Place des standards dans le contexte de la compression des données médicales

Bernard Gibaud, Joël Chabriais

▶ **To cite this version:**

Bernard Gibaud, Joël Chabriais. Place des standards dans le contexte de la compression des données médicales. NAÏT-ALI Amine, CAVARO-MÉNARD Christine. Traité IC2, Hermes Science Publications, chap 4, 2007. inserm-00139974

HAL Id: inserm-00139974

https://inserm.hal.science/inserm-00139974

Submitted on 29 Jun 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Chapitre 4

Place des standards dans la compression des images médicales[1]

4.1. Introduction

Un standard (ou une norme) est une spécification adoptée par les acteurs d'un domaine, pour décrire un procédé de façon cohérente. Dans le cas de la compression de données, l'utilisation de standards est particulièrement indiquée puisque le processus de compression vise à la création d'une « forme intermédiaire » de l'information, plus compacte, et facilitant donc sa transmission sur des réseaux de communication, son stockage, sa récupération. En d'autres termes, la forme compressée n'a pas de fin en soi, elle n'est qu'un intermédiaire entre un processus créateur et un processus utilisateur. Il est donc absolument nécessaire que cette forme intermédiaire et, le cas échéant, les mécanismes d'accès à cette forme, soient conformes à des spécifications qui garantissent l'interfonctionnement harmonieux des applications créatrices et utilisatrices.

Un second élément de motivation est la nécessaire pérennité de l'information. L'existence de standards reconnus par des organismes internationaux est une garantie de pérennité dans le temps des standards et des logiciels qui les implémentent.

A ce stade, une question importante est celle de la spécificité des données médicales (cf chapitre 3) par rapport à d'autres données informatisées. Cette spécificité justifie-t-elle la définition de standards particuliers, propres à la compression de données médicales, et en particulier des images ? Deux points de vue sont possibles.

---

[1] Chapitre rédigé par Bernard GIBAUD et Joël CHABRIAIS

(1) Au niveau des principes, il apparaît souhaitable de minimiser l'usage de standards spécifiques, d'une part dans un souci d'efficacité, pour ne pas refaire un travail de spécification qui a déjà été fait en grande partie dans d'autres cercles, et d'autre part, pour minimiser les coûts des composants. Ce dernier argument est le plus important : les mécanismes de traitement de l'information les plus génériques donnent lieu à des implémentations à très large échelle, sous la forme de processeurs spécialisés, avec des performances, une fiabilité et un coût très optimisés, impossibles à atteindre dans le cadre de produits spécifiques à un domaine particulier.

(2) En pratique, ces choix ne sont évidemment pas faits en fonction de critères de pure rationalité, mais résultent de tout un contexte. Un facteur déterminant concerne notamment la capacité à identifier des besoins communs, dans un contexte donné. Ainsi, par exemple, il est naturel que la question des standards de compression d'images ait été abordée au sein du Comité DICOM, et que les solutions les plus largement utilisées aujourd'hui aient été définies dans ce contexte particulier, réunissant les principaux acteurs industriels et académiques du domaine, plutôt que dans un cercle plus large comme l'ISO. On verra néanmoins dans la suite de ce chapitre que l'adoption de solutions spécifiques n'exclut pas - loin s'en faut - le recours aux standards et technologies les plus génériques.

L'utilisation des standards est donc dans ce domaine absolument incontournable, pour répondre aux besoins d'interopérabilité et de pérennité qui s'expriment dans le domaine de la santé. Ceci n'est pas sans effets de bord délétères. Par exemple, il est frustrant pour des chercheurs travaillant dans le domaine de la compression de données de constater que leurs innovations, même au meilleur niveau international, ont finalement peu de chances de trouver une application large. En effet, il faut pour cela non seulement avoir fait la preuve d'une valeur ajoutée significative par rapport aux techniques standards diffusées à un moment donné, mais également s'inscrire dans un processus de reconnaissance par les organismes de standardisation, processus qui peut prendre de nombreuses années (par exemple, utilisation de la Transformée en Ondelettes Discrète dans le cadre de JPEG 2000). Il faut bien reconnaître à ce niveau que la standardisation n'encourage pas l'évolution des techniques.

La suite de ce chapitre est organisée comme suit. Nous commençons par un rappel sur la normalisation et sur les organismes qui définissent les normes dans le domaine de l'échange de données médicales. Nous introduisons à cette occasion le standard DICOM et nous en détaillons quelques notions-clés indispensables pour une bonne compréhension de la place de la compression des images dans ce standard. La section suivante détaille les différents types de compression disponibles dans le standard DICOM ainsi que les modalités d'accès aux images comprimées. Enfin nous concluons en soulignant les enjeux associés à l'utilisation des standards

de compression des images, en particulier dans le contexte du développement des réseaux de soins.

4.2. Les standards d'échange de données médicales

4.2.1. Comment et par qui sont produits les standards ?

On distingue généralement trois catégories de standards.

Les standards « *de jure* » sont ceux conçus par des organismes de standardisation officiels comme l'International Standards Organisation (ISO) ou le Comité Européen de Normalisation (CEN) en Europe. La représentation des acteurs du domaine est organisée par pays. Ceci signifie notamment que les *experts présents représentent* l'institution de normalisation officielle de leur pays – par exemple l'AFNOR pour la France. Les positions à défendre sont donc définies à ce niveau dans des groupes « miroirs » des comités internationaux concernés. Cette organisation a le mérite de garantir un accès libre à la définition de la norme à toutes les parties intéressées, qu'il s'agisse d'acteurs industriels, académiques, d'associations d'usagers, des pouvoirs publics, etc. Les deux critiques principales faites à ce type d'organisation est qu'elle conduit à des processus de définition de normes relativement longs, de l'ordre de cinq à dix ans, alors que dans certains domaines d'activité comme les technologies de l'information et de communication les progrès technologiques peuvent être très rapides, de sorte qu'une norme, une fois adoptée peut se trouver en décalage avec les besoins du marché, du simple fait de l'évolution technologique. Une seconde critique courante est qu'elle n'accorde pas de place prévalente aux acteurs industriels du domaine. De fait, de nombreuses normes sont définies qui ne sont jamais implémentées dans des produits. Certains y voient la conséquence d'une complexité excessive des solutions proposées, imposée par les acteurs académiques ou par des consultants, davantage préoccupés de la qualité scientifique des solutions retenues, que de la viabilité économique des produits fondés sur ces normes. Les standards conçus dans le cadre de ces organisations s'imposent aux pays dans les appels d'offres publics.

Les standards industriels sont conçus dans le cadre d'associations de constructeurs ou de sociétés savantes, comme par exemple le World Wide Web Consortium (W3C), l'Internet Engineering Task Force (IETF), deux groupes jouant un rôle clé dans les standards de l'internet, ou le comité DICOM pour ce qui concerne le standard DICOM. Ces organisations définissent des standards industriels selon des procédures généralement très bien définies, et agréées par certains organismes nationaux de standardisation. Ces associations fonctionnent sur le

principe du volontariat. L'accès aux textes des standards est généralement libre et gratuit via le web.

Contrairement à ceux produits dans l'un ou l'autre des deux contextes précédemment cités, les standards « de facto » ne résultent pas d'un accord formel entre acteurs du marché, mais d'un processus de sélection par le marché. Ainsi on peut considérer que les formats WORD et Rich Text Format (Microsoft), le format Portable Document Format ou PDF (Adobe) sont devenus des standards, simplement parce que d'immenses communautés d'utilisateurs s'y sont ralliées, créant une situation de standard de fait.

4.2.2. Les standards dans le domaine des données de santé

Comité Technique 251 du CEN

En Europe, le Comité Technique 251 du CEN « Health Informatics » (http://www.centc251.org) a été créé en 1991 pour développer une famille de standards pour l'échange de données de santé dans des conditions qui garantissent l'interopérabilité, la sécurité et la qualité. Ce comité est organisé en quatre groupes de travail focalisant leurs efforts sur : les modèles d'information (WG I), les terminologies et la représentation de la connaissance (WG II), la sécurité et la qualité (WG III) et les technologies pour l'interopérabilité (WG IV). Ce comité a produit un nombre significatif de rapports techniques, normes expérimentales (ENV) ainsi que quelques normes européennes (EN). La principale est l'ENV 13606 « Communication des dossiers de santé », elle-même composée de quatre parties : (1) architecture, (2) liste de termes du domaine, (3) règles de distribution et (4) messages.

On peut également citer des normes ou prénormes sur la sécurité des communications (ENV 13608 - 1 à 3), l'enregistrement des systèmes de codage (ENV 1068), les messages sur les prescriptions médicales (ENV 13607), les messages pour la transfusion sanguine (ENV 13730-1 et 2), les systèmes de concepts pour la continuité des soins (ENV 13840).

Comité Technique 215 de l'ISO

Le Comité Technique 215 de l'ISO (site web accessible à partir de : http://www.iso.org), également nommé « Health Informatics » a été créé en 1998, avec un objectif très similaire à celui du TC 251 du CEN, mais bien entendu à l'échelle mondiale. Ce comité est organisé en huit groupes de travail, respectivement : structure des données (WG 1), échange d'informations (WG 2),

contenu sémantique (WG 3), sécurité (WG 4), cartes de santé (WG 5), pharmacie et produits médicaux (WG 6), dispositifs (WG 7) et exigences commerciales pour un dossier de santé informatisé (WG8). Les principaux documents normatifs produits depuis la création du TC 215 de l'ISO portent sur la communication entre les dispositifs médicaux (ISO/IEEE série 11073), l'interopérabilité des systèmes et des réseaux de télésanté (ISO/TR 16056 1-2), l'infrastructure de clé publique (ISO/TS 17090 1-3), l'accès au web pour les objets persistants DICOM (ISO 17432), les données relatives aux cartes de santé des patients (ISO 21549 1-3).

Comité DICOM

Rappel historique : Le Comité DICOM (http://medical.nema.org) organisé dans sa forme actuelle existe depuis le début des années 90. Ce Comité a succédé au comité ACR-NEMA, formé en 1983 par l'American College of Radiology (ACR) et la National Electrical Manufacturers Association (NEMA), dans un souci d'internationalisation. Il réunit aujourd'hui une quarantaine d'acteurs industriels et académiques du domaine de l'imagerie biomédicale (tableau 4.1.).

Acteurs industriels	**Acteurs académiques ou institutionnels**
AGFA U.S. Healthcare	American Academy of Ophthalmology
Boston Scientific	American College of Cardiology
Camtronics Medical Systems	American College of Radiology
Carl Zeiss Meditec	American College of Veterinary Radiology
DeJarnette Research Systems	American Dental Association
Dynamic Imaging	College of American Pathologists
Eastman Kodak	Deutsche Röntgengesellschaft
ETIAM	European Society of Cardiology
FujiFilm Medical Systems U.S.A.	Healthcare Information and Management Systems Society
GE Healthcare	Medical Image Standards Association of Taiwan
Heartlab	Societa Italiana di Radiologia Medica
Hologic	Société Française de Radiologie
IBM Life Sciences	Society for Computer Applications in Radiology
Konica Minolta Medical Corporation	Canadian Institute for Health Informatics
MatrixView	Center for Devices & Radiological Health
McKesson Medical Imaging Company	Japan Industries Association of Radiological Systems (JIRA)
MEDIS	Korean PACS Standard Committee
Merge eMed	National Cancer Institute
Philips Medical Systems	National Electrical Manufacturers Association
RadPharm	
R2 Technology, Inc.	
Sectra Imtec AB	
Siemens Medical Solutions USA, Inc.	
Sony Europe	
Toshiba America Medical Systems	

Tableau 4.1. Liste des organisations participant au comité DICOM

Tous les grands constructeurs de l'imagerie contribuent activement au développement du standard. Il existe aujourd'hui 26 groupes de travail, réunissant environ 750 experts techniques ou médicaux. La liste de ces groupes figure sur le tableau 4.2.

Groupes de travail du comité DICOM	
WG-01: Cardiac and Vascular Information	WG-14: Security
WG-02: Projection Radiography and Angiography	WG-15: Digital Mammography and CAD
WG-03: Nuclear Medicine	WG-16: Magnetic Resonance
WG-04: Compression	WG-17: 3D
WG-05: Exchange Media	WG-18: Clinical Trials and Education
WG-06: Base Standard	WG-19: Dermatologic Standards
WG-07: Radiotherapy	WG-20: Integration of Imaging and Information Systems
WG-08: Structured Reporting	WG-21: Computed Tomography
WG-09: Ophthalmology	WG-22: Dentistry
WG-10: Strategic Advisory	WG-23: Application Hosting
WG-11: Display Function Standard	WG-24: Surgery
WG-12: Ultrasound	WG-25: Veterinary Medicine
WG-13: Visible Light	WG-26: Pathology

Tableau 4.2. Liste des groupes de travail du comité DICOM

Le standard DICOM 3.0 a été publié en 1993, dans la continuité de travaux préliminaires menés au cours de la décennie précédente et ayant conduit aux standards ACR-NEMA 1.0 et 2.0 (publiés respectivement en 1985 et 1988).

Domaine couvert : Le standard [DIC 06] couvre de nombreux aspects parmi lesquels :

- la communication des images et des données associées (en mode connecté et par l'utilisation de supports physiques), pour pratiquement l'ensemble des techniques existantes (modalités d'imagerie)

- l'impression des images sur des supports physiques

- la communication des comptes rendus des procédures d'imagerie

- la gestion des activités liées à l'acquisition, au traitement et à l'interprétation des images, à travers la gestion de « listes de travail »

- la sécurisation des échanges, via un service appelé « accord de stockage », et différents mécanismes de signature des documents

- la cohérence du rendu des images.

Le standard est modulaire, de façon à répondre efficacement aux besoins communs ou spécifiques qui concernent les multiples modalités d'imagerie et domaines de spécialités médicales faisant appel aux images. Il est organisé sous la forme de 18 parties relativement indépendantes (Figure 4.1.).

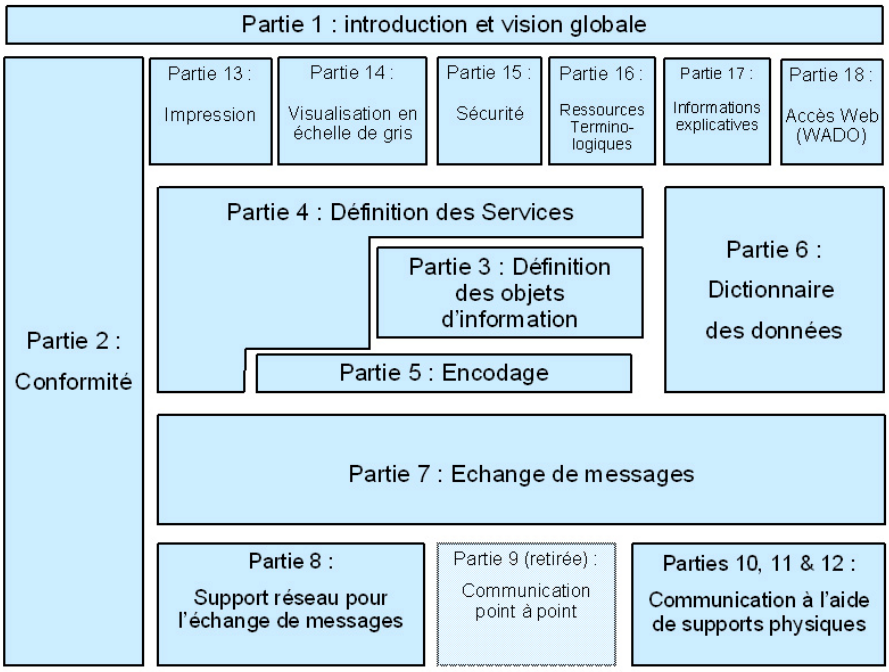

Figure 4.1. Les différentes parties du standard DICOM

Notions-clés du standard DICOM : Les éléments qui suivent se focalisent sur les quelques notions clés dont la compréhension est indispensable pour appréhender la place de la compression dans le standard DICOM. Le lecteur intéressé à une compréhension plus complète du standard pourra se rapporter à [CHA 04].

DICOM est avant tout un protocole d'échange d'images, par réseau ou par l'intermédiaire de supports physiques (cédéroms, DVD etc.). Compte tenu de la diversité des modalités d'images, le standard est organisé de façon à permettre à la fois le respect des spécificités de chaque modalité et la mise en commun de nombreux éléments de données.

Ainsi, le standard est organisé de façon modulaire au travers notamment de la notion de « Service Object Pair » associant une classe d'images d'un type particulier, par exemple des images CT (pour Computed Tomography) ou images de tomographie à Rayons X, et un service d'échange donné (par exemple le service « stockage d'image »). Cette notion de « classe », inspirée du paradigme « objet », amène à distinguer la notion de « SOP Class » – une abstraction de l'ensemble des images d'un même type, par exemple CT) – et la notion de « SOP Instance », qui correspond à un exemplaire d'image concret, identifié grâce à un identificateur unique. Une fonction essentielle de cette notion de SOP class concerne la conformité au standard. C'est précisément en se référant aux différentes SOP Class, que les constructeurs revendiquent la conformité de leurs produits, au moyen d'une « déclaration de conformité DICOM », rédigée selon les prescriptions contenues dans la Partie 2 du standard. Pour une SOP Class donnée, on distingue le fournisseur du service (ou SCP pour « Service Class Provider ») et l'utilisateur du service (ou SCU pour « Service Class User »). Par exemple, dans le cas de la SOP Class « CT Image Storage », l'entité d'application jouant le rôle de SCU est l'application qui « pousse » l'image, alors que celle jouant le rôle de SCP est celle qui la reçoit.

La spécification des éléments de données à transmettre correspond dans DICOM à la notion d' « Information Object Definition » (ou IOD). Un IOD spécifie une liste d'éléments de données, caractérisant : (1) le contexte général d'obtention de l'image (informations essentielles sur le patient, l'examen, la série), (2) les paramètres d'acquisition (notamment paramètres physiques d'acquisition, algorithme de reconstruction, etc.), (3) les caractéristiques de l'image (taille de l'image, résolution, etc.) et enfin, (4) les données pixels proprement dites. La notion de « module » regroupant les éléments de données relatifs à une même entité d'information (par exemple Patient Module, ou General Study Module), facilite leur réutilisation dans les différents IOD. Ces entités d'information sont définies au moyen de modèles d'information, selon un formalisme entité-relations. Pour les besoins de ce chapitre, on peut s'en tenir à l'idée simple d'une hiérarchie « Patient – Examen (Study) – Série (Series) – Objet composite (Composite Object) », représentée figure 4.2. Cette notion d'objet composite, initialement introduite pour exprimer l'agrégation d'informations qui concernent différentes entités du monde réel, permet de généraliser, du point de vue de leur gestion, toutes les entités DICOM qui ont un caractère persistant. Il s'agit notamment des images, mais aussi des « états de présentation », qui permettent de spécifier une mise en forme particulière des images (par exemple un fenêtrage particulier, un facteur de zoom), des comptes rendus structurés, susceptibles de référencer des images, et des « formes d'ondes » (waveforms), utilisées pour représenter des signaux physiologiques comme des électrocardiogrammes.

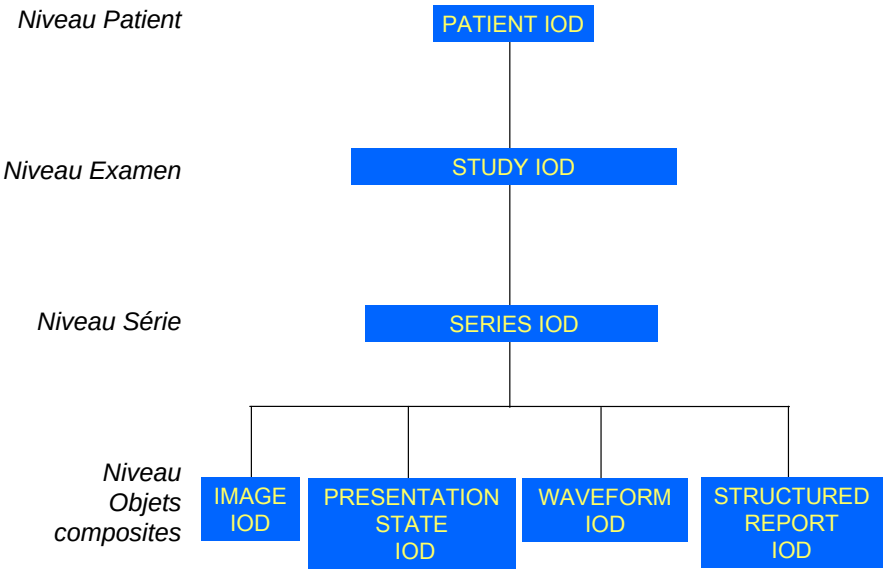

Figure 4.2. Modèle hiérarchique des entités DICOM

Concernant les données images elles-mêmes, DICOM a fait, à l'origine, le choix d'une définition classique de la notion d'image, sous la forme d'un simple tableau 2D de valeurs, chaque image d'une série faisant l'objet d'une structure de données propre (appelée « Dataset ») et véhiculée via un message propre. Ainsi une série de 100 images CT donne lieu à l'envoi de 100 messages séparés. Ultérieurement, la notion d'image « multi-frame » est apparue, notamment pour représenter les images échographiques. Elle tend aujourd'hui à se généraliser, avec les spécifications des objets « Enhanced MR » et « Enhanced CT », destinées à répondre à l'évolution des besoins en Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) et en imagerie CT.

Health Level Seven (HL7)

HL7 (http://www.hl7.org) était initialement un organisme de définition de standards américain, accrédité par l'American National Standards Institute (ANSI), et qui a maintenant une dimension internationale, avec des groupes nationaux dans de très nombreux pays. Le nom du standard fait référence à la 7ème couche (Application) du modèle OSI (Open System Interconnection) de l'ISO. La raison d'être d'HL7 était en effet le développement de messages standardisés permettant aux applications des systèmes d'information de santé de communiquer entre elles.

Le tableau 4.3. récapitule les différentes versions ayant été publiées. La version actuelle est la 2.5 (mars 2005).

Numéro de version		**Date de publication**	**Remarques**
Version 1.0		1987	Standard prototype.
Version 2.x*	2.0	1988	Standard adéquat, conditionnement arbitraire des données. Pas d'utilisation de modèle d'information.
	2.1	1990	
	2.2	1994	
	2.3.1	1997	
	2.4	12/2000	
	2.5	06/2003	
	2.6	(prévue 12/2006)	
Version 3.0		10/2003 pour les premiers éléments	Méthodes formelles, basées sur un modèle d'information, le « Reference Information Model » ou RIM. Standard modulaire ; publication par briques successives depuis 2003.

Tableau 4.3. Les différentes versions du standard HL7

* Les différences entre les sous-versions relèvent de la maintenance du standard et de son adaptation permanente aux besoins (ajout de messages ou de champs manquants ou retrait de messages ou de champs obsolètes ou non utilisés).

En outre, HL7 a repris l'Arden Syntax, une syntaxe dédiée à la représentation des connaissances médicales dans des systèmes experts. La version 1.0 avait été développée et publiée en 1999 par l'American Society for Testing and Materials (ASTM), avant d'être reprise par HL7. HL7 a également intégré CCOW (Clinical Context Object Working Group) qui a pour objet de synchroniser les applications sur le poste de travail en fonction d'éléments du contexte (utilisateur, patient, etc.). Parallèlement à HL7 v3, HL7 a développé une architecture de documents cliniques (CDA – Clinical Document Architecture) dont la version 2 (CDA release 2) est un standard ANSI depuis avril 2004. Cette architecture venant initialement en concurrence de celle proposée par le CEN (ENV 13606), un travail de fond est réalisé actuellement avec les experts du CEN pour faire converger les deux architectures. Au delà de sa collaboration avec le CEN, HL7 collabore étroitement avec l'ISO/TC 215, un projet pilote ayant été approuvé dans le but de faire valider par l'ISO certains standards HL7.

Synergie entre les organismes de standardisation

Chaque organisme de standardisation élabore ses standards en vertu de ses objectifs et de ses règles propres. Ainsi, on constate de la part des organismes officiels (ISO, CEN) une vision globale des problèmes (approche top → down), alors que les associations de nature industrielle adoptent généralement des visions à plus court terme, avec des objectifs plus pragmatiques, guidés par le marché (approche bottom → up) [GIB 98]. Par ailleurs, on note souvent un élargissement du domaine couvert par un organisme au-delà de son domaine d'intérêt initial. Ainsi, le standard DICOM, très focalisé sur l'imagerie au début de son activité, en est venu à s'intéresser à la structure de documents médicaux comme des comptes rendus structurés, rejoignant en cela des problématiques posées par d'autres organismes, en l'occurrence le CEN (ENV 13606 partie 1), et surtout HL7, avec l'architecture de documents CDA. Ceci amène donc les organismes de standardisation à collaborer, sous différentes formes. Par exemple une collaboration active a existé entre 1994 et 1997 entre le Comité DICOM et le CEN TC 251, consistant à définir ensemble les extensions de DICOM touchant au flot de travail en imagerie (gestion de listes de travail, accord de stockage notamment). In fine, c'est d'ailleurs la totalité du standard DICOM qui a été reconnu par le CEN comme norme européenne (CEN EN 12052) [CEN 04]. De même, on note peu après, une collaboration active entre le CEN TC 251 et HL7 pour la conception de la Version 3 de ce standard, notamment concernant le « Modèle d'Information de Référence » de HL7 (Reference Information Model ou RIM), pour tirer tous les enseignements possibles du travail sur les prénormes ENV 13606. Par ailleurs, il existe un groupe de travail commun entre le comité DICOM et HL7 (le WG 20 de DICOM) pour harmoniser les échanges de données touchant aux examens d'imagerie et aux comptes rendus (structurés ou non) entre ces deux standards. Enfin, il existe entre l'ISO TC 215 et le Comité DICOM une liaison de type « A », formalisant la reconnaissance du fait que les aspects touchant spécifiquement à l'imagerie biomédicale sont étudiés dans le cadre du Comité DICOM, puis adoptés de façon formelle par l'ISO via une procédure simplifiée. Ainsi, la partie 18 du standard DICOM sur l'accès aux objets persistants DICOM a été adoptée par l'ISO (ISO 17432-2004).

4.3. Les standards existants pour la compression des images

4.3.1. La compression des images

Les standards généralistes du domaine de la compression de données peuvent très schématiquement être classés en deux catégories, (1) ceux qui s'appuient sur une organisation spatio-temporelle particulière – image 2D ou suite d'images 2D, et (2) ceux qui ne font aucune hypothèse de cette nature. Les premiers ont été

développés essentiellement par l'ISO pour répondre aux besoins de la photographie (images fixes), du cinéma et de la télévision (image animée) : il s'agit des familles de standards JPEG et MPEG, du nom des groupes de travail mis à place à l'ISO sur ces sujets, respectivement le « Joint Photographic Experts Group » et le « Moving Picture Experts Group ». Les applications visées au départ étaient principalement liés au commerce électronique (catalogues en ligne), à la presse, et au tourisme. L'application ou l'extension à l'imagerie professionnelle a pu s'opérer naturellement dans les domaines utilisant la lumière visible (imagerie satellitaire, contrôle de processus industriels, télésurveillance, etc.).

Complémentarité entre standards généralistes et standards spécifiques : elle apparaît assez naturellement. Deux grandes approches peuvent être distinguées, schématisées figure 4.3. :

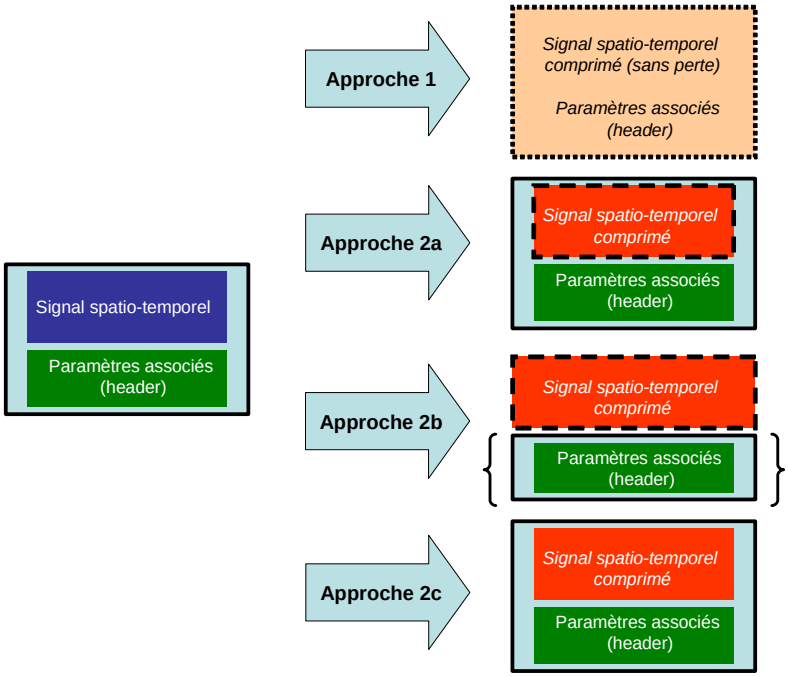

Figure 4.3. Approches généralistes et spécifiques pour la compression d'images ; la partie gauche du schéma symbolise les données image et les paramètres associés (header) ; la partie droite décrit chacune des quatre approches possibles, numérotées respectivement 1, 2a, 2b et 2c. Les bordures des boîtes symbolisent le type de standard encapsulant les données, à savoir : standards généralistes (par exemple JPEG, MPEG), symbolisés par un bord en pointillés, ou encodage spécifique (par exemple DICOM), symbolisé par un trait continu.

- 1ière approche : elle consiste à utiliser des techniques de compression ne faisant aucune hypothèse sur la nature de l'information à coder ; entrent dans cette catégorie les logiciels de compression distribués avec UNIX / Linux comme « compress », « gzip », ou utilisés par des logiciels comme « Winzip™ » (figure 4.3 : approche 1) ;

- 2ième approche : elle focalise la tâche de compression sur les données du signal image (au sens large), en exploitant les redondances existant dans les différentes dimensions spatiales ou temporelle. La représentation de ces données peut s'appuyer (figure 4.3 – approche 2a et 2b) ou non (figure 4.3 – approche 2c) sur des standards généralistes de compression de données.

Les avantages et inconvénients de chacune des deux approches sont résumés dans le tableau 4.4. La première est utilisée pour un codage sans perte d'information. Elle présente l'avantage précisément de ne présenter aucune spécificité, c'est-à-dire qu'elle peut s'appliquer à tout fichier, quel que soit son format ou sa taille. L'inconvénient est une efficacité limitée, qui dépend des données elles-mêmes. Ainsi des données images bruitées (sans vastes plages uniformes) pourront difficilement être comprimées avec des taux de compression supérieurs à x 3.

	Avantages	**Inconvénients**
Approche 1 « compression généraliste » (ex. gzip, compress)	Généricité Facilité de mise en œuvre Coût très faible	Performances faibles
Approche 2a « compression d'images généraliste » par encapsulation (ex. JPEG, MPEG)	Réutilisation d'implémentations existantes pour la compression / décompression et la visualisation des images Performances très optimisées Prise en compte du contexte médical (header contenant le nom du patient, les paramètres d'acquisition, etc.)	Eventuellement inadaptée à des données très spécifiques, ou performances sub-optimales
Approche 2b « compression d'images généraliste » (ex. JPEG, MPEG)	Facilite la diffusion la plus large (hors des services spécialisés, et vers le grand public), au moindre coût (navigateurs web)	Pas de prise en compte du contexte médical (header)
Approche 2c « compression d'images spécifique »	Peut permettre d'obtenir des performances optimales, découlant d'une très bonne adéquation à la structure des données	Coût de développement inhérent au caractère spécifique

Tableau 4.4. Avantages et inconvénients des standards généralistes et standards spécifiques

En revanche, la seconde approche est capable de tirer parti de la structure spatiale et temporelle des images pour optimiser l'élimination des redondances. Les

taux de compression qui en découlent – lorsque l'on accepte un codage avec perte d'information – peuvent être très importants avec des facteurs compris entre x 8 et x 20, ou même davantage. L'utilisation de méthodes de compression et de formats de représentation standards facilite l'utilisation de logiciels généralistes pour la décompression et la visualisation des données (par exemple navigateur web).

4.3.2. La compression des images dans le standard DICOM

Comme ceci a été dit, le standard DICOM occupe une place prépondérante dans le domaine de l'imagerie médicale. DICOM a inclus très tôt dans le standard le recours possible à des méthodes de compression de données. Cette section a pour but principal de présenter comment DICOM intègre l'utilisation de la compression des images, et notamment comment DICOM a intégré les approches généralistes de compression issues de l'ISO.

Pour une bonne compréhension, il est indispensable de rappeler brièvement quelques notions clés relatives au standard DICOM. C'est pourquoi nous débuterons cette section par un rappel concernant les notions de « Service Object Pair » (SOP), de « SOP Class », et de « SOP Instance ».

Nous décrirons ensuite quelques principes relatifs à la gestion et à l'encodage des images comprimées dans DICOM. Nous décrirons ensuite en détail les différents types de compression utilisables, en faisant référence aux standards généralistes (de l'ISO) mis en jeu.

Encodage des images comprimées dans DICOM

Aspects généraux : L'encodage des éléments de données est décrit dans la partie 5 de DICOM intitulée « encodage ». Il est réalisé en binaire, selon une structure « Type – Longueur – Valeur ». Le champ type est exprimé sous la forme d'un couple d'entiers non-signés (représentés sur 16 bits) appelé « Tag ». Il s'agit d'un simple identificateur unique de l'élément en question. Par exemple, le Tag (0028,0010) Rows représente le nombre de lignes de l'image. Le champ longueur est représenté en binaire non-signé sur deux octets ; il dénote le nombre d'octets occupés par le champ valeur. Le champ valeur contient la valeur de l'élément de donnée en question.

Les éléments de données sont définis dans la partie 3 de DICOM, au niveau sémantique, dans des tableaux correspondant aux différents modules ; chaque ligne de ces tableaux explicite :

- le Tag de chaque élément ;
- son nom ;

- son caractère obligatoire ou facultatif : type 1 : obligatoire (c'est-à-dire présent et non vide), type 2 : présent (mais éventuellement vide), type 3 : optionnel ;

- la définition en texte libre de l'élément.

Cette information est complétée dans la partie 6 de DICOM (dictionnaire des données), qui précise pour chaque élément de donnée :

- son Tag ;

- son nom ;

- son type de représentation (Value Representation ou VR) ; DICOM définit (au début de la partie 5 « encodage ») 27 types d'éléments parmi lesquels : UL (Unsigned Long), US (Unsigned Short), PN (Person Name) etc. ;

- sa valeur de multiplicité (le nombre d'occurrences possibles).

Les éléments de données sont ensuite ordonnés par ordre croissant pour former un « dataset », corps du message. Un exemple est présenté figure 4.4.

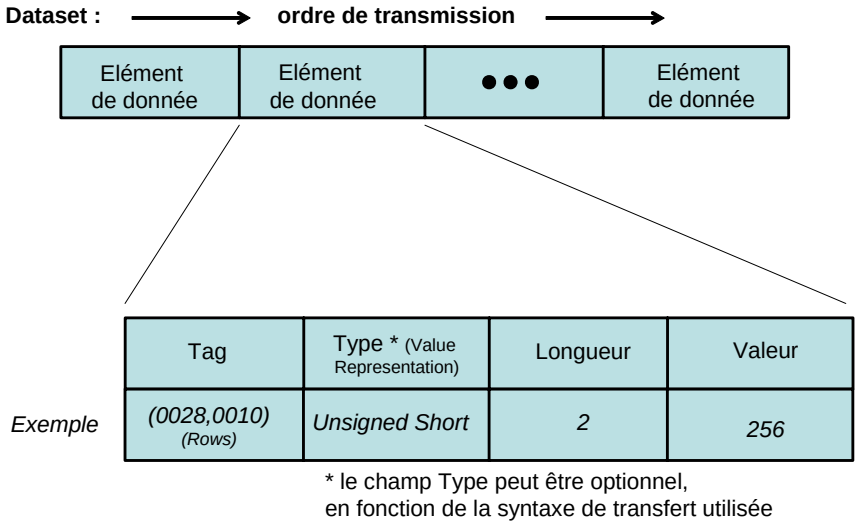

Figure 4.4. Organisation des éléments de données, selon le triplet « Tag – Longueur – Valeur »

Il existe différentes « syntaxes de transfert », prenant en compte différentes options d'encodage, dont les principales sont :

- le fait d'exprimer explicitement ou non le type des éléments de données (par exemple « explicit Value Representation ») ;

- l'ordre de représentation des octets pour les données binaires représentées sur plusieurs octets : Big endian (l'octet de poids le plus fort est représenté en premier, et les autres sont ordonnés par ordre de significativité décroissante), ou Little endian (l'octet de poids le plus faible est représenté en premier, et les autres sont ordonnés par ordre de significativité croissante) ;

- l'utilisation de compression de données, sur lequel nous allons revenir en détail par la suite.

Les données « pixels » sont représentées dans l'élément de donnée (7FE0,0010) Pixel Data, qui peut être de type OW (Other Word String) ou OB (Other Byte String). En règle générale, les données sont concaténées en prenant en compte les éléments (0028,0100) Bits Allocated et (0028,0101) Bits Stored. En fait, deux cas doivent être distingués : le premier concerne le format « natif » (sans compression),

et le second le format avec encapsulation (avec compression). Dans le premier cas, les données pixels font l'objet d'un compactage dans lequel le dernier bit stocké d'un pixel est immédiatement suivi du premier bit du pixel suivant, selon un ordre qui est toujours le même (les pixels sont parcourus de gauche à droite, et de haut en bas, le premier pixel transmis est donc le pixel situé en haut à gauche, suivi par ceux de la première ligne, puis par le premier pixel de la seconde ligne, et ainsi de suite). Selon que le type OW ou le type OB sont utilisés, le codage est affecté ou non (respectivement) par le choix d'une convention d'ordonnancement Big endian ou Little endian.

Encapsulation d'images comprimées : Le codage par encapsulation consiste à inclure dans l'élément de donnée (7FE0,0010) Pixel Data la chaîne de bits exprimant l'image comprimée. Dans ce cas la syntaxe de transfert utilisée est obligatoirement de type « explicit VR », ce qui signifie que la spécification des types des éléments est présente dans la chaîne de bits. En outre dans ce cas, l'élément de donnée (7FE0,0010) Pixel Data est obligatoirement de type OB, et la convention d'ordonnancement « Little endian ». Différentes techniques de compression sont utilisables, à travers le choix des syntaxes de transfert correspondantes.

En règle générale, les valeurs mentionnées dans les éléments de données spécifiant l'encodage des données pixels (Photometric Interpretation, Samples per Pixel, Planar Configuration, Bits Allocated, Bits Stored, High Bit, Pixel Representation, Rows, Colums, etc.) doivent être cohérents avec ceux qui apparaissent dans la chaîne de bits de l'image comprimée. Toutefois, en cas d'inconsistance, il est recommandé que le processus de décodage utilise les paramètres mentionnés dans la chaîne de bits représentant les données comprimées.

Types de compression disponibles

Compression d'image JPEG : L'International Standards Organisation ISO/IEC JTC1 a développé deux standards internationaux dénommés respectivement ISO/IS-10918-1 (JPEG Part 1) et ISO/IS-10918-2 (JPEG Part 2), et connus comme le standard JPEG pour la compression et le codage des images fixes [ISO 94], [ISO 95]. Le standard spécifie à la fois des processus de codage avec perte (lossy) et sans perte (lossless). Ce standard s'appuie sur la Transformée en Cosinus Discrète (DCT), qui permet un ajustement du taux de compression. Le processus de codage sans perte s'appuie sur la méthode DPCM (Differential Pulse Code Modulation). Parmi les nombreux modes disponibles dans le standard JPEG, le standard DICOM en a finalement retenu quatre. Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau 4.5.

UID de la syntaxe de transfert	Processus de codage JPEG	Description
1.2.840.10008.1.2.4.50	1	« baseline », « lossy »
1.2.840.10008.1.2.4.51	2 (8 bits), 4 (12 bits)	« extended », « lossy »
1.2.840.10008.1.2.4.57	14	« lossless, non-hierarchical »
1.2.840.10008.1.2.4.70	14 (Selection Value 1)	« lossless, non-hierarchical, first-order prediction»

Tableau 4.5. Syntaxes de transfert implémentant le standard JPEG

Elles sont référencées grâce à quatre syntaxes de transfert différentes. La première correspond au mode « baseline », appliqué à des images sur 8 bits, avec perte d'information, et utilisant un codage de Huffman. La seconde correspond aux modes JPEG 2 et 4, dits « Extended », également avec perte d'information, qui s'appliquent respectivement à des images sur 8 et 12 bits. La troisième correspond au mode JPEG 14, « lossless », basé sur la méthode DPCM, toujours avec un codage de Huffman. Enfin, la quatrième diffère de la précédente en ceci qu'elle fait intervenir une prédiction d'ordre 1 (horizontale).

De façon à faciliter l'interopérabilité des applications faisant appel aux syntaxes de transfert JPEG, le standard mentionne explicitement :

- que les applications implémentant JPEG « lossless » doivent supporter JPEG mode 14 (la quatrième citée dans le tableau 4.5.) ;

- que les applications implémentant JPEG « lossy » pour des images sur 8 bits doivent supporter JPEG mode 1 (la première citée dans le tableau 4.5.) ;

- que les applications implémentant JPEG « lossy » pour des images sur 12 bits doivent supporter JPEG mode 4 (la deuxième citée dans le tableau 4.5.).

Enfin, le constructeur doit documenter dans sa déclaration de conformité à DICOM s'il est seulement capable de recevoir les images comprimées ou bien s'il est capable de les recevoir et de les traiter.

Compression RLE (Run Length Encoding): Il s'agit d'un algorithme de codage par plage extrêmement simple, utilisé dans le format TIFF 6.0, appelé « PackBits » [TIF 92]. Il faut noter que dans ce cas l'élément de donnée (0028,006) Planar Configuration prend la valeur « color-by-plane », de façon à maximiser la taille les plages uniformes.

La syntaxe de transfert correspondante porte l'identificateur unique 1.2.840.10008.1.2.5. Elle peut être utilisée aussi bien pour des images simples ou des images multi-frame. Dans ce dernier cas chaque frame donne lieu dans la chaîne de bits à un fragment séparé.

Compression d'image JPEG-LS : JPEG-LS, à savoir ISO/IS-14495-1 (JPEG-LS Part 1) désigne un autre standard proposé par l'International Standards Organisation ISO/IEC JTC1 pour représenter les images fixes comprimées, avec ou sans perte d'information [ISO 99]. Il spécifie un mode de compression unique, fondé sur une méthode prédictive utilisant un modèle statistique, modélisant les différences entre les pixels et leur voisinage. Cette méthode est réputée plus efficace que celle spécifiée dans JPEG, à savoir ISO 10918-1. Il faut également noter que JPEG-LS peut traiter des images jusqu'à une profondeur de 16 bits.

Deux syntaxes de transfert DICOM ont été définies : la première, qui porte l'identificateur 1.2.840.10008.1.2.4.80 référence l'utilisation de JPEG-LS en mode sans perte d'information. La seconde, qui porte l'identificateur 1.2.840.10008.1.2.4.81, référence l'utilisation de JPEG-LS avec perte d'information, avec une erreur absolue bornée à une valeur précise, spécifiée dans la chaîne de bits.

Compression d'image JPEG-2000 : JPEG-2000 est le nom usuel du standard ISO/IEC 15444 (JPEG 2000), toujours dédié à la représentation des images fixes comprimées [ISO 04-a, ISO 04-b]. Il introduit de nouveaux schémas de compression fondés sur la Transformée en Ondelettes Discrète et sur des transformations multi-composantes, applicables notamment aux images en couleur. La partie 2 du standard (ISO/IEC 15444-2) complète la partie 1 (ISO/IEC 15444-1) avec des extensions des transformations multi-composantes ICT (Irreversible Colour Transform) et RCT (Reversible Colour Transform). Ces extensions sont d'une part des schémas de prédiction de type DPCM, et d'autre part des transformations plus complexes comme la Transformée de Karhunen-Loeve.

Tous ces schémas sont adaptés à la compression des images noir et blanc ou en couleur, jusqu'à une profondeur de 16 bits, signées ou non signées, avec ou sans perte d'information.

DICOM référence ce standard grâce à quatre syntaxes de transfert, les deux premières fondées sur ISO/IEC 15444-1, et les deux suivantes fondées sur ISO/IEC 15444-2 :

- la première, qui porte l'identificateur 1.2.840.10008.1.2.4.90 référence l'utilisation de JPEG-2000 Partie 1 en mode sans perte d'information. Elle fait appel à un schéma de compression utilisant la Transformée en Ondelettes Discrète ou une transformée multi-composantes en mode réversible, sans quantification ;

- la seconde, qui porte l'identificateur 1.2.840.10008.1.2.4.91 référence l'utilisation de JPEG-2000 Partie 1 en mode avec perte d'information. Ceci peut s'appuyer sur des transformées réversibles ou non réversibles, avec ou sans quantification ;

- la troisième et la quatrième, qui portent respectivement les identificateurs 1.2.840.10008.1.2.4.92 et 1.2.840.10008.1.2.4.93, étendent les possibilités des deux précédentes syntaxes de transfert en exploitant les possibilités offertes par JPEG-2000 Partie 2. Il s'agit d'une généralisation du codage multi-composantes, qui est appliqué dans la partie 1 de JPEG 2000 au codage des images en couleur, en considérant que toute séquence d'images peut être vue comme une image multi-composantes. Un mécanisme souple permet en outre d'ordonner et de rassembler les composantes en groupes de composantes, pour une efficacité optimale. Appliquées à des images DICOM multi-frames, ces syntaxes permettent donc une élimination des redondances inter-images, indépendamment de la sémantique associée à cette troisième dimension (variable d'espace pour des séquences 3D, temps pour des séquences temporelles, autres). Celles-ci devraient donc être de plus en plus utilisées, avec la diffusion des nouveaux IOD Enhanced CT et Enhanced MR, qui utilisent largement les images multi-frames.

Compression d'image progressive JPIP : Cette possibilité répond au besoin de transmettre les images de façon progressive, c'est-à-dire en permettant l'affichage des données, avec une précision croissante au fur et à mesure de la transmission. Elle permet donc à l'utilisateur de voir l'image avant que le transfert ne soit terminé, et le cas échéant d'interrompre le transfert, si celui-ci n'est plus nécessaire.

L'implémentation de ce mécanisme s'appuie sur le Protocole Interactif proposé dans le cadre de JPEG 2000 (JPEG 2000 Interactive Protocol ou JPIP).

Son utilisation dans DICOM consiste à remplacer la chaîne de bits habituellement rangée dans l'élément de donnée (7FE0,0010) Pixel Data par la référence à un fournisseur d'accès à cette chaîne de bits, renseigné dans l'élément de donnée (0028,7FE0) Pixel Data Provider URL, par exemple :

Pixel Data Provider URL (0028,7FE0) = http://server.xxx/jpipserver.cgi?target=imgxyz.jp2

Le server JPIP doit retourner un jeu de données de type (Content-type) `image/jp2`, `image/jpp-stream` ou `image/jpt-stream`. Il est en outre possible de spécifier un sous-ensemble particulier de la chaîne de bits, grâce au caractère modulaire de l'encodage, par exemple, l'URL suivante permet la restitution à une résolution 200 x 200 de l'image n°17 d'une séquence d'image multi-frame :

Pixel Data Provider URL (0028,7FE0) = http://server.xxx/mframe.jp2?fsiz=200,200&stream=17

Ces possibilités font appel à deux syntaxes de transfert particulières, « JPIP referenced transfer syntax », qui porte l'identificateur 1.2.840.10008.1.2.4.94, et « JPIP referenced deflate transfer syntax », qui porte l'identificateur 1.2.840.10008.1.2.4.95. La différence entre les deux tient à ce que la seconde

introduit en plus un codage sans perte de l'information de la chaîne de bits JPIP, basé sur l'algorithme « deflate » (RFC 1951).

Compression d'image MPEG2 : Le standard MPEG 2 (ISO/IEC 13818-2) a été développé par l'ISO pour la compression d'images vidéo ou animées, et le signal sonore éventuellement associé [ISO 00].

La référence à ce standard s'appuie sur une syntaxe de transfert unique, qui porte l'identificateur 1.2.840.10008.1.2.4.100. Elle référence l'option MPEG MP@ML (MainProfile@MainLevel) de MPEG2. Pour mémoire, MPEG2 MP@ ML s'appuie sur un codage de source en 4:2:0 réduisant le débit brut à 162 Mbit/s en entrée de codeur. Le profil principal « Main Profil (MP) » indique une séquence MPEG composée d'images intra (I), prédictives (P), bidirectionnelles (B), et le niveau principal « Main Level (ML) » une définition d'image égale à celle de la télévision standard. Le débit en sortie de codeur n'est pas fixé par la norme — débits entre 1,5 et 15 Mbit/s.

Celle-ci peut s'appliquer à des données mono ou multi-composantes, représentées sur 8 bits (ce qui peut poser problème pour la compression d'images médicales, souvent représentées sur plus de 8 bits) ; dans le premier cas, l'élément de donnée (0028,0004) Photometric Interpretation doit prendre la valeur MONOCHROME2, alors que dans le second elle doit prendre la valeur YBR_PARTIAL_420. Quoi qu'il en soit, dans tous les cas, la chaîne de bits MPEG inclut à la fois un signal de luminance et deux signaux de chrominance. La résolution spatiale et temporelle des images, à savoir les éléments de données (0028,0010) Rows, (0028,0011) Columns, (0018,0040) Cine Rate et (0018,1063) Frame Time doivent être cohérents avec les valeurs spécifiées pour MP@ML, rappelées dans le tableau 4.6.

Type de vidéo	**Fréquence**	**Durée des images**	**Nombre max de lignes**	**Nombre max de colonnes**
525-line NTSC	30	33,33 ms	480	720
625-line PAL	25	40 ms	576	720

Tableau 4.6. Résolution spatiale et temporelle des images dans le standard MPEG2 MP@ML ; en pratique il est recommandé de respecter un rapport 4:3

Modalités d'accès aux données comprimées

Les modalités d'échange offertes dans le standard DICOM sont de quatre types : (1) échange par réseau, utilisant les services STORAGE et QUERY & RETRIEVE ; (2) échange par supports physiques, par exemple cédérom ou DVD, (3) attachement à un courrier électronique, (4) accès en mode WADO (Web Access to DICOM persistent Objects). Elles ont été introduites successivement dans le standard pour

répondre aux besoins des applications. Cette section donne un bref aperçu des spécificités de chacun de ces modes d'échange et fait référence à la partie du standard qui les détaille.

Echange par réseau : cette modalité d'échange (services STORAGE et QUERY & RETRIEVE) était déjà présente dans les versions de 1985 et 1988 du Standard ACR-NEMA et a été reprise dans le Standard DICOM 3.0 de 1993. Elle consiste à « pousser » les images, une par une, à l'aide d'un message de type C-STORE (défini dans la partie 7 de DICOM). Ces opérations de transferts élémentaires peuvent être intégrées dans des transactions plus larges incluant des possibilités de recherche sur des critères comme le nom du patient ou le numéro de l'examen (QUERY & RETRIEVE) : ceci s'appuie sur d'autres services définis dans la partie 7 de DICOM, à savoir les services C-FIND, C-GET et C-MOVE.

La mise en œuvre d'échanges par réseau entre deux entités d'application nécessite la négociation préalable des services (SOP Class) et des syntaxes de transfert utilisables. C'est ce que l'on appelle la négociation de l'association. Celle-ci est initiée par l'une ou l'autre des entités d'application, qui fournit la liste des SOP Class qu'elle supporte, en spécifiant pour chacune d'elle les rôles (SCU ou SCP) ainsi que les syntaxes de transfert utilisables. Ce triplet SOP Class – Rôle – Syntaxe de transfert est appelé « contexte de présentation ». La seconde entité d'application répond en mentionnant à son tour les contextes de présentation supportés, de sorte que cette négociation permet de définir la liste des services et des syntaxes utilisables dans le cadre de l'échange.

C'est donc à ce niveau que peut être spécifié le recours à des syntaxes de transfert mettant en jeu des techniques de compression d'images. Il reste à préciser les modalités d'identification des images en fonction de leur caractère original ou comprimé, ainsi que les règles qui régissent les conversions entre un format originel non comprimé et un format comprimé.

Un principe général (on verra plus loin en quoi il doit être nuancé) est que l'image existe indépendamment de son encodage. Ainsi si une image est transférée d'une source d'images vers un serveur d'images en utilisant une syntaxe de transfert A, cette même image pourra très bien être récupérée – par exemple via le service QUERY & RETRIEVE – par une station de travail selon une syntaxe de transfert B. Il suffit pour cela que la syntaxe de transfert B ait été choisie préférentiellement à la syntaxe de transfert A lors de la négociation de l'association entre la station de travail et le serveur d'images. Rappelons que ce qui détermine le choix d'une syntaxe de transfert est l'ordre des contextes de présentation proposés et acceptés par les protagonistes de l'échange, et non un choix explicite qui serait fait lors d'un C-GET ou d'un C-MOVE.

Ceci doit cependant être nuancé. En effet dans le cas d'images comprimées avec perte d'information, il est possible que plusieurs exemplaires d'une même image puissent être gérés par une application serveur d'images pour faire la différence entre des images non comprimées et des images comprimées avec différentes techniques de compression et donc représentées selon différentes syntaxes de transfert. Il existe à cet effet un élément de donnée (0028,2110) Lossy Image Compression, qui lorsqu'il est positionné à la valeur « 01 » indique que l'image a fait l'objet (à un moment donné de son histoire) d'une compression avec perte d'information. Dans ce cas, la valeur 1 (c'est-à-dire le premier champ) de l'élément de donnée (0008,0008) Image Type doit avoir la valeur DERIVED, pour indiquer qu'il s'agit d'une image dérivée. L'application qui crée une telle image dérivée doit obligatoirement créer une nouvelle instance d'image (dite « dérivée »), en lui affectant un nouvel identificateur unique (SOP Instance UID). Un mécanisme existe pour que, suite à une demande de QUERY & RETRIEVE portant sur une image originale (non comprimée), le fournisseur du service puisse indiquer, via l'élément (0008,3001) Alternate Representation Sequence, l'existence d'une autre version de l'image (comprimée), dans l'éventualité où l'image originelle n'aurait pas été conservée.

Echange par support physique : La communication des images par supports physiques a été introduite dans le standard DICOM en 1995, lors de la publication des suppléments 1, 2 et 3 (partie 10, 11 et 12 du standard). Bien évidemment dans ce cas, il n'y a pas de négociation possible des syntaxes de transfert. Ainsi, la copie de l'image inscrite sur le support physique mentionne explicitement la syntaxe de transfert utilisée lors de l'encodage. Le choix des syntaxes de transfert utilisables est déterminé par des « profils d'application » - spécifiques d'un domaine clinique et d'une technologie de support physique. Ils sont définis dans la partie 11 du standard (Media Storage Application Profiles). Ainsi, par exemple, les profils STD-XA1K-CD et STD-XA1K-DVD mentionnent les SOP Class et les syntaxes de transfert à utiliser pour l'échange par CD et DVD (respectivement) d'images angiographiques jusqu'à des résolutions de 1024 x 1024 sur 12 bits.

Attachement à un courrier électronique : La possibilité de communiquer des images au format DICOM sous la forme d'attachements à des courriers électroniques a été introduite dans le standard en 2001 avec la publication du supplément 54. Cette extension consiste en la définition d'un nouveau profil d'application STD-GEN-MIME autorisant l'usage de tous les objets composites DICOM et de toutes les syntaxes de transfert existantes. Un ensemble de fichiers DICOM est contenu dans une nouvelle entité MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) appelée « DICOM File Set », de type `Multipart/mixed` ou `Multipart/related`. Chaque fichier est encodé sous la forme d'un composant MIME appelé « DICOM File », de type `Application/dicom`. L'usage de

l'extension « .dcm » est recommandé. Ces spécifications font l'objet de la RFC 3240 [RFC 02].

Accès en mode WADO : L'accès Web aux objets persistants DICOM (WADO pour Web Access to DICOM persistent Objects) répond au besoin de plus en plus pressant de récupérer - via les protocoles de l'internet (http et https) - des objets persistants DICOM, quels qu'ils soient (images, comptes rendus structurés, etc.) Il s'agit également de pouvoir référencer très facilement ces objets d'information sous la forme d'URL/URI (Uniform Resource Locator / Identifier) dans toutes sortes de documents textuels ou hypertextuels.

Cette possibilité a été introduite dans le standard DICOM en 2003 avec le supplément 85, sous la forme de la partie 18 du standard. Elle a aussi fait l'objet d'une reconnaissance par l'ISO TC 215 (ISO 17432) [ISO 04-c].

Les objets persistants DICOM concernés peuvent être répartis en quatre catégories : (1) les images, (2) les images multi-frame, (3) les objets textuels et (4) les autres objets. Le tableau 4.7. fournit la liste exhaustive des types MIME utilisables dans chacun des quatre cas précédents.

	Images simples	**Images multi-frame**	**Objets textuels**	**Autres**

Types MIME utilisables	`application/dicom`
	`image/jpeg`
	`image/gif`
	`image/png`
	`image/jp2`
		`application/dicom`
		`video/mpeg`
		`image/gif`
			`application/dicom`
			`text/plain`
			`text/html`
			`text/xml`
			`application/pdf`
			`text/rtf`
			`application/x-hl7-cda-level-one+xml`
				`application/dicom`

Tableau 4.7. Types MIME utilisables dans les messages de réponse dans le cadre de DICOM WADO (Web Access to DICOM persistent objects)

Comme on le voit sur ce tableau, il s'agit non seulement de permettre l'utilisation de méthodes d'accès alternatives aux protocoles d'échange classiques de DICOM (QUERY & RETRIEVE), mais aussi de faciliter la récupération des données dans des syntaxes généralistes comme JPEG, GIF, MPEG, sans encapsulation dans les syntaxes de transfert traditionnelles de DICOM.

Le format des requêtes s'appuie sur le format standard des URL/URI spécifié dans la RFC 2396. Les paramètres principaux sont les suivants :

- « `requestType` » (valeur obligatoire : WADO)

- « `studyUID` », « `seriesUID` », « `objectUID` », correspondant aux trois niveaux de la hiérarchie « examen – série – objet composite » de DICOM

- « `contentType` », contenant la liste des types MIME susceptibles d'être utilisés.

D'autres paramètres optionnels peuvent également être spécifiés, parmi lesquels :

- « `charset` », pour spécifier les jeux de caractères à utiliser, par ordre de préférence (ceci concerne aussi bien des objets textuels que des objets DICOM représentés avec le type MIME `Application/dicom`

- « `anonymize` », pour spécifier que l'objet doit être anonymisé

- « `annotation` », pour spécifier que des annotations (concernant le « patient » et la « technique » doivent être « gravées » dans les données pixels (applicable seulement aux images, et d'un type MIME différent de `Application/dicom`)

- « `rows` », « `columns` », « `region` », « `windowCenter` », « `windowWidth` », « `frameNumber` » pour spécifier l'image ou la partie d'image à retourner.

4.4. Conclusion

Compte tenu des volumes de données importants que représentent les images médicales, l'utilisation des techniques de compression – avec ou sans perte d'information – est évidemment très souhaitable. La nécessité de partager ces images, à l'intérieur de l'hôpital, mais aussi et surtout dans le cadre des réseaux de soin met particulièrement l'accent sur le besoin de standards pour garantir l'interopérabilité des applications et la pérennité de ces données sur de longues périodes de temps. Enfin, le contexte du déploiement au niveau national du Dossier Médical Personnel (DMP), va poser la question fondamentale de la place de l'imagerie médicale dans ces dossiers. Il est clair aujourd'hui que disposer des standards adaptés pour la représentation d'images comprimées est un critère essentiel pour que l'image soit effectivement présente dans ces dossiers. Face à ces besoins, de nombreuses possibilités existent d'ores et déjà, offrant des niveaux de performance excellents, en compression avec perte mais aussi sans perte [CLU 00].

Ceci dit, l'augmentation constante des volumes de données image mis en jeu constitue un défi pour le futur. Cette augmentation est notamment due aux nouveaux scanners X multi-barrettes, mais également au développement important de l'imagerie dynamique (imagerie à Rayons X, échographie ultrasonore, IRM dynamique, imagerie endoscopique), et aux progrès de la numérisation en anatomo-pathologie (lames virtuelles). Cette évolution appelle incontestablement de nouveaux gains en performances au niveau des techniques de compression d'images et de communication des données comprimées. La balle est donc dans le camp des

spécialistes des techniques de compression d'images, qui sauront certainement relever le défi. L'expérience de ces dix dernières années a bien montré que les progrès algorithmiques obtenus dans les laboratoires finissent par déboucher sur des standards internationaux, aussi bien dans le cadre de l'ISO que de comités de standardisation sectoriels comme le Comité DICOM. Ceci demande des efforts et du temps, mais constitue un point de passage obligé pour une reconnaissance et une diffusion la plus large sur le plan industriel.

4.4. Bibliographie

[CEN 04] CEN EN 12052 - « Health Informatics – Digital Imaging - Communication, workflow and data management », 2004.

[CHA 04] CHABRIAIS J., GIBAUD B., « DICOM: le standard pour l'imagerie médicale », *EMC-Radiologie*, 1, p. 577-603, 2004.

[CLU 00] CLUNIE D.A., « Lossless compression of grayscale medical images – Effectiveness of traditional and state of the art approaches », *Proceedings of SPIE: Medical Imaging 2000*, Vol. 3980, p. 74-84, 2000.

[DIC 06] Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) – National Electrical Manufacturers Association, Parties 1 à 18, 2006.

[GIB 98] GIBAUD B., GARFAGNI H., AUBRY F., TODD POKROPEK A., CHAMEROY V., BIZAIS Y. AND DI PAOLA R. : « Standardisation in the field of medical image management : the contribution of the MIMOSA model », *IEEE Transactions on Medical Imaging* 17(1) p. 62-73 (1998).

[ISO 94] ISO/IEC 10918-1:1994 – « Technologies de l'information – Compression numérique et codage des images fixes de nature photographique : principes et lignes directrices », JTC 1/SC29, 185 pages, 1994.

[ISO 95] ISO/IEC 10918-2:1995 – « Technologies de l'information – Compression et codage numériques des images fixes à modelé continu : tests de conformité », JTC 1/SC29, 62 pages, 1995.

[ISO 99] ISO/IEC 14495-1:1999 – « Technologies de l'information – Compression sans perte et quasi sans perte d'images fixes à modelé continu : principes », JTC 1/SC29, 66 pages, 1999.

[ISO 00] ISO/IEC 13818-2:2000 – « Technologies de l'information – Codage générique des images animées et du son associé : données vidéo », JTC 1/SC29, 230 pages, 2000.

[ISO 04-a] ISO/IEC 15444-1:2004 – « Technologies de l'information – Système de codage d'image JPEG 2000 : système de codage noyau », JTC 1/SC29, 200 pages, 2004.

[ISO 04-b] ISO/IEC 15444-2:2004 – « Technologies de l'information – Système de codage d'image JPEG 2000 : extensions », JTC 1/SC29, 337 pages, 2004.

[ISO 04-c] ISO 17432:2004 – « Informatique de santé – Messages et communication – Accès au web pour les objets persistants DICOM », TC 215, 18 pages, 2004.

[RFC 02] RFC 3240 – Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) – Application/dicom MIME Sub-type Registration, Internet Engineering Task Force (IETF), 2002.

[TIF 92] Adobe Developers Association, TIFF Version 6.0, 1992.