



Interopérabilité

Tout d'abord, je vais vous donner une définition simple du titre de ce cours (parce que je trouve que le prof se complique un peu la life).

Interopérabilité = capacité des systèmes à communiquer ensemble (ex : les téléphones)

C'est un cours assez complexe je vous préviens. Apprenez au moins bien les grandes définitions et les grandes notions +++. Sur ce, bon courage les loulous !

I. Introduction

📖 **L'interopérabilité** ou **interfonctionnement** en informatique est la capacité que possède un système informatique à fonctionner avec d'autres produits ou systèmes informatiques, existants ou futurs, sans restriction d'accès ou de mise en œuvre. Les deux termes sont normalisés par la **CSA** et la **Commission électrotechnique internationale**.

▫ L'interopérabilité est considérée comme **très importante** voire **critique** dans de nombreux domaines, dont l'informatique, le médical au sens large, les activités ferroviaires, l'électrotechnique, l'aérospatiale, le domaine militaire et l'industrie en général.

▫ Développer l'interopérabilité consiste à :

✓ **garantir** que **l'échange d'information** puisse se faire sans trop dépendre des logiciels utilisés.

✓ **éviter des restrictions d'accès** ou de **mise en œuvre**, comme l'impossibilité de lire certains formats de fichier par exemple...

▫ En règle générale, cela consiste à mettre en place des **standards** et des **normes**, clairement établies et univoques. Ces standards fixent des **exigences** et des **recommandations** pour que deux systèmes informatiques puissent fonctionner ensemble sans problème.

▫ Un frein majeur à une interopérabilité correcte est l'utilisation dans les **matériels** et les **logiciels de formats** dont seuls leurs concepteurs ont les clefs (comme les logiciels propriétaires).

II. Normes, Standards, Formats

📖 Une **norme** (du latin *norma*, équerre, règle) désigne un **état habituellement répandu** ou **moyen** considéré le plus souvent comme une **règle à suivre**.

→ Le processus d'élaboration d'une norme est appelé **normalisation**.

📖 **Organismes de normalisation** = Organismes dont le rôle est de **valider des normes** que les industries utiliseront comme support pour rendre leurs services et produits interopérables.

▫ Voici les plus importants :

✓ **ISO** : Organisation Internationale de Normalisation

✓ **ANSI** : American National Standards Institute

✓ **AFNOR** : Association Française de NORmalisation

✓ **CEN** : Comité Européen de Normalisation

✓ **ITU** : Union Internationale des Télécommunications

✓ **CENELEC** : Comité Européen de Normalisation ELECtrotechnique



→ *Standards ou normes ?*

▫ En informatique, il ne faut pas faire la confusion entre une norme et un standard, ce dernier désignant ce qui est produit habituellement par un **producteur** et **ne dépend que de lui** : par exemple les fichiers .DOC ou .PPT sont devenus des “standards” de fichier “texte” ou “présentation”. On parle de **standard de facto**.

→ Cette confusion vient de l'anglais, qui n'a qu'un seul mot pour désigner les deux concepts (standard signifie aussi norme).

▫ L'interopérabilité nécessite que les informations nécessaires à sa mise en œuvre soient disponibles sous la forme de **standards ouverts**.

📖 Un **format ouvert** est un **format de données** dont les spécifications techniques sont publiques et sans restriction d'accès ni de mise en œuvre, par opposition à un format fermé (*loi française n° 2004-575 du 21 juin 2004*).

▫ La norme, et/ou la recommandation qui l'accompagne, est établie (normalisation) par un **organisme indépendant** qui limite les modifications **unilatérales**.

→ On comprend donc qu'il est inopportun de définir une interopérabilité informatique à partir d'un standard non ouvert.

→ Par exemple, la norme peut définir des éléments comme :

✓ les **formats des données** échangées dans le contexte considéré, qui décrivent des séquences d'informations ou de commandes qu'un système doit envoyer, comment ses correspondants doivent y répondre (protocole de communication).

✓ les **tensions** et les **courants** à utiliser ;

✓ les **types de câbles** à utiliser...

▫ Certaines normes de **l'ISO** pour les **TIC** (Technologies de l'Information et de la Communication) :

✓ Données et records management

✓ Terminologies

✓ Échanges d'informations et de données

✓ Langages de programmation

✓ Réseaux

✓ Exigences logicielles, évaluation des procédés

✓ Sécurité des systèmes d'information

✓ Archivage électronique

✓ Information géographique

✓ Recherche d'information

✓ Sécurité de l'information

Le **JTC1** est l'organe de référence pour la **normalisation des Technologies de l'Information** au niveau mondial. Il réunit les compétences relatives aux **logiciels** (langages de programmation, codage de l'information...) et celles en matière de **matériels** (microprocesseurs, imprimantes...).

Le total de normes publiées par le JTC1 depuis sa création en 1987 était de 1993 en 2006.

Le comité comporte **28 pays membres** et **44 observateurs**.



III. Enjeux de l'interopérabilité

1. Enjeux techniques

- L'interopérabilité informatique est un des éléments essentiels pour les **réseaux de télécommunication mondiaux** comme le téléphone et l'Internet.
- Ces réseaux hétérogènes utilisent/intègrent des matériels, logiciels et applications variés et d'âge différent (legacy systems) pour assurer le stockage, le traitement et le transport des données et de l'information.

2. Enjeux économiques

- Les enjeux de l'interopérabilité informatique sont techniques et surtout économiques
- Dans presque tous les domaines d'activité, dans l'industrie et dans les services, en agriculture également, des systèmes informatiques gèrent des données, pilotent des systèmes de contrôle, des systèmes de gestion, et sont interconnectés d'une entreprise à l'autre par des réseaux informatiques (réseaux privés, internet, messageries électroniques...).

3. Enjeux de la mondialisation

- Du point de vue de **l'ingénierie des systèmes**, c'est l'interopérabilité informatique qui régit en grande partie l'interopérabilité globale (tant sur le plan des méthodes que des outils mis en œuvre).

4. Enjeux méthodologiques

- L'interopérabilité informatique nécessite que les communications obéissent à des **normes**, clairement **établies** et **univoques**.
- Ces documents techniques définissent souvent des **exigences**, parfois accompagnées de **recommandations** plus ou moins optionnelles.

5. Enjeux pour les usagers

- Deux systèmes qui satisfont aux exigences d'une même norme doivent pouvoir **dialoguer** (communiquer, échanger) ensemble sans souci particulier.
- Ils peuvent ainsi **évoluer librement** (mises à jour fonctionnelles pour suivre les évolutions du domaine/métier concerné) sans risque de casser cette possibilité de communication, tant qu'ils **respectent la norme** définissant et structurant leurs interfaces.

IV. Modèles d'interopérabilité

- 📖 Un **service** est une description **abstraite** de fonctionnalités à l'aide de primitives (commandes ou événements) telles que demande de connexion ou réception de données.



☰ Un **protocole** est un ensemble de **messages** et de **règles d'échanges** réalisant un service.

☰ Une **interface** est le moyen **concret** d'utiliser le service. Dans un programme, c'est typiquement un ensemble de fonctions de bibliothèque ou d'appels systèmes.

▫ Niveaux d'interopérabilité :

- ✓ Protocoles de réseaux
- ✓ Fichiers
- ✓ Appel de procédures distantes
- ✓ Accès aux bases de données
- ✓ Applications

▫ Le modèle OSI :

→ Le modèle d'interconnexion en réseau des systèmes ouverts (**modèle OSI**) de l'ISO est un modèle de communications entre ordinateurs.

→ Il décrit les fonctionnalités nécessaires à la communication et l'organisation de ces fonctions.

→ Le modèle comporte 7 couches réparties en 2 groupes. Il y a une architecture en couche avec :

→ **4 couches inférieures**, qui sont plutôt orientées communication et sont typiquement fournies par un système d'exploitation.

→ **3 couches supérieures** sont plutôt orientées application et plutôt réalisées par des bibliothèques ou un programme spécifique.

Les couches inférieures :

1. La couche « **physique** » est chargée de la **transmission effective des signaux entre les interlocuteurs**. Son service est typiquement limité à l'émission et la réception d'un bit ou d'un train de bit continu (notamment pour les supports synchrones).
2. La couche « **liaison de données** » gère les communications entre **2 machines adjacentes**, directement reliées entre elles par un support physique.
3. La couche « **réseau** » gère les communications de bout en bout, généralement entre machines : **routage** et **adressage** des paquets.
4. La couche « **transport** » gère les communications de bout en bout entre **processus** (programmes en cours d'exécution).

Les couches supérieures :

5. La couche « **session** » gère la **synchronisation** des échanges et les « **transactions** », permet l'ouverture et la fermeture de session.
6. La couche « **présentation** » est chargée du **codage** des données applicatives, précisément de la conversion entre données manipulées au niveau applicatif et chaînes d'octets effectivement transmises.



7. La couche « **application** » est le **point d'accès** aux services réseaux, elle n'a pas de service propre spécifique et entrant dans la portée de la norme.

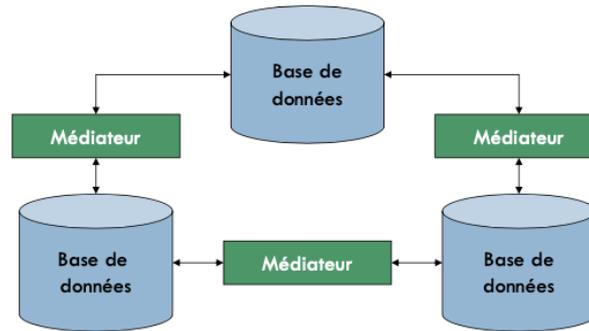
V. Syntaxe et sémantique

1. Interopérabilité syntaxique

- **CORBA** (Common Object Request Broker Architecture) est une architecture logicielle, pour le développement de composants et d'Object Request Broker (ORB).
- Ces composants, qui sont assemblés afin de construire des applications complètes, peuvent être écrits dans des langages de programmation distincts, être exécutés dans des processus séparés, voire être déployés sur des machines distinctes.
- Les **services d'interopérabilité** sont : nommage et annuaire des objets, cycle de vie, notification d'événements, transaction, relations entre objets, stockage, archivage, sécurité, authentification et administration des objets, gestion des licences et versions, etc.

2. Interopérabilité sémantique

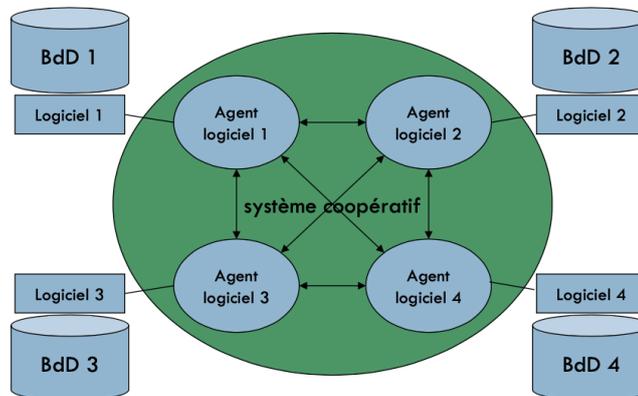
- Méta données : (métadatas)
 - “**informations sur les données**”, “**informations descriptives sur les ressources**”.
 - L'utilisation de métadatas descriptives et standardisées **améliore la recherche** des informations pertinentes dans un réseau de ressources.
 - Ontologie :
 - description **formelle** des concepts, rôles et relations qui existent pour un agent ou une communauté d'agents.
 - Les ontologies fournissent une compréhension commune d'un domaine qui peut être communiquée, elles jouent un rôle majeur dans les échanges d'information.
 - Médiateurs :
 - **adaptateur de données** situé sur un réseau entre un client et un serveur de données (le client peut être une autre base de données).
 - Un médiateur est un **composant logiciel** qui résout les conflits schématiques et sémantiques.
- Exemples de médiateurs : *Conversion de supports, d'unités, de structures, Changement de noms, Traduction de noms, Classification d'objets, Regroupements sémantiques...*



▫ “Wrapper”:

→ un **composant logiciel** qui fournit des **services d'accès aux données** grâce à un langage commun entre les bases de données et les médiateurs ; il assure la traduction des requêtes, met en forme les résultats et les transmet aux médiateurs.

Systemes multi-agents :



Exemple :

Message M_A	Message M_B
Emetteur : composant A	Emetteur : composant B
Syntaxe B: HL7	Syntaxe B: ASN.1
Cryptage : oui	Cryptage : non
Référentiel : R_A	Référentiel : R_B
Ontologie : O_A	Ontologie : O_B
Nom patronymique : DUPONT	Nom patronymique : DUPONT
Date de naissance : 13/06/1947	Date de naissance : 06/13/47
Urée sanguine : 3,35 mmol/l	Urée sanguine : 10 mg/l
Date de la découverte du cancer : 40 ans	Date de la découverte du cancer : 06/13/87

VI. Interopérabilité et SI en santé

📖 **HL7** (Health Level 7) = **Standard du domaine “santé”** qui définit un format pour les échanges informatisés de données cliniques, financières et administratives entre systèmes d'information hospitaliers.

→ Initialement américain, ce format s'exporte et tend à s'imposer comme **standard international** pour ce type d'information.



▫ Le chiffre 7 de HL7 indique simplement que c'est un langage qui fonctionne au niveau de la **couche 7**, c'est-à-dire la couche application, du **modèle OSI**.

→ Cela signifie que HL7 n'a pas à prendre en compte les considérations de sécurité des échanges, ou bien celles du transport du message (ceci étant assuré par des couches de plus bas niveau comme SSL pour la sécurité ou TCP pour le transport des données par exemple).

📖 **CI-SIS** de l'**ANS** (Cadre d'Interopérabilité des Systèmes d'Information de Santé (CI-SIS) de l'Agence du Numérique en Santé (ANS)) = **document de référence** qui propose des **règles techniques** et **sémantiques** aux acteurs de santé porteurs de projet devant échanger et partager de la donnée de santé.

▫ Il s'appuie sur des **normes** et **standards** internationaux et permet de disposer de modèles d'échanges pérennes, tirés des cas d'usage et éprouvés par le processus de concertation. Ce travail évite à chacun de devoir respécifier les données à échanger entre les SI.

▫ Les systèmes d'information dans les domaines sanitaire et médico-social doivent être **communicants** pour favoriser la coopération des professionnels dans le cadre des parcours de santé centrés sur le patient (l'utilisateur), et pour aider la décision médicale.

▫ Le CI-SIS couvre :

✓ l'interopérabilité **technique**, qui porte sur le **transport des flux** et sur les **services garantissant l'échange** et le **partage des données** de santé dans le respect des exigences de sécurité et de confidentialité des données personnelles de santé.

✓ l'interopérabilité des **contenus métiers**, qui permet le **traitement des données de santé** et leur **compréhension** par les systèmes d'information en s'appuyant sur un langage commun.

VII. Les terminologies en santé

L'Agence du Numérique en Santé, par l'intermédiaire de son Centre de Gestion des Terminologies de Santé (CGTS) est en charge de la définition, de la production, du maintien et de la publication de **Terminologies** sur lesquelles s'appuient les **systèmes d'information de santé**.

1. Caractéristique des classifications

▫ Le **lien sémantique** qui permet la catégorisation peut être un **lien d'affectation** (type *est-un*, par exemple, une rubéole est une maladie infectieuse) ou un **lien de partition** (type *fait-partie-de*, par exemple, le genou fait partie du membre inférieur).

▫ Une **classification monoaxiale** répartit en plusieurs classes disjointes l'ensemble des objets et revient à construire une hiérarchie de classes à partir d'une racine unique et commune. Les classes d'un niveau doivent couvrir l'ensemble du domaine de ce niveau (exhaustivité) sans se recouvrir (exclusivité) afin qu'un objet trouve une place et une seule.

→ Très difficile en pratique de répartir les objets du domaine selon un seul critère, ce qui a entraîné le développement de classifications multiaxiales.



▫ Les **classifications multiaxiales** ou à **facettes** sont modulaires et combinent des termes appartenant à des systèmes différents, eux-mêmes organisés de façon hiérarchique.

→ Ainsi, une sémantique de juxtaposition s'ajoute à la sémantique de catégorisation.

▫ Cependant, même la juxtaposition de termes ne suffit pas à exprimer la diversité des liens sémantiques existant entre les termes médicaux (relation de causalité, d'association, d'évolution, etc...).

▫ Aussi ces liens sont-ils explicités par des **connecteurs** (équivalents des groupes verbaux : est un, a, traite, est traité par, cause, est causé par, etc...) dans certaines classifications ou dans les langages artificiels.

▫ En outre, à côté des termes (les mots) et des connecteurs (les verbes), certains systèmes ajoutent des **modificateurs**, faisant fonction d'adjectif, venant préciser le degré de certitude, l'évolutivité ou l'intensité.

2. Les classifications

▫ CIM :

→ La **Classification Internationale des Maladies** (CIM ou ICD en anglais) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS ou WHO) a été originellement conçue pour coder les causes de décès dans une optique **épidémiologique**. Elle est maintenant également utilisée pour l'évaluation des soins médicaux et l'indexation des dossiers.

→ Il s'agit d'une classification **monoaxiale** avec 21 chapitres principaux (dont 17 concernent des maladies et 4 concernent les signes et résultats anormaux, les causes de traumatismes, d'empoisonnement ou de morbidité, l'état de santé et les facteurs de recours aux soins).

→ Les catégories de maladies sont définies en fonction d'un caractère commun qui peut être :

- ✓ **l'étiologie** (1 = Maladies infectieuses, lettres A et B)
- ✓ **la topographie** (9 = maladies de l'appareil circulatoire, lettre I)
- ✓ **la physiologie** (15 = Grossesse et accouchement, lettre O)
- ✓ **la pathologie** (II = Tumeurs).

→ La classification aboutit par subdivisions successives à un code à 3 caractères (une lettre correspondant au chapitre puis 2 chiffres) pour les maladies définies à un niveau général, décliné par l'ajout d'un quatrième chiffre (derrière un point) pour désigner les diagnostics précis et les formes cliniques ; le sous-code 9 désignant l'absence de précision (SAI = sans autre indication) et le sous-code 8 les autres formes non précédemment définies.

→ Dans certains cas, un cinquième chiffre a été rajouté afin d'améliorer la finesse de description. La CIM-10 a introduit la notion de troubles iatrogènes. Elle compte au total 80.000 termes.

→ La classification de l'OMS sert en France :

- ✓ **au codage des causes de décès** (codage des diagnostics inscrits sur le certificat de décès)
- ✓ **au regroupement des séjours hospitaliers en groupes homogènes de malades** (programme de médicalisation du système d'information ou PMSI) dont le but est l'analyse médico-économique de l'activité hospitalière.



▫ CCAM (=Classification Commune des Actes Médicaux) :

→ Les classifications des actes et des procédures sont plus variables car elles répondent à différents objectifs.

→ Le catalogue des actes médicaux par nature (CDAM puis désormais CCAM) a été préparé dans le cadre du PMSI afin de permettre le codage des actes effectués au cours d'un séjour hospitalier.

▫ SNOMED (Systematized Nomenclature of Medicine) :

→ Elle combine une nomenclature de plus de 200.000 termes et une classification **multiaxiale** comportant 11 axes dont : topographie, morphologie, étiologie, altération fonctionnelle, nosologie, actes médicaux.

→ Chaque axe est défini par une **lettre** (par exemple, T pour topographie, E pour étiologie) et organisé de façon **hiérarchique**, chaque élément étant associé à un code numérique à 4 ou 5 chiffres.

→ Ainsi un diagnostic est traduit par plus d'un élément signifiant. Par exemple, la juxtaposition : "T2856 (lobe supérieur du poumon gauche) / M4100 (inflammation) / F0300 (fièvre) / E2012 (pneumocoque)" correspond à la phrase "Pneumonie fébrile à pneumocoque du lobe supérieur gauche ».

→ L'ajout de connecteurs concernant notamment les liens de causalité permet de décrire un fait complexe en plusieurs phrases.

→ SNOMED est largement utilisé car **précis**, cependant ce modèle pose encore des problèmes : les termes des différents axes ne sont pas complètement indépendants entre eux, l'axe Maladie fait souvent double emploi, certains concepts peuvent apparaître dans plusieurs axes.

▫ MeSH (Medical Subject Hadings) :

→ Elle sert à indexer, cataloguer et retrouver des références de bibliographie dans le domaine de la Santé. Il a été conçu à la **National Library of Medicine** (NLM) aux Etats-Unis comme support de l'Index Medicus, répertoire des principales publications scientifiques, et est utilisé par les systèmes de recherche bibliographique Medlars et Medline.

→ MeSH est organisé en deux parties : une liste alphabétique de termes (lexique) et une structure multiaxiale.

→ Les 200.000 termes du lexique sont distribués selon 15 axes, allant de l'anatomie à la géographie.

→ Les termes équivalents sont rapportés à celui des 20.000 termes principaux (descripteurs) qui exprime le mieux le concept, termes auxquels sont associés un code alphanumérique.

→ Les **descripteurs** s'organisent selon une structure **hiérarchique**. Des **connecteurs** permettent des références explicites entre termes et expriment les relations de synonymie, de voisinage ou d'association tandis que des **qualificatifs** permettent de considérer les différentes facettes d'un concept (par exemple : tuberculose/traitement).

→ Ce système indexe actuellement plusieurs centaines de milliers de références et est mis à jour régulièrement pour suivre l'évolution des connaissances.



- La multiplicité des classifications répond à la diversité des informations à traduire. Mais parfois, pour représenter la même réalité, les acteurs de la santé utilisent différents systèmes de classification.
- Ainsi, pour indexer précisément les dossiers de ces patients en fonction des actes réalisés, un chirurgien utilisera une classification ou un système de mots clés spécifiques de sa spécialité, alors que le codage des actes dans le cadre du PMSI utilise la CCAM.
- Cette multiplicité perturbe la vision de l'activité quand elle ne dégrade pas l'information, notamment lors de la communication entre systèmes différents.
- Un **transcodage** est une « passerelle » entre deux classifications. La qualité de ces passerelles dépend du type et de la congruence des classifications ainsi reliées. Par exemple le transcodage de CIM9 en SNOMED ne permet pas toujours une transcription explicite des concepts en raison de la différence de structuration des deux systèmes. Les transcodages exposent ainsi souvent à une perte d'information mais, dans certaines situations, ils sont impossibles.

Et voilà, c'est terminé pour ce cours assez dense. Si t'es arrivé jusqu'au bout, félicitations à toi t'es un champion !

C'était ma dernière fiche du semestre (et de l'année, snif).

Petit clap de fin : J'espère que tout ce qu'on vous a fourni ce semestre (fiches, DM...) vous aura été utile. J'ai été ravie d'être une de vos tutrices de ces deux matières pas si simples. En espérant qu'on est un peu embellie ces matières.

Petit message d'encouragement : Vous êtes monstrueux d'avoir été jusqu'ici dans le semestre. Vraiment vous avez une capacité de travail et une charge mentale dont vous n'estimez pas assez. Alors que tu sois primant, doublant, voire triplant (force à vous), je vous souhaite énormément de courage pour ces derniers jours du S1. C'est le moment de vous surpasser jusqu'au bout, c'est maintenant que tout se joue. Après vous serez libérés et vous allez voir le S2 est tellement cool. Alors donnez tout vous n'allez pas le regretter. Je vous aime fort et hâte de vous voir en p2 !!!