Nous n'avons donc opéré aucun choix au niveau de l'implémentation.

Cependant, il nous semblait intéressant de mettre en pratique les idées développées jusqu'à présent. Nous avons donc entrepris la création d'un prototype afin d'en montrer concrètement les possibilités. Celui-ci se limite à une seule salle de l'exposition pour des raisons de simplicité. Sa généralisation aux autres salles pourra être réalisée facilement.

Ce chapitre va détailler les différentes étapes de la conception du prototype ainsi que les choix que nous avons posés.

7.1 Sélection et numérisation des documents

7.1.1 Sélection des documents

Dans le cadre de ce travail, nous n'avons pas dû effectuer la sélection des documents pertinents. Celle-ci avait en effet déjà été accomplie par les historiens du Musée Royal de l'Armée en fonction des thèmes qu'ils désiraient aborder. Les documents sont de quatre types : textes, sons, images et vidéos. Les trois premiers nous ont été fournis sous forme numérique tandis que les séquences filmées ont dû être numérisées.

Les documents audiovisuels sont principalement issus des archives de la RTBF. A ce niveau, il est important de souligner à nouveau l'aide précieuse que peut représenter un système d'archivage efficace, permettant de faciliter la recherche. En effet, en pratique, la sélection a été effectuée sur la base d'une interrogation de la base de données. Celle-ci a fourni un nombre important de références qu'il a fallu visionner une par une à l'aide des magnétoscopes présents à la RTBF.

Comme nous l'avons déjà montré dans les chapitres précédents, l'intérêt d'un archivage numérique se marque tant au niveau de la recherche proprement dite que de la réutilisation des documents. Dans ce cas précis, il aurait permis de visionner plus rapidement les documents (pas de manipulation de bandes, diminution du temps passé à rechercher une séquence particulière dans un film…). De plus, la consultation aurait pu se faire à partir du musée même. Enfin, les séquences choisies auraient pu être directement exploitées, sans avoir à subir une phase de numérisation.

7.1.2 Numérisation des documents audiovisuels

Sur la base des références fournies par le musée pour la salle 6, nous avons pu numériser les documents nécessaires. Pratiquement, nous avons utilisé un ordinateur muni d'une carte de compression MPEG-2 ainsi que du logiciel adéquat. La lecture des vidéos a été effectuée à l'aide d'un magnétoscope Digital BETACAM. Ce dernier relié au PC nous a permis de capturer les séquences qui nous intéressaient.

Ne sachant pas encore exactement quelles allaient être les contraintes d'implémentation, nous avons décidé de numériser chaque séquence en différentes qualités et différents formats. Cette démarche nous a permis de garantir que nous aurions dans tous les cas des documents de qualité suffisante lors de la construction du prototype. Concrètement, nous avons choisi d'utiliser le format MPEG-2 à des débits de 10 Mbits/s et 3 Mbits/s, ainsi que le format Real Video à un débit de 512 Kbits/s.

Lors de l'exploitation, nous avons finalement décidé de rester cohérents avec nos exigences d'utilisation de standards et nous avons par conséquent utilisé le format MPEG. Les séquences MPEG-2 3 Mbits/s ont été retravaillées pour les faire passer au format MPEG-1 afin qu'elles soient lisibles par le navigateur Internet (le plug-in Windows Media Player ne prend pas en charge MPEG-2). Une détérioration de la qualité a également été effectuée dans le but d'atteindre des tailles de fichier plus raisonnables, tout en gardant une qualité acceptable en regard de leur utilisation (affichage de 240 x 180 pixels).

7.2 Conception de la base de données

La base de données devra représenter l'ensemble de l'exposition. On y retrouvera les objets exposés, les thèmes abordés ainsi que les documents proposés. C'est à ce niveau du système que l'on peut créer les liens unissant ces différents éléments. A partir de cela, on peut dériver le schéma entités-associations représentant l'exposition.

7.2.1 Identification des entités

- La décomposition de l'exposition en salles nous donne la première entité (SALLE). Celle-ci est caractérisée par un numéro identifiant, un nom en rapport avec le thème et un emplacement. Le nom de la salle doit être disponible dans toutes les langues proposées pour l'exposition.
- Le thème de l'exposition peut être décomposé en plusieurs sous-thèmes. Ceux-ci forment une deuxième entité (SOUS-THEME) décrite par sa dénomination et identifiée par un numéro unique à l'intérieur d'une salle. Si le système est disponible en plusieurs langues, la dénomination doit être traduite.
- On peut dégager une troisième entité (OBJET) définie par un numéro unique par rapport à un sous-thème, par une description et un booléen indiquant s'il est actuellement exposé.

- Les documents qui seront utilisés dans le cadre de l'exposition forment également une entité (DOCUMENT). Cette dernière prend comme attributs le type d'encodage, le chemin d'accès au fichier, une description (traduite dans toutes les langues supportées par le système) et la langue. Elle est en outre le sur-type de quatre autres entités qui représentent la nature du document (VIDEO, TEXTE, IMAGE, SON). Un document appartient à une et une seule de ces catégories. Les textes peuvent être de "niveaux" différents : il peut s'agir d'un texte introductif d'une salle, d'un texte complémentaire à une salle mais sans rapport à un objet précis, d'un texte explicatif d'un objet, d'une simple description ou encore d'une retranscription d'une vidéo ou d'un son.
- La dernière entité (MOT CLE) que nous avons identifiée regroupe une série de mots clés. Ceux-ci doivent être disponibles dans les langues supportées par le système.

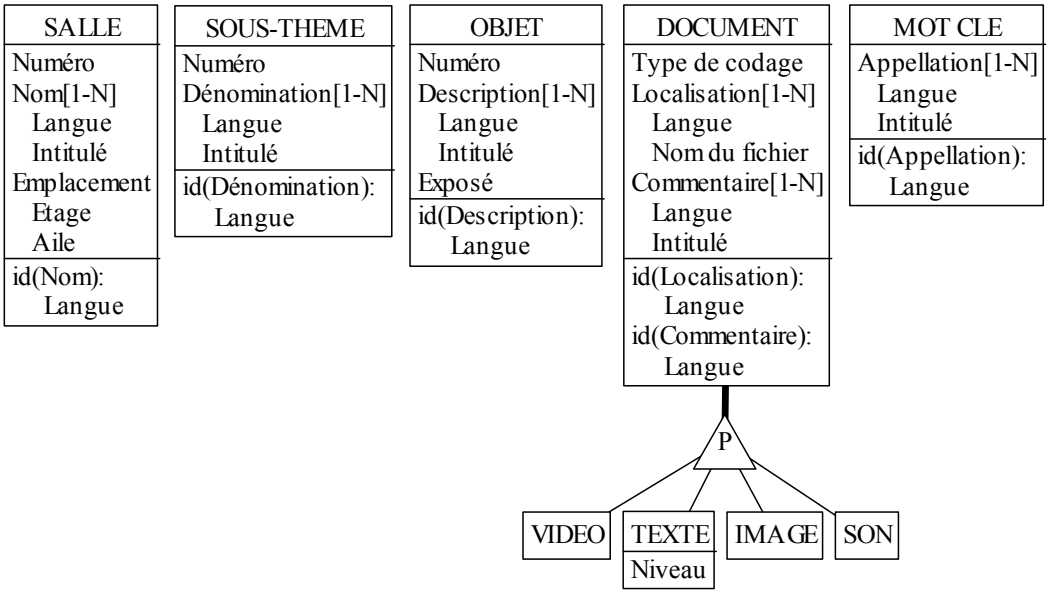


Figure 7.1 - Les entités identifiées

7.2.2 Identification des relations

- La première relation unit les entités SALLE et SOUS-THEME et exprime que plusieurs sous-thèmes font partie d'un thème plus général, abordé dans une salle.
- La deuxième relation se situe entre les entités SOUS-THEME et OBJET et indique qu'un sous-thème peut être illustré par un certain nombre d'objets.
- La relation suivante se situe au niveau de SOUS-THEME et DOCUMENT. Elle caractérise le fait qu'un document peut avoir un rapport avec un sous-thème.
- Une quatrième relation existe entre OBJET et DOCUMENT car pour certains objets, il peut exister des informations complémentaires.
- La relation entre VIDEO et TEXTE ou entre SON et TEXTE indique qu'un texte peut être la retranscription de ce qui a été dit dans une vidéo ou dans un document sonore.

N'oublions pas qu'une vidéo ou une bande-son peuvent posséder plusieurs retranscriptions mais dans des langues différentes.

- Afin de permettre la recherche d'objets à partir de mots clés[58], nous avons ajouté une relation entre OBJET et MOT CLE.
- Nous avons également identifié une relation entre deux mots clés afin de pouvoir les classer en fonction de leur niveau de généralité[59].
- Pour terminer nous avons introduit une relation dont les deux extrémités sont l'entité OBJET. Cette relation permet de décrire le lien qui pourrait exister entre deux objets.

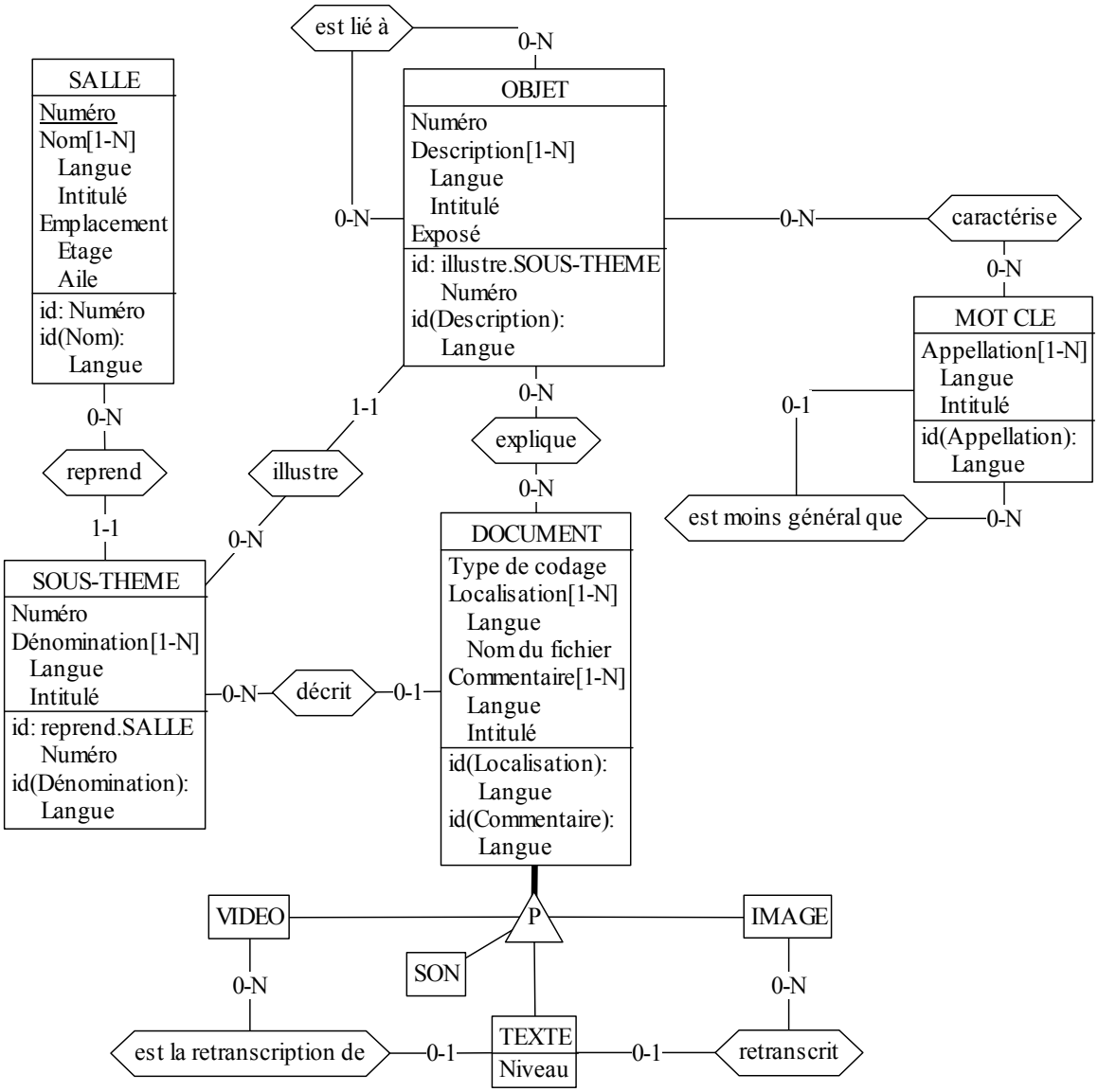


Figure 7.2 - Schéma Entités-Associations

[58] Pour réaliser cet objectif, nous avons établi une liste de mots clés à introduire dans la base de données. La création du thésaurus sera abordée dans une section ultérieure.
[59] Le principe de la hiérarchie sera abordé dans la section consacrée aux mots clés.

Ce schéma ne convient pas pour créer une base de données relationnelle. Pour cela, il faut le transformer en un schéma relationnel en utilisant un logiciel tel que DB-Main. Le résultat de cette transformation se trouve ci-dessous[60] :

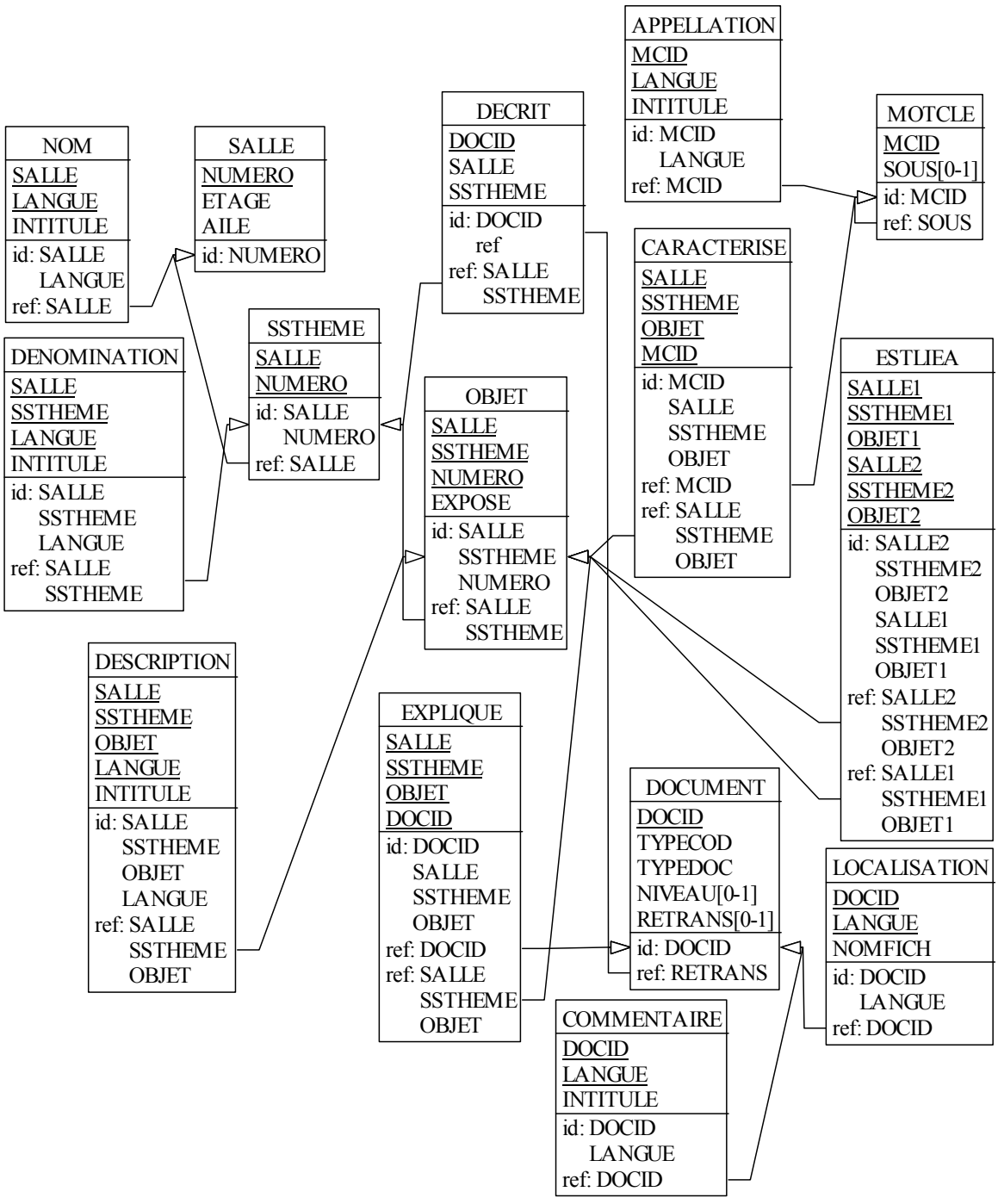


Figure 7.3 - Schéma relationnel

[60] Les différentes étapes intermédiaires de cette transformation sont détaillées à l'Annexe 2.

7.3 Création d'un thésaurus pour la description des objets

Le système de visite interactive développé pour le Mémorial des Conflits Contemporains permet au public d'effectuer des visites personnalisées. Nous souhaitons, en sachant que chaque visiteur a des intérêts différents, que le système puisse satisfaire au mieux les demandes de chacun. Ceci n'est possible que si les mots clés caractérisant un objet ont été soigneusement choisis. Cette section présente une liste (non exhaustive) de mots clés qui ont été sélectionnés en tenant compte du public visé par l'exposition. Nous sommes conscients du fait qu'une personne ne faisant pas partie du public cible puisse ne pas être totalement satisfaite par le système. Afin de résoudre ce problème, il serait intéressant que le Musée Royal de l'Armée fasse une étude de marché détaillée.

Un objet en général peut être décrit de plusieurs manières selon les caractéristiques qu'il présente. Celles-ci peuvent être regroupées en catégories. Lors de la recherche d'un ensemble d'objets, les catégories peuvent être combinées afin de cibler le mieux possible la requête et d'obtenir ainsi un résultat acceptable.

La structure à l'intérieur d'une catégorie est organisée de manière hiérarchique allant du plus général au plus particulier. Si un objet présente une propriété particulière, celle-ci entraîne automatiquement la possession des caractéristiques hiérarchiquement supérieures. L'exemple suivant permet de mieux comprendre ce mécanisme. Si l'on considère qu'un objet peut être caractérisé par l'endroit où il a été fabriqué, par exemple Bruxelles, alors cet objet présente également les propriétés d'avoir été fabriqué en Belgique et en Europe.

Tout d'abord, nous allons donner la liste des catégories qui nous semblent intéressantes dans le cadre de l'exposition. Ensuite, toutes les catégories feront l'objet d'une décomposition hiérarchique. Les termes en rouge représentent des mots clés prédéfinis tandis que les termes en noir symbolisent un ensemble de mots clés qui seront instancié lors de la caractérisation d'un objet particulier. Enfin nous donnerons quelques exemples d'instanciation.

7.3.1 Liste des catégories

01. LIEU + NATIONALITÉ
02. DATATION
03. TYPE OBJET
04. SUJET
05. PERSONNALITÉ

7.3.2 Détails de la catégorie 01 (Lieu + Nationalité)

Structure générale :

Continent
→ Pays
→ Localité (pas d'application pour les nationalités)

Énumération des ensembles pour la salle VI :

Continent = {Europe}

Pays = {Allemagne, Belgique, Danemark, Finlande, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Suède, Tchécoslovaquie, URSS}

Localité = {Eben-Emael, Maas-Mechelen, Munich, Rotterdam}

7.3.3 Détails de la catégorie 02 (Datation)

Structure générale :

Année
→ Mois Année
→ Jour Mois Année
Année – Année (permet de définir une période)

Énumération des ensembles pour la salle VI :

Année = {1938, 1939, 1940}

Mois = {Avril 1940, Mai 1940, Septembre 1939, Décembre 1939}

Jour = {10 mai 1940}

7.3.4 Détails de la catégorie 03 (Type Objet)

Structure générale :

Armement
→ Armes blanches
→ Type Arme blanche
→ Armes à feu
→ Type Arme à feu
→ Artillerie
→ Type Artillerie
→ Engins explosifs
→ Type Engin explosif
Coiffes
→ Type Coiffe
Document
→ Type Document
Drapeaux et fanions
→ Type Drapeau ou fanion

Equipement
→ Type Equipement
Matériel électrique
→ Type Matériel électrique
Œuvres Art
→ Type Œuvre Art
Uniformes
→ Civils
→ Fonction Civil
→ Officiers
→ Rang Officier
→ Sous-officiers
→ Rang Sous-officier
→ Troupe
→ Fonction Soldat
Véhicules
→ Type Véhicule
Autres types

Énumération des ensembles pour la salle VI :

Type Arme blanche = {Sabre}

Type Arme à feu = {Fusil, Mitraillette}

Type Artillerie = {}

Type Engin explosif = {}

Type Coiffe = {Casque}

Type Document = {Lettre, Fac-similé, Photographie, Affiche, Carte}

Type Drapeau ou fanion = {}

Type Equipement = {}

Type Matériel électrique = {}

Type Œuvre Art = {}

Fonction Civil = {Gendarme}

Rang Officier = {Sergent}

Rang Sous-officier = {}

Fonction Soldat = {Fantassin, Tankiste}

Type Véhicule = {Vélo}

Autres types = {Charge creuse, Farde, Maquette, Médaille, Ski, Traîneau}

7.3.5 Détails de la catégorie 04 (Sujet)

Structure générale :

Type Sujet

Énumération des ensembles pour la salle VI :

Type Sujet = {Accord, Annexion, Mobilisation, Rencontre}

7.3.6 Détails de la catégorie 05 (Personnalité)

Structure générale :

Nom Personne

Énumération des ensembles pour la salle VI :

Nom Personne = {Hitler, Léopold III}

7.4 Choix des technologies

Afin de pouvoir donner une idée des possibilités et des avantages du système que nous avons proposés précédemment, nous avons réalisé un prototype. Nous allons exposer, dans cette section, les choix que nous avons effectué pour concevoir ce système. Ceux-ci ont été fortement influencés par le souci de produire une architecture à moindre coût.

7.4.1 Choix des appareils portatifs pour la visualisation des documents

Nous avons choisi d'utiliser un PDA de type Pocket PC comme moyen de présentation. Ces appareils ont l'avantage d'être puissants et d'offrir les fonctionnalités de base d'un ordinateur ordinaire. De plus, ils présentent de nombreuses possibilités d'extension. En conséquence, pour nous, ce sont les dispositifs les plus aptes à restituer les documents multimédias proposés, c'est-à-dire les vidéos, les images, les sons, et les textes présentés aux visiteurs.

7.4.2 Choix des protocoles de communication

Dans le cadre de notre projet qui implique l'utilisation de Pocket PC, nous avons choisi comme protocole de communication le protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol). En effet, l'ajout de programmes personnalisés dans ce genre d'appareils n'est pas toujours aisé. Par contre, la plupart d'entre eux possèdent un navigateur Internet intégré.

Ce choix implique que le serveur du système soit un serveur HTTP et que le protocole de gestion du réseau soit TCP/IP.

Notre décision a en outre été motivée par la grande flexibilité apportée par ces protocoles. Le Musée de l'Armée pourrait assez facilement décider d'adopter d'autres moyens de présentation à condition qu'ils aient un navigateur intégré. L'adaptation du système vers un site Internet serait également, le cas échéant, très simple à réaliser.

7.4.3 Choix de la technologie sans fil

Dans le chapitre 6, nous avons identifié deux technologies permettant une communication sans fil entre deux appareils : l'infrarouge et les ondes radio. Nous avons porté notre choix sur les ondes radio car elles permettent d'atteindre de meilleures performances que l'infrarouge. En effet, elles ne sont pas limitées par des obstacles physiques et permettent donc une utilisation plus libre. Le transfert infrarouge suppose également que l'émetteur et le récepteur soient placés face à face et à une faible distance (maximum 2 mètres).

Parmi les trois technologies utilisant les ondes radio, **Bluetooth** a d'emblée été écarté car il se positionne plus dans le secteur des communications sur courte distance et à faible débit. Un débit trop peu élevé risque de rendre le transfert de fichiers vidéo trop lent.

Entre les deux technologies restantes (**Wi-Fi** et **HomeRF**), nous pensons que **Wi-Fi** convient le mieux. Tout d'abord, cette norme propose les débits les plus élevés et est donc la plus apte à prendre en charge des données vidéo. Ensuite, elle propose le rayon d'action le plus large, ce qui se révélera probablement fort important pour assurer une couverture optimale de la halle Bordiau. Enfin, **Wi-Fi** nous semble être le standard le plus supporté par l'industrie informatique. Nous avons en effet facilement trouvé de nombreux périphériques disponibles chez de grands constructeurs tels que 3Com, Compaq … Par contre, le matériel supportant la norme **HomeRF** est plus rare.

7.4.4 Choix du gestionnaire de base de données

Il existe de nombreux gestionnaires de bases de données open-source sur le marché. Parmi ceux-ci, notons par exemple InterBase ou MySQL. Nous avons choisi InterBase pour sa facilité d'utilisation. Il offre, en plus du support de SQL, une interface graphique permettant une gestion aisée d'une base de données.

7.4.5 Choix du serveur HTTP

La volonté de pouvoir proposer un prototype sans engager de trop gros budgets nous a amenés à choisir le serveur HTTP Apache. En plus d'être gratuit il présente d'autres avantages importants : il est très répandu[61] et est open-source. En conséquence, les éventuelles failles détectées font rapidement l'objet d'une mise à jour du logiciel. Signalons également qu'il peut aussi bien être installé dans un environnement Unix que Windows.

La partie intermédiaire entre le système de gestion de base de données et le serveur HTTP sera prise en charge par le langage de script PHP (HyperText Preprocessor), une extension d'Apache. Il permet de créer des pages HTML dynamiques, ce qui correspond bien aux besoins exprimés ci-dessus. En effet, PHP offre la possibilité de construire des pages sur la base des informations introduites par le visiteur et dont le contenu sera issu de la base de données.

7.5 Application de nos choix dans le système d'archives numériques

L'implémentation du système que nous avons présenté dans le chapitre 6 ne possède, au niveau physique, qu'une seule entité centrale qui est le serveur. Nous avons regroupé dans cette machine deux composants logiques de l'architecture : le cœur du système et la passerelle. Pour l'utilisateur, la seule partie visible est la passerelle. Dans notre prototype, cette dernière est implémentée dans le serveur HTTP Apache.

Au niveau du cœur du système, les modules d'accès à la base de données et au serveur de documents ont pu être regroupés grâce à l'utilisation du langage PHP. En effet, ce n'est pas le serveur HTTP qui se charge d'effectuer les différents accès. Ceux-ci sont gérés directement par l'intermédiaire des possibilités de codage dynamique qu'offre PHP.

La base de données est prise en charge par InterBase. Les documents sont quant à eux simplement stockés et organisés sur le disque dur de la machine.

Le dialogue entre les différents composants n'est pas uniforme. Les visiteurs, qui constituent les utilisateurs du système, reçoivent des données et font des requêtes à l'aide de pages HTML.

La communication entre la base de données et son module d'accès (PHP) s'effectue au moyen du langage SQL[62]. Par contre, le lien entre le serveur de documents et le module d'accès n'est constitué que par des ouvertures et transferts de fichiers. Enfin, le flux de données passant des modules d'accès à la passerelle se présente sous la forme de pages HTML.

---

[61] Selon une étude menée par Netcraft Web Server Survey, Apache serait utilisé par 56% des sites Internet. Son principal concurrent, Microsoft IIS, obtient 27% des suffrages. Pour plus d'informations : www.netcraft.com/survey

[62] Structured Query Language : langage standardisé permettant l'interrogation de bases de données indépendamment de leur implémentation.

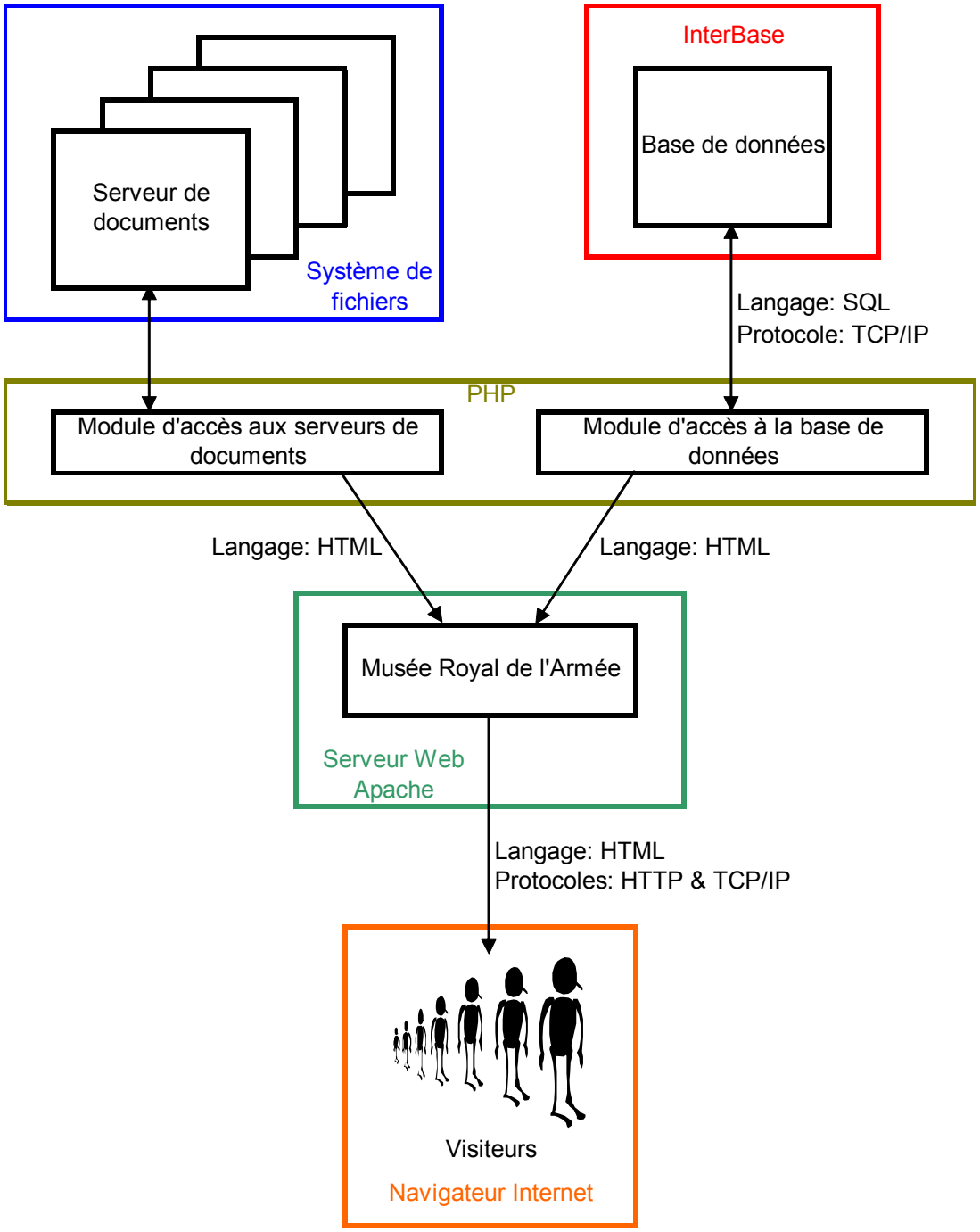


Figure 7.4 - Composants

7.6 L'application

7.6.1 Lancement de l'application

Notre application se présentant comme un site Internet, son lancement se fait en ouvrant le navigateur installé sur l'appareil portatif et en se connectant sur l'ordinateur

hébergeant le serveur Web. Pour faciliter cette étape, il est possible de paramétrer le navigateur pour que la page de démarrage soit le premier écran de l'application.

7.6.2 Choix de la langue et menu principal

Une des exigences que nous avons énoncées dans le chapitre 6 était le support de plusieurs langues[63]. Pour cette raison, la première page de notre application permet au visiteur de choisir la langue de l'interface. Il s'agit d'un choix définitif : l'utilisateur n'a pas la possibilité de changer de langue pendant la navigation. Dans le cas où il souhaiterait vraiment passer à une autre langue, il doit relancer l'application.

Pour notre implémentation nous avons fait le choix de passer de page en page un paramètre contenant la langue choisie par le visiteur. Cette décision implique l'analyse de ce paramètre afin d'afficher dans la bonne langue les messages à l'intérieur d'une page. En conséquence, le code des pages est plus long et plus compliqué. Une autre solution serait d'avoir une version du site pour chaque langue. Dans ce cas, il y aurait une multiplication du nombre de pages.

Figure 7.5 - Ecran de démarrage de l'application

Figure 7.6 - Menu principal

Après avoir choisi la langue de l'interface, le visiteur arrive au menu principal. Il peut alors décider de débuter une visite classique, de commencer une visite personnalisée ou bien

[63] Voir point 6.3.2.

de consulter le plan du musée. Ces choix correspondent aux services que le système devait fournir et que nous avons exposés dans le chapitre précédent[64].

7.6.3 Visite classique

Si le visiteur sélectionne l'option *Commencer une visite classique* dans le menu principal, il fait apparaître sur l'écran la Figure 7.7. La page est divisée en trois parties : une barre de navigation, un espace central pour les salles et un petit menu.

La barre de navigation permet le passage d'une salle à l'autre. Elle est munie d'une liste déroulante contenant l'ensemble des salles avec leur nom et de deux boutons de navigation. Ces derniers permettent de passer à la salle précédente ou suivante en un seul clic. Ils facilitent donc la visite. En effet, sans ces boutons, l'utilisateur aurait dû accomplir les étapes suivantes : ouvrir la liste déroulante, éventuellement la dérouler et enfin sélectionner la salle.

La partie centrale est utilisée pour afficher un message expliquant à l'utilisateur ce qu'il doit faire, les détails de la salle sélectionnée ou un plan montrant la localisation d'un sous-thème dans la salle.

Le message d'explication apparaît quand aucune salle n'est sélectionnée.

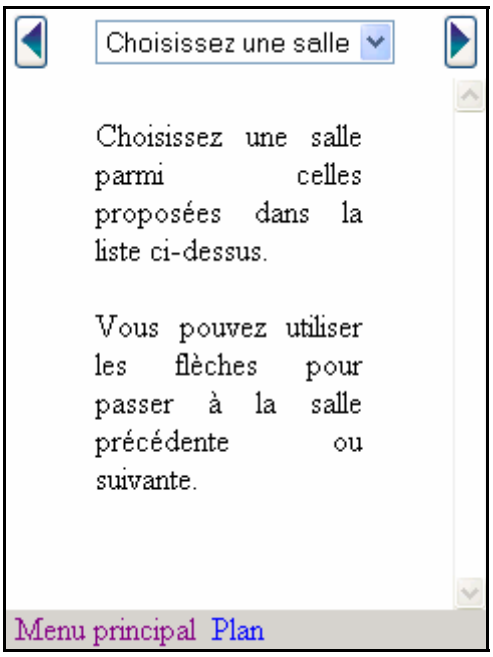


Figure 7.7 - Visite classique

Figure 7.8 - Détails d'une salle

[64] Voir point 6.3.2.

Les détails d'une salle se présentent de la manière suivante : les sous-thèmes apparaissent en rouge et sous chaque sous-thème se trouve une liste d'objets pour lesquels il existe un complément d'information. En cliquant sur la description d'un objet, l'utilisateur accède à l'écran permettant la visualisation des documents multimédias qui y sont associés[65].

Dans certains cas, le libellé d'un sous-thème est souligné. Cela signifie qu'il existe un document s'y rapportant. L'activation du lien entraîne l'ouverture de l'interface définie pour l'affichage des documents multimédias. Chaque libellé de sous-thème est également suivi d'un lien hypertexte intitulé *Plan* et placé entre parenthèses. Un clic sur celui-ci fait apparaître une image représentant la salle dans laquelle se trouve le visiteur. Sur ce dessin se trouve une croix indiquant l'emplacement du sous-thème dans la salle. Pour quitter le plan, il suffit de cliquer sur *fermer le plan*.

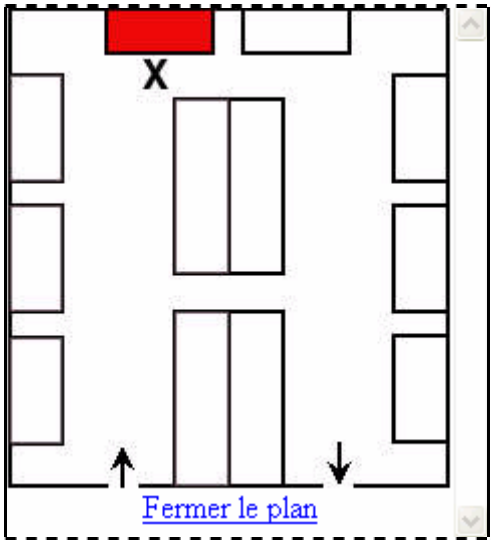


Figure 7.9 - Localisation d'un sous-thème dans une salle

Le petit menu en bas de page offre au visiteur la possibilité de retourner au menu principal (option *Home*) ou d'accéder au plan du musée (option *Plan*).

7.6.4 Visite personnalisée

La deuxième option dans le menu principal (intitulée *Commencer une visite personnalisée*) autorise une visite selon les centres d'intérêt du visiteur. Le premier écran rencontré explique à l'utilisateur qu'il devra décrire les ensembles d'objets qui l'intéressent à l'aide de mots clés. Par ensemble d'objets nous entendons différents objets décrits par la conjonction des mêmes mots clés.

La Figure 7.10 montre l'interface utilisée pour fournir une énumération des ensembles d'objets que le visiteur a déjà définis. Cette liste est créée à partir d'un fichier temporaire

[65] Voir point 7.6.5.

stocké sur le serveur[66]. Ce fichier est généré quand l'utilisateur choisit de commencer une visite personnalisée dans le menu principal. Il est étendu au fur et à mesure que les groupes d'objets sont créés et il possède la structure suivante :

Fichier ::= (<groupe> (*Valeur*)* </groupe>)*

Valeur ::= *Identifiant* : *Intitulé*

En plus des ensembles d'objets, l'interface comporte deux boutons : le bouton *Ajouter* et le bouton *Visiter*. Le premier permet d'accéder à la partie de l'application qui a été développée pour la définition d'un nouvel ensemble. Le deuxième lance la recherche de tous les objets correspondant aux groupes définis. Ce dernier bouton est désactivé quand aucun groupe n'est défini.

Figure 7.10 - Ensembles d'objets

Quand tous les groupes désirés ont été définis, l'utilisateur peut lancer la visite. L'application lui fournit alors une liste des objets qui pourraient l'intéresser. Ceux-ci sont classés selon l'ordre chronologique des salles. La création de la liste est réalisée en plusieurs stades. A chaque stade on recherche les objets correspondant à un groupe. On effectue ensuite un interclassement entre la liste résultant des stades précédents et celle du stade auquel on se trouve.

L'ensemble des objets correspondant à un groupe donné est construit en plusieurs étapes : il y en a autant que de mots clés qui décrivent le groupe. A chaque étape, une requête est lancée sur la base de données. Le résultat à l'étape *n* est l'intersection entre le résultat des étapes précédentes (*n* - *1*) et celui renvoyé par la requête.

[66] Le fichier est stocké dans un dossier nommé *Temp* et qui se trouve dans le répertoire racine de l'application.

Les trois figures ci-dessous montrent les différents écrans que l'utilisateur rencontrera pour définir un groupe d'objets. Il doit tout d'abord faire un choix parmi les catégories proposées. Les catégories affichées sont celles que nous avons identifiées pour le thésaurus et correspondent à une caractéristique particulière d'un objet[67].

Après avoir choisi une catégorie, le visiteur devra sélectionner les mots clés qui l'intéressent dans une arborescence (voir Figure 7.12). En arrivant à cet écran, l'arborescence n'est pas encore développée. Son fonctionnement est cependant comparable à l'Explorateur de fichiers de Windows : en cliquant sur les dossiers, qui représentent les nœuds, le visiteur peut accéder aux sous-catégories ou les cacher. Le bouton *Continuer* en dessous de l'arborescence permet de passer à l'écran suivant.

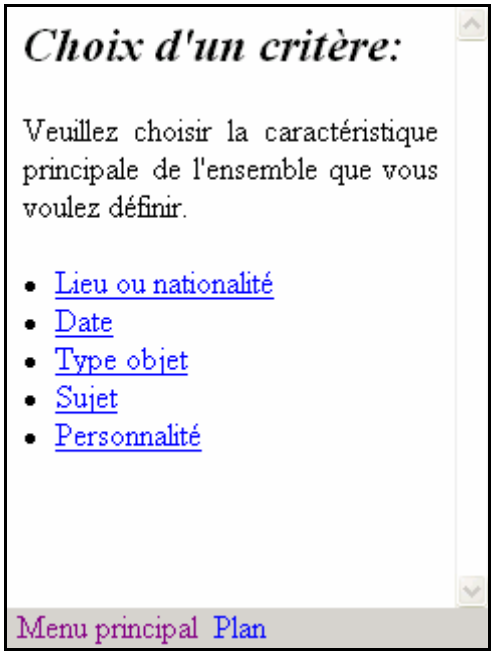


Figure 7.11 - Liste des catégories

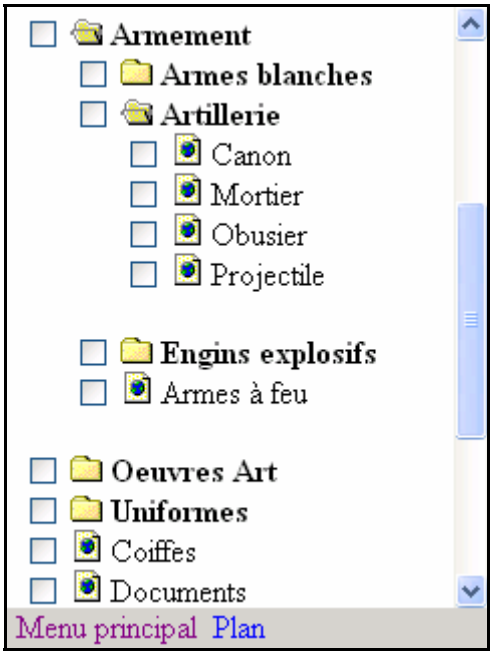


Figure 7.12 - Arborescence des mots clés

Sur l'écran de la dernière figure sont énumérés les mots clés que l'utilisateur a déjà choisis. Il a alors le choix entre ajouter des mots clés d'une autre catégorie et terminer la définition d'un groupe. S'il décide d'affiner la description d'un groupe, il retrouve l'écran avec les catégories, qui a toutefois été modifié. En effet, les catégories ayant déjà fait l'objet d'une sélection n'apparaissent plus.

[67] Voir point 7.3.

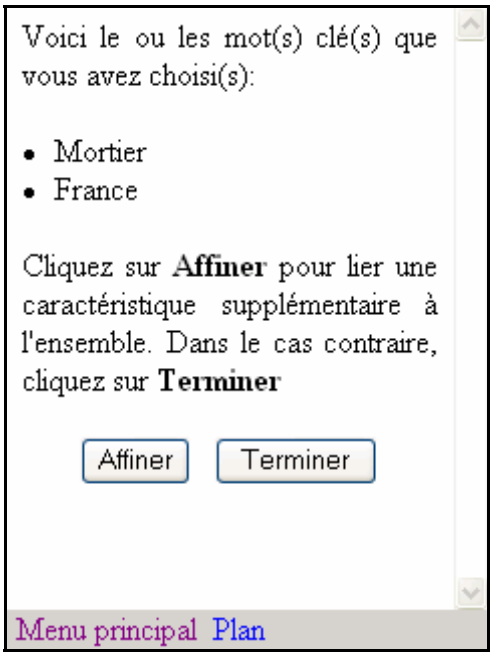


Figure 7.13 - Résumé des mots clés choisis

7.6.5 Visualisation des documents

Etant donné que les documents présentés dans le cadre de l'exposition sont de natures différentes, l'écran permettant la visualisation de ceux-ci s'adapte à leur nature. Il y a néanmoins une caractéristique commune : la barre de navigation. Située dans le haut de l'écran, celle-ci contient un bouton *Retour* et une liste déroulante.

La liste déroulante contient une liste des documents se rapportant à un objet. En sélectionnant un élément de la liste, le document correspondant apparaît dans la partie inférieure de l'écran.

Le bouton *Retour* permet quant à lui de revenir, dans le cadre d'une visite classique, aux détails de la salle dans laquelle le visiteur se trouve. Par contre, dans le cas d'une visite personnalisée, ce bouton ramène l'utilisateur à la liste des objets sélectionnés par l'application en fonction des mots clés qu'il a choisis.

La partie inférieure de l'écran est utilisée pour afficher un document. Une image est toujours affichée entièrement dans l'espace disponible. Pour un texte, une barre de défilement apparaît quand il est plus long que la fenêtre. L'affichage d'une séquence vidéo se fait dans la partie centrale, tandis que la partie inférieure permet d'afficher la retranscription de ce qui est dit dans la langue du visiteur.

Nous n'avons pas défini d'interface pour un document sonore car nous n'en avions pas besoin. En effet, il n'y a pas de document audio qui soit un complément d'information d'un objet de la salle 6 du *Mémorial des Conflits Contemporains*.

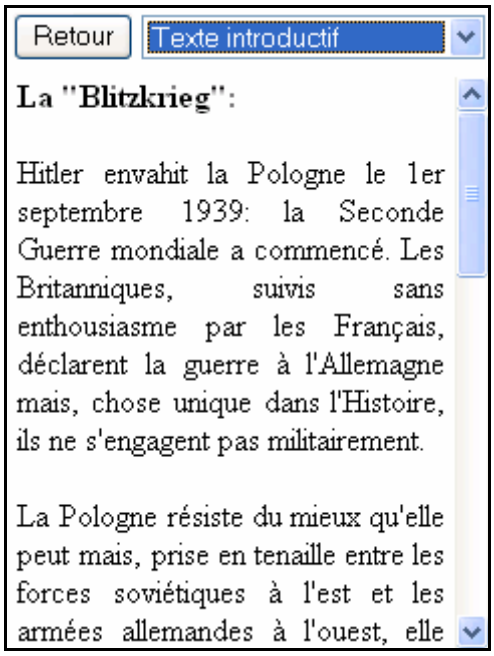


Figure 7.14 - Visualisation d'un texte

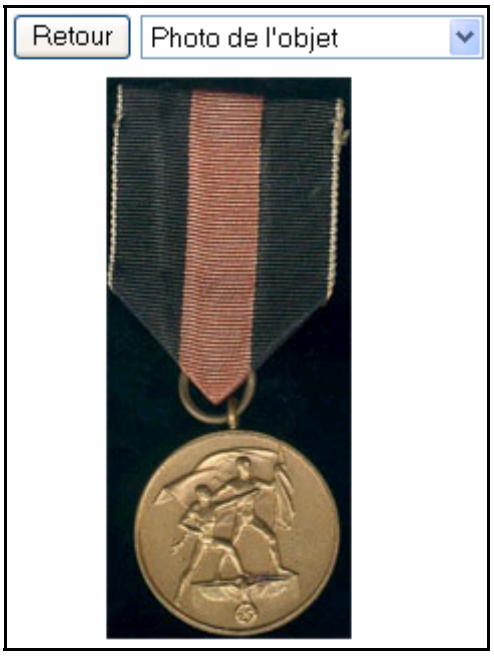


Figure 7.15 - Présentation d'une image

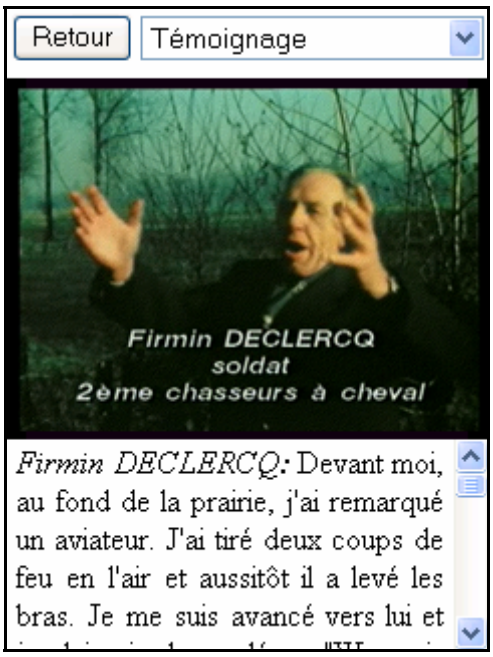


Figure 7.16 - Visualisation d'une vidéo et sa retranscription

7.6.6 Consultation du plan

L'interface est divisée en deux parties. En haut se trouvent un bouton *Retour* et une liste déroulante. Le bouton offre les mêmes fonctionnalités que celui de l'écran pour la

visualisation des documents[68]. La liste déroulante permet de sélectionner un étage particulier de la Halle Bordiau dans laquelle se tient l'exposition.

En dessous des éléments de navigation s'affichent les images représentant les différents étages. En y faisant passer le curseur, le visiteur fait apparaître des informations supplémentaires.

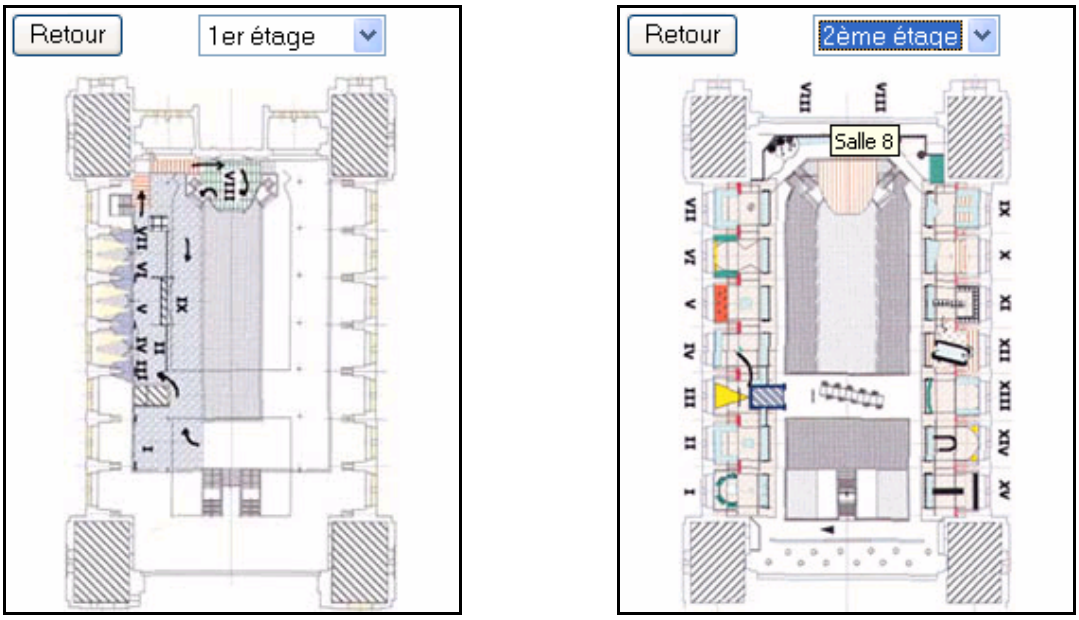


Figure 7.17 - Plan du premier et du deuxième étage de la Halle Bordiau

[68] Voir point 7.6.5

Conclusion

Au moment d'entamer ce mémoire nous étions conscients de l'importance de la gestion des archives. Cette conviction n'a fait que se renforcer lorsque nous avons pu constater à quel point les documents audiovisuels archivés à la RTBF constituent une richesse importante pour la chaîne de télévision. En effet, les archives sont une source intéressante pour ses propres productions. De plus, la vente d'images à des chaînes concurrentes représente une source de revenus et permet également à la RTBF d'assumer une mission d'intérêt public.

Cette mission d'intérêt public se traduit, entre autres, par la mise à disposition gratuite de documents d'archives dans le cadre d'activités non lucratives. Cette politique, nous l'avons retrouvée dans le partenariat établi entre la RTBF et le Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire. Cette collaboration a mis en évidence la possibilité d'utilisation d'archives à des fins éducatives et culturelles. Nous pensons qu'une valorisation de documents archivés dans des projets tels que ceux entamés par le Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire est à encourager. En effet, il souhaitable d'avoir une exploitation la plus large possible de la richesse accumulée grâce à l'archivage des documents audiovisuels.

Toutefois, notre étude a mis en évidence la nécessité d'avoir une méthode efficace pour l'archivage. Une méthode de création d'archives bien pensée, qui mène à une bonne indexation, des documents archivés, ne peut que faciliter leur recherche et encourager leur exploitation. Dans cette optique, nous avons essayé de montrer les divers avantages que peut présenter un archivage entièrement numérique.

Enfin, nous espérons avoir réussi à faire prendre conscience aux lecteurs de la richesse contenue dans les archives et de la valeur ajoutée que celles-ci peuvent apporter à certains projets. Il est cependant important de fournir un accès simple mais attrayant aux documents archivés. Par le développement d'une application pour le Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire, nous avons essayé de montrer qu'une telle exigence peut être réalisée aisément.

Bibliographie

ADOBE SYSTEMS INC., Interlaced and non-interlaced video,
http://www.adobe.com/support/techguides/premiere/prmr_interlace/ (accédé le 14/05/2002).

BELAND Marie-Claude, Aperçu des pratiques de préservation et de restauration des films et leurs bandes sonores. Le portrait proposé par la restauration de la trilogie de Star Wars,
http://www.fas.umontreal.ca/EBSI/cursus/vol6no1/beland.html (accédé le 14/05/2002).

BELLAÏCHE Philippe, *Les secrets de l'image vidéo*, Éditions Eyrolles, Paris, 1997.

BENOIT Hervé, *La télévision numérique*, Dunod, Paris, 1996.

BUREAU VAN DIJK, *Étude de réalisation d'un système intégré d'archivage des documents audiovisuels, audio et papier : rapport sur l'existant*, 11 décembre 1992.

BUREAU VAN DIJK, *Étude de réalisation d'un système intégré d'archivage des documents audiovisuels, audio et papier : rapport sur l'existant*, 15 mars 1993.

CINEMATHEQUE SUISSE, Conservation et restauration,
http://www.cinematheque.ch/F/TOUR/conservation.htm (accédé le 14/05/2002).

DAVIS Yen Pan, A Tutorial on MPEG/Audio Compression
http://www.iocon.com/resource/docs/pdf/mpegaud.pdf (accédé le 14/05/2002).

DAVIS Yen Pan, "Digital Audio Compression", *Digital Technical Journal*, volume 5, n° 2, pages 8 - 14, 1993
http://www.iocon.com/resource/docs/pdf/Digital_Audio_Compression_01oct1993DTJA03P8.pdf (accédé le 14/05/2002).

ESTEVE Bernard, "Notions théoriques", in *La photographie numérique*, pages 14 – 37, 2000,
http://www.ac-reunion.fr/pedagogie/colBretagne/livre.html (accédé le 14/05/2002).

FRAUNHOFER INSTITUTE, Audio & Multimedia (AMM),
http://www.iis.fhg.de/amm/index.html (accédé le 27/05/2002).

IMAGE PERMANENCE INSTITUTE (IPI), A-D Strips and film preservation,
http://www.rit.edu/~661www1/sub_pages/page9a.htm#1 (accédé le 14/05/2002).

INTERNATIONAL FEDERATION OF LIBRARY ASSOCIATIONS AND INSTITUTIONS (IFLA), Glossaire, http://www.ifla.org/VI/6/dswmedia/fr/glo_lis.htm (accédé le 14/05/2002).

KING Bevis, Worldwide TV Standards - A Web Guide,
http://www.ee.surrey.ac.uk/Contrib/WorldTV/ (accédé le 14/05/2002).

KODAK, Storage and handling of processed nitrate films,
http://www.kodak.com/country/US/en/motion/support/technical/storage3.shtml (accédé le 14/05/2002).

KOENEN Rob, PEREIRA Fernando, "MPEG-7 : A standardised description of audiovisual content", *Signal Processing: Image Communication*, volume 16, issue 1 - 2, pages 5 - 13, septembre 2000.

LANDAU Olivier, DE PESLOUAN Gilles, *La révolution du numérique dans la production audiovisuelle et cinématographique*, Dixit, Paris, 1996.

LIEUTENANT Thomas, MARIN Samuel, *Archivage et horodatage de documents électroniques*, Centre de Recherche en Informatique et Droit, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, mai 2001.

LUXERAU François, *Vidéo. L'ère numérique*, Éditions Dujarric, Paris, 1998.

MENDELL Dana, "MPEG-4: Cable's new hope for streaming media?", *Communication Engineering & Design*, août 2000,
http://www.cedmagazine.com/ced/0008/aug3a.htm (accédé le 14/05/2002).

NACK Frank, LINDSAY Adam, "Everything you wanted to know about MPEG-7: Part 1", *IEEE MultiMedia*, pages 67-77*,* juillet-septembre 1999.

PENNEBAKER William B., MITCHELL Joan L., *JPEG. Still image data compression standard*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.

SINTAS Matthieu, "Les formats d'enregistrement vidéo numériques", *Les dossiers techniques de la CST (Commission Supérieure Technique de l'Image et du Son)*, n° 20, octobre 1999, http://www.cst.fr/dtech/20-oct99/dtech20.html (accédé le 14/05/2002).

SLAMA Jean-David, "MP3 – Aspects techniques", in *Le MP3*, 1999, Département SID, ESSEC Business School, http://faculty.essec.fr/opium/commerce_electronique/SID430/travauxetudiants99/JeanDavidSlama/Webographie/Introduction.htm (accédé le 03/04/2002).

SOUS-COMITE DE TECHNOLOGIE DU PROGRAMME "MEMOIRE DU MONDE" DE L'UNESCO, Conservation des bandes magnétiques,
http://www.culture.fr/culture/conservation/dswmedia/fr/all_magn.htm (accédé le 14/05/2002).

WATKINSON John, *La réduction de débit en audio et vidéo*, Éditions Eyrolles, Paris, 1998.

Annexes

Annexe 1 Enquête sur l'implantation d'un système d'archivage audiovisuel numérique

Portée et contexte

Cette enquête est réalisée dans le cadre du mémoire "Création et exploitation d'archives audiovisuelles numériques" réalisé aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix par Laurent Kevers et Jean-Bernard van Zuylen. Il ne s'agit en aucun cas d'une étude réalisée par la RTBF dans le cadre d'un quelconque projet touchant au remplacement de l'outil existant.

Le questionnaire vise à déterminer si l'implantation d'un système d'archivage audiovisuel numérique serait opportun et permettrait de combler les éventuelles lacunes d'un système classique ou d'en améliorer les performances. Le but de l'enquête est également de connaître l'avis des documentalistes qui seraient amenés à travailler avec ce nouvel outil.

Exposé des caractéristiques du système proposé

Le système d'archivage audiovisuel que nous avons imaginé est basé sur l'utilisation de documents sur support numérique. Dès lors, le stockage ne se fait plus sur des bandes magnétiques mais sous forme de fichiers informatiques placés sur des ordinateurs.

L'encodage reste relativement semblable à celui existant. La différence se situe au niveau de la visualisation des émissions qui vont être archivées. Au lieu de regarder l'émission à partir d'une cassette VHS sur un écran de télévision, la consultation se fera directement sur un écran d'ordinateur.

La consultation des archives est quant elle rendu plus accessible. Ceci signifie que toute personne ayant un accès au système puisse entreprendre ses propres recherches et cela quelle que soit sa localisation (à Bruxelles ou dans un autre centre de production). Il s'agit en réalité d'une extension de **MistWeb** qui permet actuellement l'accès à **Mistral** et **Rolodex** via le réseau interne à la RTBF.

Les documents satisfaisants à la recherche peuvent être directement visualisés sur l'ordinateur de la personne. Le système offre également la possibilité à plusieurs personnes de consulter simultanément le même document.

Parallèlement, les bandes originales, n'étant plus nécessaires pour la consultation des archives, sont conservées à l'abri dans des installations prévues à cet effet (accès restreint, température et taux d'humidité adaptés…). Leur utilisation ne serait envisagée que pour la réutilisation.

A terme, le système devrait aussi offrir la possibilité de télécharger directement l'émission sous forme numérique haute qualité afin d'être utilisée en production. Cette

possibilité ne pourra bien sûr être mise en œuvre qu'à condition que les chaînes de montages soient capables de traiter les images contenues dans les fichiers numériques. Dans ce cas, les journalistes n'auraient plus nécessairement à passer par IMADOC pour se procurer les images dont ils ont besoin pour la production de leurs émissions.

Questionnaire

Le questionnaire s'articule selon deux axes : l'évaluation de l'outil existant et la pertinence de notre système.

Données personnelles (facultatif)

Nom :
Prénom :
Age :

L'outil existant [1]

Jugez-vous votre outil de travail actuel comme adéquat ? (Question 1.1)

- ○ Oui
- ○ Non

Si non, pouvez-vous citer les inconvénients que cet outil provoque ?

_____

_____

Pensez-vous que la méthode actuellement en place répond bien aux préoccupations d'un archivage ?

Au niveau de l'encodage (enregistrement des informations dans **Mistral**) ? (Question 1.2a)

- ○ Oui
- ○ Non

Si non, pourquoi ?

_____

_____

Au niveau de la conservation et de la sauvegarde des supports ? (Question 1.2b)

- ○ Oui
- ○ Non

Si non, pourquoi ?

_____

_____

Au niveau de la recherche et de la réutilisation (de documents audiovisuels) ? (Question 1.2c)

- ○ Oui
- ○ Non

Si non, pourquoi ?

_____

_____

Pertinence d'un système entièrement numérique [2]

Avec ce système, l'intérêt que vous portez pour votre travail serait : (Question 2.1)

- ○ plus grand (+)
- ○ moins grand (-)
- ○ inchangé (=)

En pratique, la qualité de votre travail serait : (Question 2.2)

- ○ améliorée (+)
- ○ amoindrie (-)
- ○ inchangée (=)

Pensez-vous que votre travail serait : (Question 2.3)

- ○ plus compliqué (-)
- ○ moins compliqué (+)
- ○ inchangé (=)

La conservation et de la sauvegarde des supports seraient : (Question 2.4)

- ○ améliorée (+)
- ○ amoindrie (-)
- ○ inchangée (=)

La possibilité de recherche de documents par d'autres personnes que celles appartenant au service IMADOC (journalistes…) est-elle : (Question 2.5)

- ○ à encourager (+)
- ○ à encourager dans certains cas seulement (+/-)
- ○ à proscrire (-)
- ○ sans avis (0)

Dans l'hypothèse où un tel système serait mis en place, quel type de support jugeriez-vous nécessaire ? (Question 2.6)

- ○ aucun (0)
- ○ mode d'emploi (ME)
- ○ formation sommaire (FS)
- ○ formation approfondie (FA)
- ○ helpdesk (H)

Quant à la mise en place d'un système d'archivage audiovisuel numérique, seriez-vous : (Question 2.7)

- ○ favorable (+)
- ○ moyennement favorable (+/-)
- ○ défavorable (-)
- ○ sans opinion (0)

Autres commentaires [3]

Avez-vous d'autres commentaires ?

Résultats de l'enquête

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[1]											
[1.1]	+/- (1.1)	Oui (2.1)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui (8.1)	Oui	Non (10.1)	+/-
[1.2.a]	Oui	Oui	Oui	Oui	Non (5.1)	Oui	Oui	Oui (8.2)	Oui	Non (10.2)	Oui
[1.2.b]	Non (1.2)	Oui	Oui	Oui	Non (5.2)	Oui	Oui	Non (8.3)	Non (9.1)	Oui (10.3)	Non (11.1)
[1.2.c]	Oui	Oui	Oui	Oui	Non (5.3)	Oui	Oui	Non (8.4)	Oui (9.2)	Non (10.4)	Non (11.2)
[2]											
[2.1]	+	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=
[2.2]	+	=	+	=	+	+	-	=	+	+	+
[2.3]	n/a	=	=	=	=	+	- (7.1)	-	=	+	+ (11.3)
[2.4]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	= (10.5)	+
[2.5]	+ (1.3)	+/-	+	+	+/-	+	+ (7.2)	+/-	+/-	+	+/-
[2.6]	FS	FS	FS	FS	FA + H	FS + H	H	H	FA + H	ME + FS + FA + H	FA + H
[2.7]	+	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+
[3]	(1.4)	(2.2)	n/a	n/a	n/a	n/a	(7.3)	n/a	n/a	n/a	n/a

Commentaires	
(1.1)	Pannes, pertes de fichiers, lenteurs.
(1.2)	On jette des originaux Umatics supposées copiés et qui ne le sont pas. On ne localise pas suffisamment bien les lieux où sont emmenés les supports.
(1.3)	Tant que l'expérimentation le confirme.
(1.4)	+ possibilité de recherche de personnes lors de l'archivage // + les documentalistes ne sont pas assez détaillés.
(2.1)	Mais pourrait être plus efficace.
(2.2)	L'évolution technologique est inéluctable, donc ce système sera mis en place à la RTBF dans un délai relativement court. Et l'idéal, c'est qu'il permette aux documentalistes d'accéder au télétravail… Donc avis favorable, sauf pour les pertes d'emploi que cela risque d'engendrer.
(5.1)	Certaines informations pourraient être récupérées automatiquement car elles ont déjà été encodées dans d'autres programmes (support, journaliste, date diffusion, nom doc).
(5.2)	Un support numérique permettrait un gain de place et une facilité d'utilisation.
(5.3)	Une possibilité de visualisation immédiate serait souhaitable. La diversité des supports pose problème.
(7.1)	Moins confortable !
(7.2)	Mais très utopiste.
(7.3)	Un outil de travail pour documentaliste et un outil de consultation pour les utilisateurs, ça ne se ressemble pas. Intégrer l'outil de recherche et le document sur un même support, c'est bien pour l'amateur (c'est même l'idéal). Quant aux recherches dans le cadre d'une activité professionnelle, c'est utopiste car une personne qui a besoin de documents n'a pas le temps de faire un autre boulot (celui de documentaliste).
(8.1)	Les K7 témoins d'antenne ne sont pas toujours enregistrées.
(8.2)	… mais il faudrait un champ séparé pour la description des images et du commentaire.
(8.3)	Utilisation des supports originaux envoyés dans les centres de production : risque de perte, de détérioration.
(8.4)	Idem.
(9.1)	Les supports actuels se conservent de plus en plus longtemps, mais ils sont trop souvent manipulés.
(9.2)	Pour la réutilisation : les supports sont trop souvent manipulés ou conservés dans des mauvaises conditions.
(10.1)	Analogique -> utilisation difficile à tous points de vue.
(10.2)	Il faudrait lier le traitement documentaire aux images et disposer de toutes les infos (méta-données) relatives aux images, et conservées uniquement dans les équipes de production.
(10.3)	Parce que nous avons mis au point un système permettant de ne plus rien perdre…
(10.4)	Recherche en deux temps : (1) sur PC, (2) dans une salle, visionner les programmes --> on perd beaucoup de temps.
(10.5)	Dépend de la qualité de la numérisation. Si haut débit, peut-être que cela améliore la sauvegarde… sinon non.
(11.1)	Car prêt des bandes originales, mauvaises conditions de conservation et besoin important d'espace de stockage.
(11.2)	Car : avec la seule fiche documentaire, difficulté de juger de la pertinence de l'image; problème des copies diverses suivant les différents supports; problème des centres régionaux qui doivent "dépendre" de REYERS et impossibilité pour plusieurs personnes d'emprunter la même émission.
(11.3)	moins compliqué au niveau pratique (centralisation des outils de travail, gain de temps....) et au niveau de la recherche; inchangé au niveau analyse documentaire.

Annexe 2 Transformation de la base de données

Avant de commencer les transformations, voici le schéma relationnel tel qu'il a été présenté dans le texte :

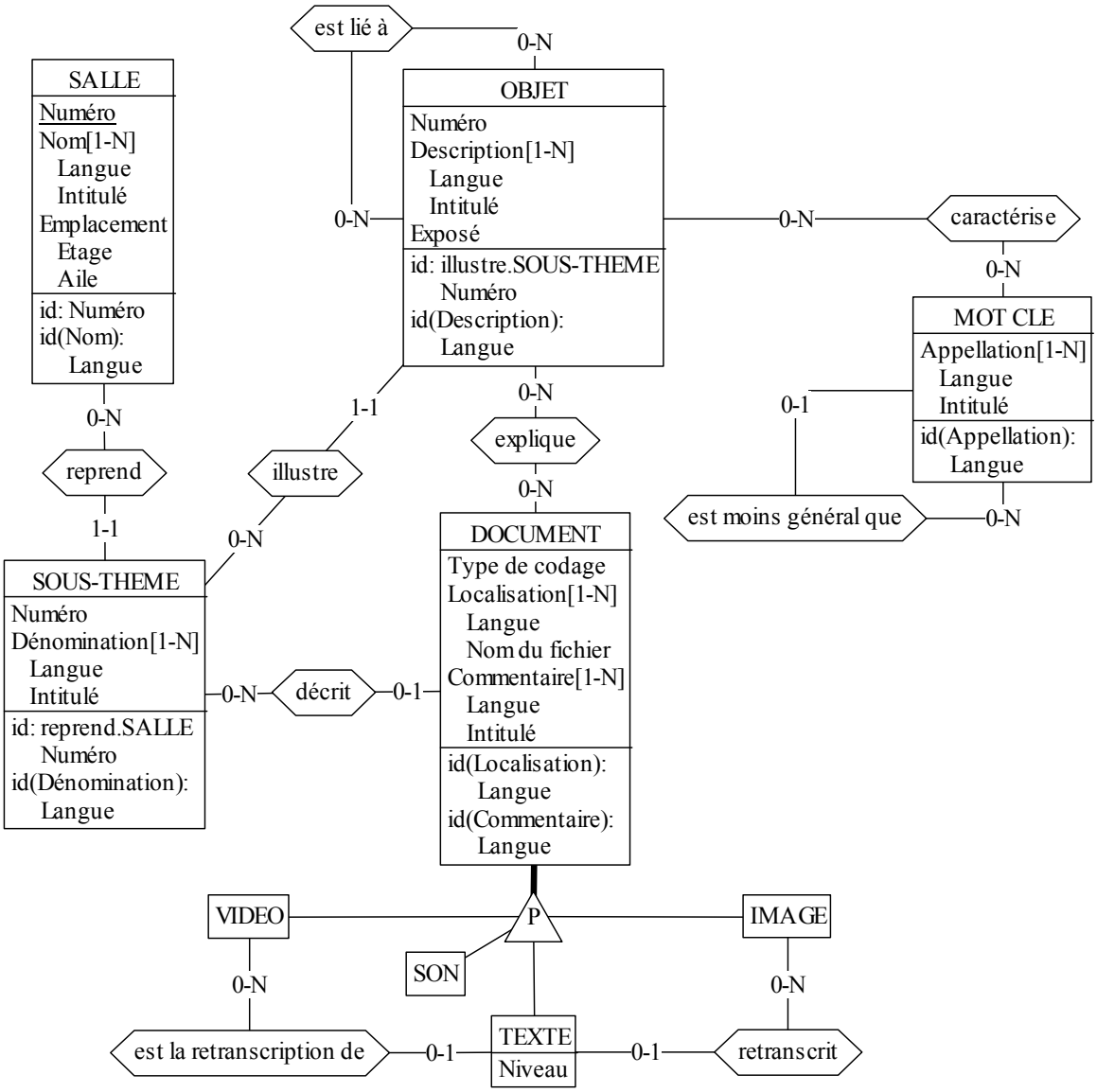


Figure A.1 - Schéma Entités-Associations

Simplification des sous-types

Nous avons pris la décision de n'avoir qu'une seule entité pour les documents. Une transformation par héritage ascendant a donc été appliquée. Les sous-types ont donc été remontés dans l'entité DOCUMENT.

Afin de pouvoir distinguer le type d'un document, nous avons ajouté un champ, nommé *Type de document*, qui contiendra une des valeurs suivantes : V pour un document vidéo, I pour une image, T pour un texte et S pour une bande sonore.

Le champ *Niveau* est devenu facultatif étant donné qu'il ne doit être rempli que si le document est un texte.

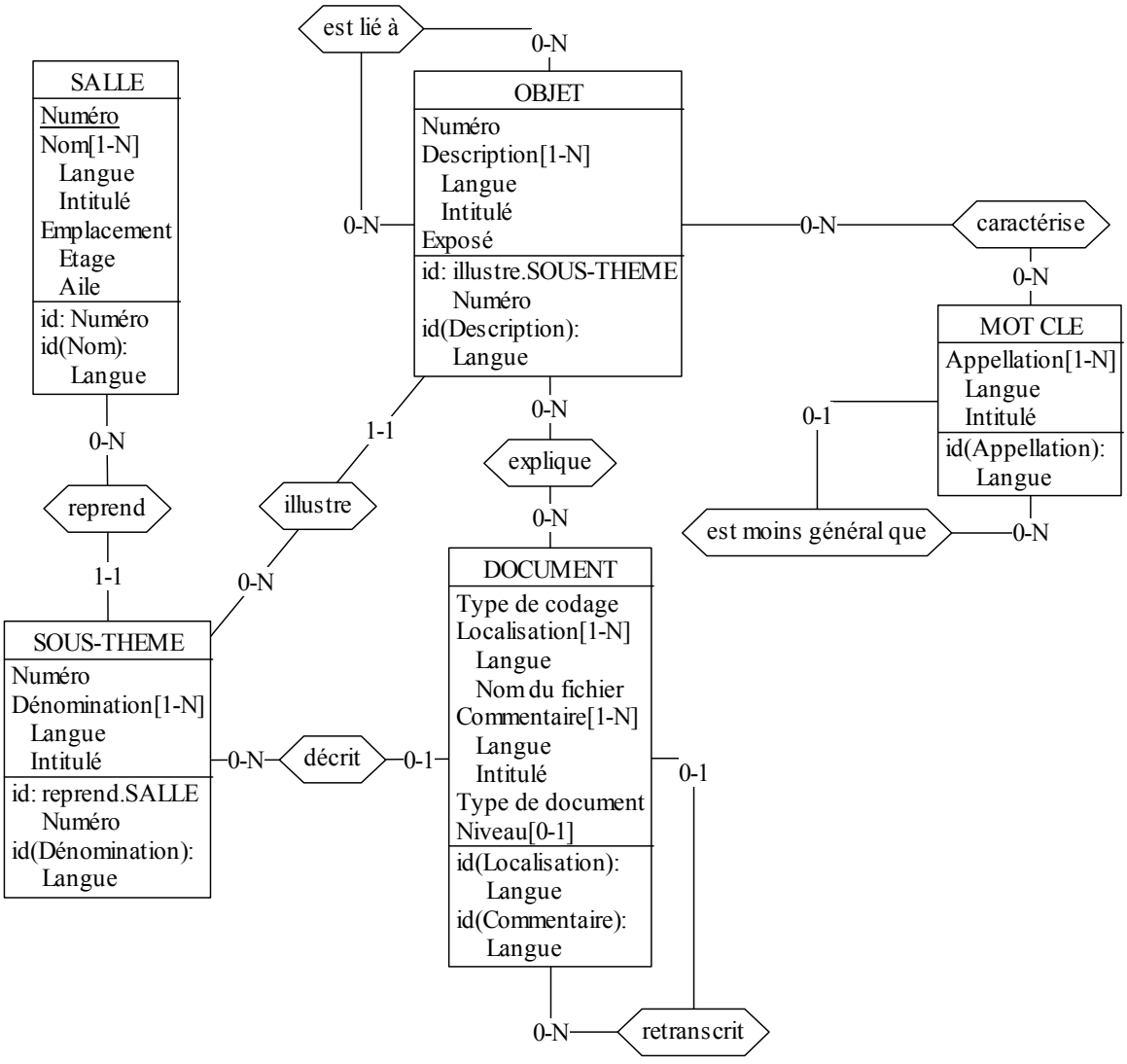


Figure A.2 - Le schéma après la première transformation

Ajout d'identifiants techniques

Lors de l'ultime transformation, toutes les entités deviendront les tables de la base de données. Afin de pouvoir référencer une ligne d'une table, cette dernière doit comporter un identifiant. La plupart des entités en possèdent déjà un. Pour les entités DOCUMENT et MOT CLE, un identifiant technique a dû être ajouté.

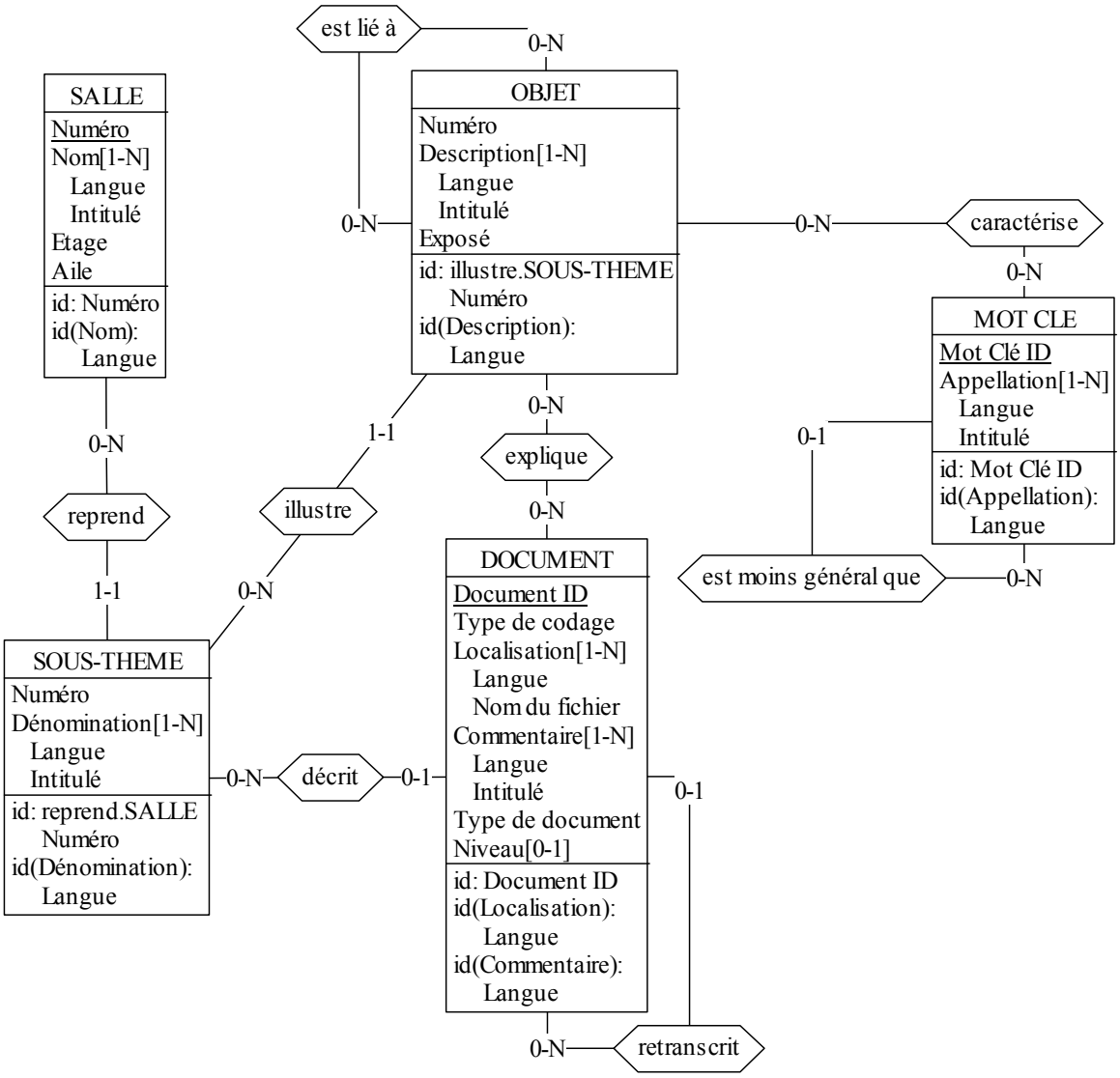


Figure A.3 - Le schéma après la deuxième transformation

Transformation des attributs multivalués

Les différents attributs multivalués ont été transformés en entités étant donné que le nombre de valeurs est à priori inconnu et susceptible d'évoluer lors de l'exploitation du système.

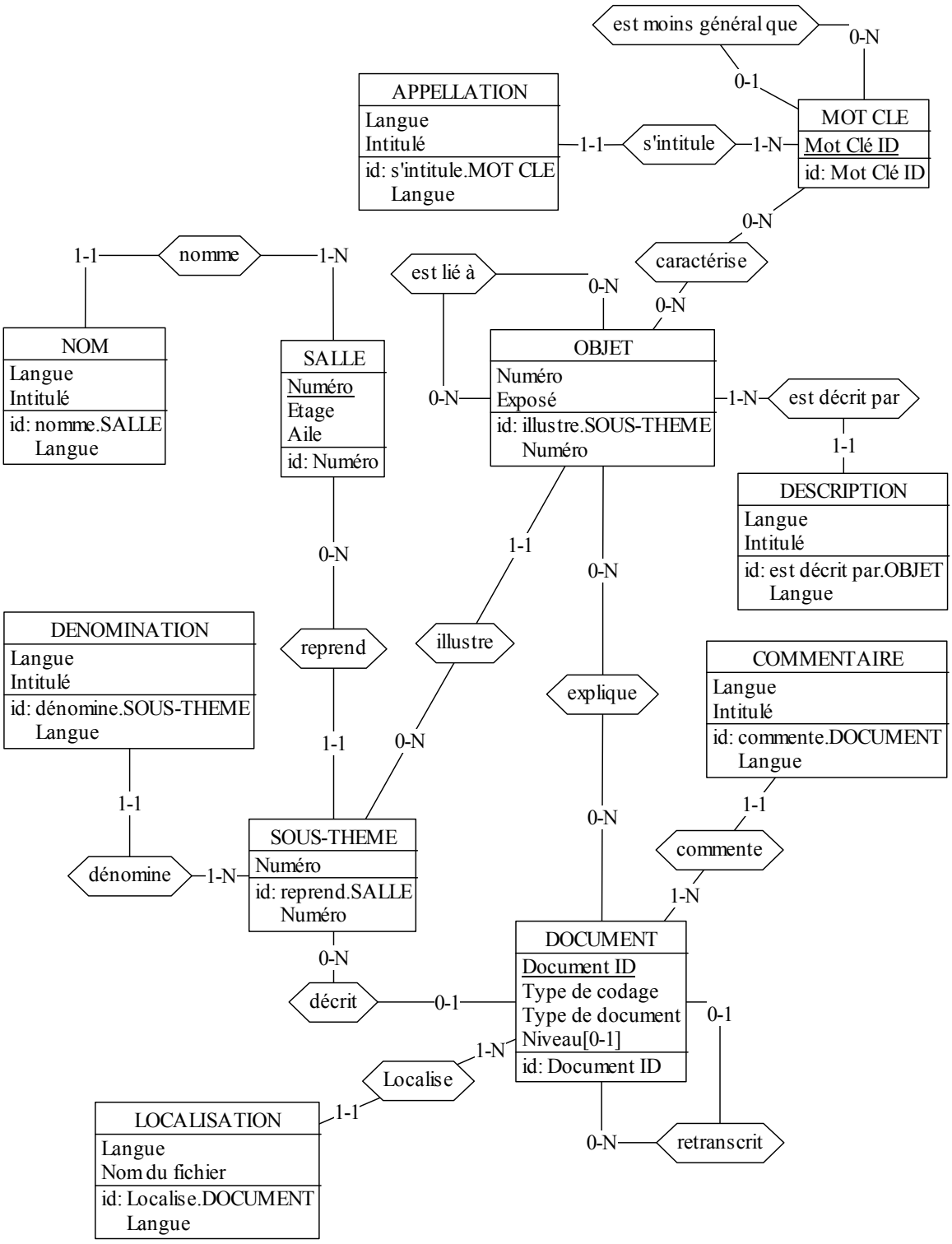


Figure A.4 - Le schéma après la troisième transformation

Construction du schéma relationnel

Pour terminer, la liste ci-dessous énumère les dernières transformations appliquées :

- Les relations plusieurs à plusieurs ont été transformées en entités afin d'obtenir deux relations un à plusieurs.
- Toutes les relations un à plusieurs sont devenues des clés étrangères.
- Les libellés ont été retravaillés : les accents et les espaces ont été supprimés, les caractères ont été mis en majuscule et les noms longs ont été raccourcis.

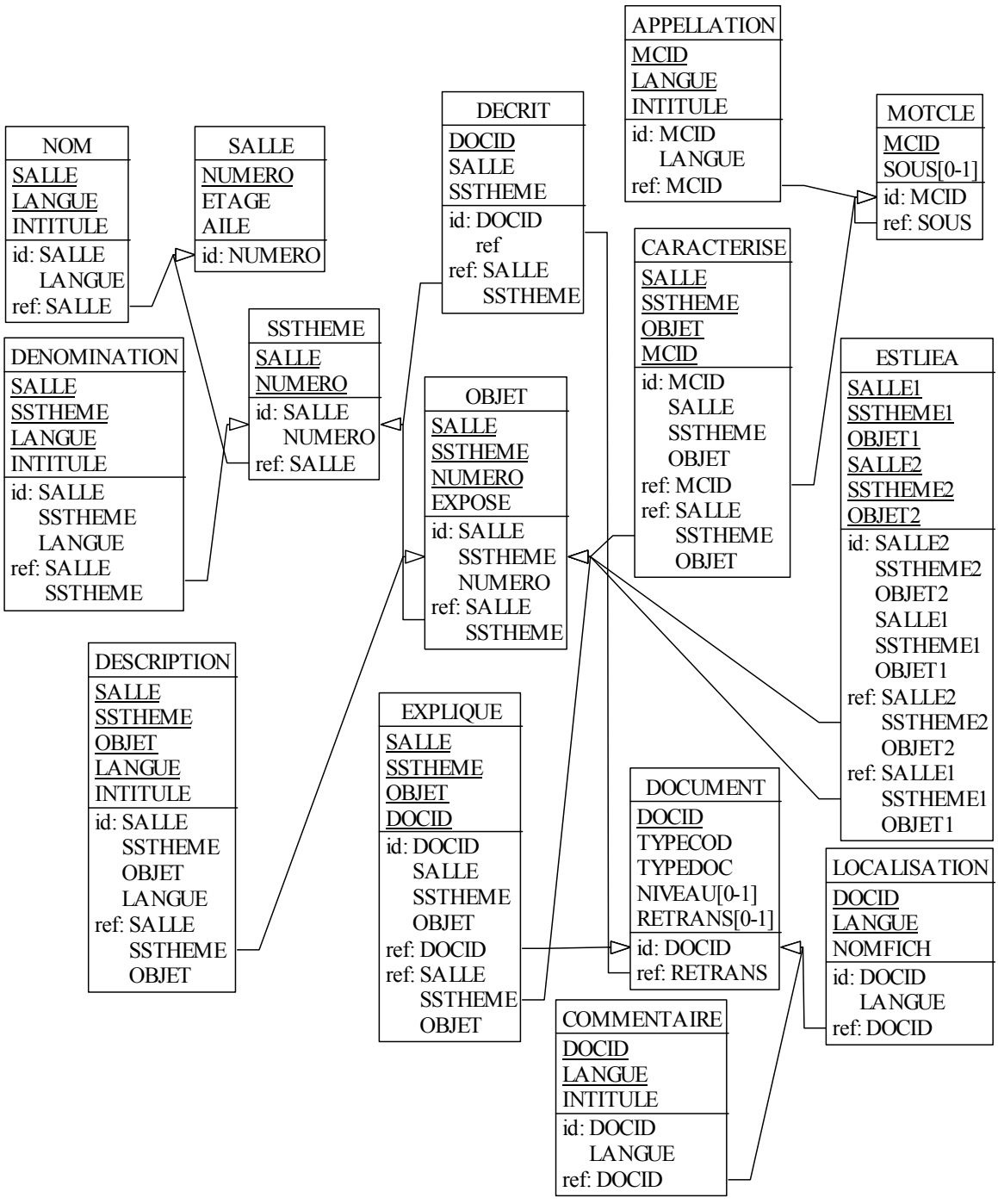


Figure A.5 - Schéma relationnel

Annexe 3 Code source du prototype

Cette annexe reprend le code source de quelques pages de l'application développée dans le cadre de ce mémoire. Nous n'avons ici retenu que les pages les plus intéressantes. Il s'agit de :

Salle.php

Cette page recherche et met en page les différents sous-thèmes d'une salle ainsi que, pour chaque sous-thème, les objets auxquels sont reliés des documents multimédia.

Groupe.php

Cette page gère l'ajout de groupes dans le fichier temporaire et l'affichage de ceux-ci.

SsCategories.php

Le code de cette page permet la création et l'affichage d'une arborescence de mots clés appartenant à une catégorie.

Visite.php

Cette page recherche et met en page les objets correspondant aux groupes définis par l'utilisateur.

Document.php

Le code de cette page gère la présentation des différents documents multimédia associés aux objets de l'exposition.