Université de Reims Champagne-Ardenne – Laboratoire CReSTIC

THÈSE

Pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE

Discipline : Informatique

Présentée et soutenue publiquement le 05/12/2007

par

Patrice Tatsos

Utilisation d'une ontologie différentielle pour l'élaboration de licences d'exploitation de contenus numériques

du formalisme à la transparence cognitive

Composition du Jury

Président	: Herman Akdag (Université de Reims)
Rapporteurs	: Harald Wertz (Université Paris VIII)
	: Ioannis Kanellos (ENST, Brest)
Examinateurs	: Danièle Bourcier (Université Paris II, CERSA)
	: Bruno Bachimont (Université Technologique de Compiègne)
	: Alain Bonardi (Université Paris VIII)
Directeur	: Francis Rousseaux (Université de Reims)

Remerciements

Consacrer un temps de son existence à un engagement, c'est naturellement partager ce temps avec des personnes qui nous aident, nous guident, nous soutiennent, nous informent…La difficile page des remerciements ne peut exprimer par les mots la reconnaissance que l'on porte à ceux qui furent présents, quelle que soit cette forme. Voici les protagonistes qui entrèrent dans mon champ temporel et à qui je dois et devrais peut-être encore quelque chose dans bien des années :

Francis, comment remercier celui qui me poussa à entreprendre cette démarche personnelle un peu osée n'étant plus étudiant depuis longtemps, celui qui m'aida à trouver un contrat pour que je puisse travailler suivant les règles. Je te suis reconnaissant et j'espère que nous échangerons encore de nombreuses années pour parler de musique, d'art et d'informatique. (Francis Rousseaux, professeur d'informatique à Reims et directeur de ma thèse).

Bruno, comment remercier celui qui me guida au moment ou le doute s'installa. Merci du fond du cœur de m'avoir aidé en collaboration avec Francis. (Bruno Bachimont, directeur scientifique UTC, INA).

Merci à toi Nadia, ma plus proche collègue sur le projet qui répondit à toutes mes questions avec une grande célérité. Nous avons partagé de nombreux moments agréables ensemble. (Nadia Nadah, doctorante UTC).

Un grand merci à Mélanie qui est la première à soutenir sa thèse et sans qui je ne serai peut être pas dans ce projet. (Mélanie Dulong de Rosnay, Paris II, CERSA)

Merci à Marie-Christine Jaulent de m'avoir accueilli quelque temps dans son laboratoire, au SPIM (INSERM).

Merci à Dominique Boullier également de m'avoir accueilli quelques semaines dans son laboratoire du LUTIN à la Villette.

Merci à Danièle Bourcier pour les bons moments passés ensemble, à ton soutien.

Merci à Michel Authier, directeur scientifique de la société Trivium, de m'avoir accordé toujours du temps pour parler de connaissance, de cartographie, de philosophie.

Merci à la société Medialive de m'avoir accueilli pour travailler dans ses locaux.

Enfin, merci à mes proches d'avoir accepté mes absences, et de m'avoir encouragé à aller jusqu'au bout d'une aventure singulière. Merci à mes correctrices Émilie, Colette et Maryline.

Informations

Ce document est accompagné de ressources documentaires sur un DVD ci-joint, pour illustrer certaines parties qui n'ont pas forcément de rapport avec l'informatique proprement dit, mais qui donne plus de réalité aux propos tenus.

Signification des pictogrammes dans la marge de ce document.

Ressource Vidéo numéro 2 sur le DVD

Ressource Documentaire numéro 7 sur le DVD (images, texte etc)

Lancer index.html à la racine du DVD pour lancer l'application afin de consulter les documents. Le Player Flash est obligatoire pour la restitution des vidéos.

Cette thèse est au format PDF sur le DVD ci-joint, en page d'accueil.

Ce document est écrit avec les polices suivantes :

- G*aramond* pour le préambule,
- *Futura Bk bt* pour les titres,
- *Gill sans* pour le corps.

Contact : patrice.tatsos@gmail.com

Caroline est arrivée à sa galerie d'art qu'elle anime avec fierté depuis 12 ans, et vient d'ouvrir sa session sur le RéZo[1], il est midi. Elle s'est identifiée à l'aide d'une goutte de sueur ce matin, il fait déjà 28° à l'ombre et la climatisation de sa voiture est encore en panne. Les voitures sont bien moins fiables désormais que les systèmes informatisés constate-t-elle. Aujourd'hui, Caroline doit rédiger un carton d'invitation virtuel qui sera transmis par tous les canaux de communications, bien entendu par le RéZo, mais aussi sur tous les systèmes mobiles qui servent de prothèse aux humains pour rester connectés. Ce carton d'invitation reste fidèle aux cartons imprimés jadis, sobre, et conserve la même mise en page. C'est le vernissage d'une vieille dame désormais connue qui résiste aux sirènes des arts virtuels pour se consacrer uniquement aux techniques mixtes de la peinture à l'ancienne, perpétuant des traditions révolues et figurant encore sur le canevas des bribes du réel qu'elle digère. Caroline doit préparer ce carton d'invitation, oui le mot est resté malgré une technophilie plus présente chaque jour, faisant désormais ami avec le terme vernissage.

Après s'être identifiée, Caroline démarre une session Logicielle sous contrat qu'elle acquitte chaque mois. Elle doit composer son carton avec plusieurs médias qu'elle connaît bien, elle était elle-même artiste virtuel avant de tout abandonner pour se consacrer aux talents des autres. Caroline sait ce qu'elle va faire, elle a dessiné à la main un petit plan lui permettant de s'y retrouver et puis c'est toujours un peu pareil.

Sur la première page :

En haut, le nom de l'artiste uniquement,

Ensuite, une photo d'une de ses œuvres,

Puis, le titre de l'œuvre,

Sur la deuxième page :

En haut, le titre de l'événement,

Ensuite, la critique d'un auteur qu'elle affectionne, parlant du travail de Marie Cassin,

Puis un lien vers une vidéo qu'un de ces amis a bien voulu enregistrer sur le travail de Marie Cassin,

En bas, les dates et horaires d'ouvertures,

Sur la troisième page :

Plans détaillés pour rejoindre à la galerie.

---

[1] Nom donné à l'ancien réseau Internet à partir de 2017

Caroline se met devant son écran et commence son carton :

Elle saisit le titre en indiquant le nom de l'artiste. Pour ajouter un visuel représentant un des tableaux, elle doit se connecter sur l'espace virtuel de l'artiste, pour télécharger une de ses photos. Comme Caroline le sait bien, elle ne pourra pas télécharger si facilement. Le système va lui demander un code d'autorisation lui accordant les droits nécessaires pour cette utilisation. Caroline entre le code donné par l'artiste qui lui confère un droit limité pour exploiter l'image enregistrée. Elle ne pourra pas l'utiliser en dehors de son application déclarée sur le réseau. Les droits accordés, l'artiste sera prévenue que Caroline vient de télécharger une fois la photo du tableau intitulé « Vent ou océan céleste ». Les photos sont protégées par différentes techniques de marquage et sont repérables automatiquement sur le RéZo par les agents implantés dans les nœuds du RéZo, dédiés à la surveillance des droits, des sortes de justiciers virtuels qui écrivent des rapports en langage naturel aux propriétaires. Les agents sont désormais arrivés à maturité pour ce type de surveillance, mais il reste encore quelques failles. Pourtant les systèmes basés à composante d'incertitude ont encore du mal à détecter les leurres des pirates. En dessous de la photo elle saisit le titre de l'œuvre.

Caroline continue sa mise en page, elle doit désormais indiquer l'événement et copier le texte d'un auteur qu'elle affectionne. Si elle le dictait elle-même vocalement, elle risquerait d'être détectée par les agents de surveillance du RéZo et prendrait alors le risque de recevoir une amende automatisée à défaut d'entrer un code d'autorisation valide. Elle décide de se connecter sur l'espace virtuel de l'auteur. Elle trouve l'extrait qu'elle recherche, et tente de faire un copier/coller de l'extrait. Hélas, le nombre de lignes qu'elle souhaite copier étant trop important, l'interface lui envoie automatiquement un contrat de citation qui lui permettra de choisir entre plusieurs scénarios. Elle peste contre le système qui va lui demander encore quelque argent pour citer quelques phrases, c'est tout de même un peu exagéré pense-t-elle, bien que la somme demandée soit dérisoire. Elle souscrit quand même à un contrat minimal, pensant que l'amende serait beaucoup plus élevée.

Puis elle doit insérer un lien vers une vidéo prise par un ami. Elle se connecte sur l'espace virtuel de son ami, entre le code. Là, pas de problème, son ami lui a cédé tous les droits, elle peut faire ce qu'elle veut. En bas de la deuxième page elle finira par inscrire toutes les informations nécessaires concernant l'exposition.

Enfin le plan. Caroline peut insérer un plan pour aider les amateurs d'art à rejoindre la galerie, tous les sites proposent ce service. Elle peut accepter dans sa formule gratuite cette insertion, mais elle doit accepter des publicités qu'elle trouve indignes, ou choisir un service payant mais elle ne souhaite pas s'engager dans d'autres dépenses. Elle décide de faire une photo de l'écran avec un appareil photo numérique, puis transfert la photo, l'édite, et l'insère dans son carton, « basta » pense-t-elle. Cette ruse, tout le monde l'emploie depuis longtemps, car cela permet de biaiser le système qui est tellement tatillon parfois, ne tolérant aucun écart sur le reversement des droits aux

auteurs. Les systèmes de reconnaissance d'images fonctionnent encore mal pour identifier exactement la source ou l'origine du média, donc tout le monde profite encore de cet espace de liberté. Bien que Caroline trouve cela normal de payer des droits, elle décide de transgresser…même si elle s'occupe des artistes comme elle le dit, elle pense que ce n'est pas si frauduleux face aux contraintes du système peu permissif. Cette mauvaise pensée n'a pas duré bien longtemps, et elle sauvegarde son carton dans son espace virtuel. Caroline ne semble ignorer que son appareil photo signera numériquement toutes les photos et qu'il sera facile de l'identifier.

A son tour elle saisit les droits de diffusion de son travail, elle décide alors d'une libre diffusion et utilisation de son carton virtuel d'invitation. De toute manière, les droits des médias sont hérités automatiquement et tout écart d'utilisation par une autre personne sera repéré par le RéZo.

Il sera envoyé automatiquement à tout son carnet d'adresse et par tous les canaux de distribution dans une heure…

Caroline ferme sa session, et retourne à son métier de galeriste…

Le carton d'invitation

MARIE **CASSIN**

Vent ou océan céleste

La galerie Neel à le plaisir de vous convier au vernissage des nouvelles œuvres de **Marie Cassin**
le jeudi 27 septembre 2035 à 18h30

« Résumer le travail de Marie Cassin en une simple formulation serait une gageure. Cent fois remis sur l'ouvrage, le réel inspire l'artiste pour devenir une réalité toujours en mutation. Tromperie, ou duperie de nos sens, peu importe. Ce qui importe est ce qui se présente et se construit en nous, se transforme avant d'être digéré. Le travail de Marie Cassin n'est pas une simple reformulation picturale voire graphique d'une réalité vécue, mais une réorganisation sensible du réel qui se retransforme en réalité tangible. Ce qu'elle nous fait percevoir au travers de son œuvre pousse notre expérience sur des terres inconnues jusqu'à la surprise ou l'apaisement et mêle délicatement à ses réalisations une poétique qui ajoute au sens des émotions inénarrables.

Le réel est alors perçu d'un autre point de vue, celui d'une artiste qui associe la simplicité des formes à la force de leur simplicité. Ne concédant rien sur ses choix, elle isole les objets du réel pour en construire de nouveau en nous, décrivant ainsi des objets délaissés qui nous paraissent si familiers, et pourtant qui remplissent nos vies et nous donnent du sens. Elle semble vouloir nous dire alors « Regardez-les » et semble poursuivre en nous démontrant que la quiétude se trouve toujours à notre portée, faisant ainsi une route artistique originale et bien différente des modes. Pour magnifier cette réorganisation sensible, elle accentue et théâtralise l'espace pour mieux capturer notre attention. Les galets, par exemple, prennent une dimension inconnue jusqu'alors, car ils attirent et concentrent notre attention qui se lisse sur leurs courbes parfaites. L'objet symbolique signifié se voit reconstruit sur cette théâtralité qui prend corps dans le fond de ses toiles ou elle joue de nos perceptions pour les brouiller, ajout de drame, de ratures, d'accidents, de bruits, d'éclaboussures, d'objets satellitaires, réalisant ainsi une capture visuelle et émotionnelle qui nous échappe et nous attire. Tout est là pour nous faire perdre le sens commun au travers de ces oppositions, dont l'équilibre précaire se joue à un presque rien.

Marie Cassin est une artiste chercheuse obstinée dont le travail obsessionnel donne au monde les variations infinies de ce qui nous entoure et nous nourrit. Son travail engendre en nous la réappropriation des objets du monde, nous évitant ainsi la lassitude, le dédain et l'oubli et pour que ces objets trouvent en nos mémoires une place jamais allouée qui suggère beauté et plénitude. »

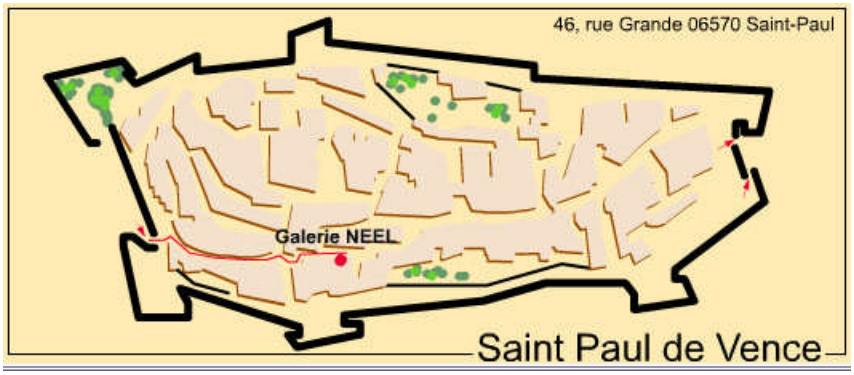
Patrice Tatsos

Pour en savoir plus en vidéo : http://www.galerieneel.com/mariecassin/

Exposition du 27 septembre au 23 octobre 2037
Galerie Neel, 46 rue grande, 06570 Saint Paul de Vence
Horaires : Mardi au samedi de 12h à 20h

PLAN D'ACCES

Vence
La Gaude
Lingostiere
Saint-Isidore
Saint-Paul
La Colle-sur-Loup
P.A. Saint-Laurent
Sainte-Marguerite
Saint-Laurent-du-Var
Cagnes-sur-Mer
Villeneuve-Loubet
Cros-de-Cagnes
Cap 3000
A8-E80
D6098


46, rue Grande 06570 Saint-Paul
Galerie NEEL
Saint Paul de Vence

Postscriptum

Caroline utilise son système sans comprendre ce qu'il a fallu comme théories et imaginations aux hommes pour en arriver à l'assister complètement dans une tâche du quotidien. Elle se doute bien entendu des progrès incroyables que le monde à engendré, mais cela la dépasse. Caroline pense, à juste titre, que l'informatique c'est moins compliqué qu'avant, mais plus sécurisé, et l'espace de liberté qu'elle avait connu a disparu au profit d'une régulation plus juste des productions intellectuelles. Les supports inertes sur lesquels ont pouvait s'échanger des contenus ont disparus depuis longtemps pour laisser place au RéZo qui régule tous les échanges immatériels de la planète. Le RéZo est désormais invisible, puisqu'il n'existe plus de connexion physique privée pour se connecter, il est partout et connectable de partout grâce au maillage des bornes terrestres qui ont inondées la planète.

Cette intelligence collective et partagée devait bien un jour se réguler pour trouver son point d'équilibre, ce qui fut fait dix ans plus tôt. Il s'agissait bien de préserver chacun du pillage, du piratage, qui étaient vécus comme un vrai fléau et aussi de garantir un équilibre économique aux créateurs quels qu'ils soient, il s'agissait de réguler. Ce n'est pas parce que le rapport des êtres humains aux objets dématérialisés avait institué un effacement de la valeur qu'il fallait être fataliste sur cette tentative de réappropriation. La liberté n'a pas été sacrifiée au nom du Droit, mais le Droit a su donner assez de liberté pour trouver une justesse dans l'échange des contenus pour éduquer une population. Le RéZo a donc pu se développer au delà de toute espérance et assiste désormais les hommes dans bien des tâches comme de communiquer, de piloter, de télécharger, de visionner, d'actionner, de prévoir, de déduire, de conseiller, d'autoriser, etc, de penser presque comme un Homme.

Galerie Neel, Saint Paul de Vence, France, 2037

Extrait de l'article : « Un jour à la galerie Neel », paru dans Nice-Matin, 13 septembre 2037, chronique « Culture ».

Table des matières

INTRODUCTION 23

Chapitre I : INTENTIONS 33

1. Introduction 35
2. La protection des droits d'auteur 36
   2.1. Court historique sur la naissance de la protection des contenus numériques 36
3. DRM 40
   3.1. Qu'est-ce qu'une DRM 40
   3.2. Acteurs 46
   3.3. Les éléments constitutifs d'une DRM 48
   3.4. Langage d'expression des droits - REL 52
   3.5. Les serveurs de contenus - DAM 67
   3.6. Gestion de la validation des droits - DRE 68
   3.7. Interopérabilité des DRM 86
4. Mise en œuvre et pratiques 88
   4.1. Ventes en ligne 88
   4.2. Utilisation des contenus achetés en ligne 95
5. Formalisation du problème 98

Chapitre II : REFLEXIONS 99

1. Introduction 101
2. Structures 103
   2.1. Naissance d'un paradigme 103
   2.2. Le paradigme de structure transposé dans les STIC 112
      2.2.1. Structures internes, structures externes 113
      2.2.2. Caractéristiques d'une structure informatique 116
3. Transparence cognitive 137

3.1. Qu'entend-on par transparence cognitive ? 137
3.2. Passer du formalisme à la représentation visuelle 138
3.2.1. Du formel au visuel : spatialiser 140
3.3. Empirismes et transparence cognitive 144
3.3.1. Ergonomie 144
3.3.2. Méthodologies ou empirismes cachés 145
3.4. Visualiser 151
3.4.1. Catégories et variables 151
3.4.2. Structures et relations 165
3.4.3. Concepts 181
3.4.4. Vision et analyse 191
3.5. Conclusion 193

Chapitre III : SOLUTIONS 195

1. Introduction 197
2. Ontologie, dialogue et traduction 199
2.1. Ontologie comme formalisme 199
2.2. Passer à une idée de dialogue 204
2.3. Construire le dialogue avec l'utilisateur 206
2.4. Programme Java : OWL et les API Jena (HP) 217
2.5. Spatialiser le dialogue 222
2.6. De la saisie à la licence cible 230
2.7. Traduction des licences vers le REL cible 237
2.8. Synthèses 240
2.8.1. Transformation des structures 240
2.8.2. Évaluation de la solution 242
2.8.3. Limites des REL cibles et transparence 244
2.8.4. Nouvel REL 248
3. Conclusion 249

Chapitre IV : DISCUSSIONS..... 251

1. A propos des discussions.....253

1.1. La transparence cognitive est-elle atteignable ?.....253

1.2. Implicites ou explicites.....255

1.3. Éléments et relations.....256

1.4. Au-delà de la rustine appelée DRM.....257

1.5. Non traités, mais pas oubliés.....258

CONCLUSION..... 261

BIBLIOGRAPHIE.....265

ANNEXE.....279

Table des illustrations

Figure 1 - Schéma général du processus de création des licences....30

Figure 2 - Trancopyright....37

Figure 3 - Licence globale optionnelle....43

Figure 4 - Le positionnement des acteurs majeurs des DRM par Plateforme d'accueil....45

Figure 5 - Les principaux fournisseurs de DRM....47

Figure 6 - Architecture DRM simplifiée....49

Figure 7 - Architecture DRM, Ianella 2001....51

Figure 8 - Principaux regroupements autour des REL....56

Figure 9 – Modèle de données XrML....58

Figure 10 – Licence XrML....59

Figure 11 - MPEG21 Part 5, REL Data Model....59

Figure 12 - Structure du langage XrML....60

Figure 13 - Structure du langage XrML (ajout d'extension)....61

Figure 14 - Synthèse des entités conceptuelles pour XrML et ODRL....65

Figure 15 - ODRL V2, 2005....66

Figure 16 - Cycle de vie de la DRM (source : Australian Government)....68

Figure 17 - Contrôle des permissions (Source ODRL)....69

Figure 18 - Principaux logiciels de Watermarking....76

Figure 19 - Gestion des clés dans un algorithme asymétrique....79

Figure 20 - Schéma général du fonctionnement de la solution Medialive....81

Figure 21 - Medialive : Luring process....82

Figure 22 - Medialive : reconstruction du contenu....84

Figure 23 - Medialive : comparaison des solutions du marché....85

Figure 24 - Lecteurs compatibles WMA....96

Figure 25 - Les communications visuelles chez le macaque. Ce diagramme illustre la complexité structurelle du système visuel. Adapté des travaux de Distler *et al.* 1993 105

Figure 26 – Création et propagation d'une structure 119
Figure 27 - Transformation d'une structure 124
Figure 28 - Morphisme simple 132
Figure 29 - Morphismes pluriels 132
Figure 30 - Rapport des relations 142
Figure 31 – Spatialisation d'une relation implicite/explicite 142
Figure 32 - Exemple ontologie des licences 143
Figure 33 - Ontologie > Licence dans Protégé 143
Figure 34 - J. Bertin, signification des signes 153
Figure 35 - Carte conceptuelle des liens pour une idée de la visualisation d'informations 156
Figure 36 - Niveau des variables visuelles 158
Figure 37 - Illustration du degré d'iconicité d' Abraham A. Moles 160
Figure 38 - Iconicités : Tableau d'Abraham A. Moles 161
Figure 39 - Les communications téléphoniques en 1995 167
Figure 40 - Construction du Treemaps 174
Figure 41 - Concepts Intension/Extensions 185
Figure 42 - Exemple d'image pour illustrer le "Change Blindness" 192
Figure 43 - Schéma général du processus de construction des licences 198
Figure 44 - Représentation du formalisme ontologique (horizontale) 200
Figure 45 - Représentation du formalisme ontologique (verticale) 201
Figure 46 - Représentation graphique dans Protégé 202
Figure 47 - Représentation du formalisme ontologique (relations sémantiques) 203
Figure 48 - rdfs:comment dans Protégé pour les ObjectProperties 209
Figure 49 - Les relations ne possèdent pas d'entité Thing 210
Figure 50 – Lecture des relations intriquées 211
Figure 51 - DataType Property dans Protégé 212
Figure 52 – Spatialisation 213
Figure 53 - Spatialisation d'une relation intriquée avant simplification 213
Figure 54 - Spatialisation d'une relation intriquée après simplification 213

Figure 55 - Exemple de RDFS comment pour le concept "Print" 216
Figure 56 - Récapitulatif des Propriétés 219
Figure 57 – Description du fichier pour la spatialisation 221
Figure 58 - Relations dans les conceptions 223
Figure 59 - Mise en œuvre d'un cloisonnement visuel (fonds) 226
Figure 60 - Indentation avec saut par niveau de concepts 227
Figure 61 - Perspective wall (distorsion) 228
Figure 62 - Spatialisation des concepts par indentation 229
Figure 63 - Equivalence des termes entre ontologie et REL cible 230
Figure 64 - Table de correspondance ODRL XrML 231
Figure 65 - Conflit terminologique ontologie > XrML 233
Figure 66 - Les concepts définissant un terme 233
Figure 67 - Scrolling pour la création d'une licence 234
Figure 68 - Vues XrML et ODRL 236
Figure 69 - Architecture du niveau d'information 245

INTRODUCTION

Le projet Medialex

Prise de vue du projet Medialex

Définition

Le projet Medialex est un projet RIAM (*réseau pour la Recherche et l'Innovation en Audiovisuel et Multimédia*) 2005-2008 dont l'axe principal de recherche concerne la protection des droits d'auteur pour les œuvres numérisées, ou encore des œuvres originales[2] pouvant être dématérialisées et ensuite diffusées et reproduites sur des dispositifs capables de les restituer tout en contrôlant les droits afférents à cette reproduction. On parlera alors de contenu numérique pour désigner tout type d'œuvre devant faire l'objet d'une protection, et on ne se limitera pas aux œuvres originales telles que musicales ou audiovisuelles, mais on laissera la possibilité de protéger tout type d'information pouvant être transmise par tous les canaux de distribution existants (support physique CD, DVD ou réseau filaire, satellite, infrarouge, etc). L'essentiel n'est pas de savoir comment les contenus sont transmis, mais comment nous pouvons les protéger efficacement contre le piratage, et comment contrôler leur utilisation. Dans sa définition première, le projet peut s'adresser uniquement aux œuvres audiovisuelles, mais son extension à tout type de contenu évite de limiter le champ de recherche. Par ailleurs on ne préjuge pas des personnes qui utiliseront ces possibilités de protection laissant ainsi une ouverture de la protection, à l'image des propositions concrètes de Creative Commons[3].

Contenus numérisés

Pour comprendre ce qui motive cette recherche, revenons sur le contexte économique qui a engendré un problème réel pour les industries culturelles.

Les industries culturelles, appelées aussi Majors, sont les pourvoyeurs d'une culture dématérialisée dont la distribution était anciennement fixée sur des supports physiques tels que disque vinyle, cassette audio, CD ou encore plus récemment sur DVD. La première grande révolution des réseaux connue par le grand public s'appelle Internet et permet au Majors d'y distribuer des contenus en s'affranchissant du support, mais surtout, permet d'y entrer en interaction avec le consommateur. Récemment, le développement du téléphone portable a modifié une nouvelle fois les modes de distribution pour ouvrir un nouveau canal sur les réseaux hauts débits UMTS (*Universel Mobile Télécommunications System*) (128 à 384 Kbs).

[2] Au sens juridique du terme

[3] Creative Commons propose gratuitement des contrats flexibles de droit d'auteur : http://fr.creativecommons.org/

Ces nouveaux réseaux dédiés aux téléphones portables font l'objet de la plus grande attention puisqu'ils représentent aujourd'hui le plus grand nombre de connectés sur terre, soit plus de 2,1 milliards de téléphones portables (abonnés)[4]. Les industries culturelles ont donc à leur disposition un ensemble de canaux de distribution qui ouvre de nouvelles perspectives pour vendre leur catalogue. Ces modes de distribution tendent à modifier à la fois les pratiques des industries culturelles mais aussi les habitudes de consommation de chacun. Les canaux de distribution étant plus nombreux, l'accessibilité aux catalogues en est donc facilitée, et il devient aisé de se procurer l'œuvre que l'on recherche.

Historiquement, la dématérialisation des contenus est le fruit d'une évolution technologique issue de la recherche optique datant des années 50 menée par Philips. La codification binaire sonna le glas des technologies analogiques et ouvrit en même temps des possibilités inégalées pour la gestion de ces contenus numérisés. Il fallut attendre les années 90 pour voir arriver sur le marché les premiers graveurs de Cédérom, et ainsi offrir une possibilité inattendue : copier les disques compacts. Les réseaux ont aujourd'hui banalisé le piratage[5], et les logiciels de copie et d'échange de fichiers informatique sont si simples d'utilisation, permettant à n'importe quel novice peut les utiliser. Les industries culturelles ont mis en place des réponses plus ou moins bien adaptées au piratage en implantant des mesures de protection technique sur les supports physiques, par exemple pour éviter la copie. Le problème de fond est alors la copie illimitée à l'identique d'un contenu numérique, tel qu'un CD ou un DVD. La copie est devenue facile car la protection ne faisait pas partie du cahier des charges lors de la conception, et nous rappelle que la sécurité informatique fut également ajoutée aux systèmes informatiques après leurs conceptions.

Pour palier le problème du piratage des contenus, les industries culturelles se sont dotées de moyens de protections pour protéger leurs œuvres pour tenter d'endiguer le phénomène. Ces protections sont regroupées sous le terme de DRM (*Digital Rights Management*) que nous détaillerons en détail au chapitre I.

Utilisation et protection des contenus

Différentes moyens peuvent être déployés pour contrôler l'utilisation des contenus numériques.

On distingue alors 2 niveaux de protections :

[4] Source Telecom Paper : http://www.telecom.paper.nl/ 2006

[5] Le terme « piratage » est préféré au terme « contrefaçon », car il qualifie mieux les actions de copie et d'échange pout tout type de contenu

1. **Les mesures de protections techniques** qui regroupent l'ensemble des solutions pour protéger le contenu du piratage. Ces mesures sont nombreuses, mais les plus répandues sont les techniques de cryptographie et les techniques de watermarking.
2. **La gestion numérique des droits** qui permet aux ayants droit d'émettre un contrat d'utilisation et de le faire respecter.

La gestion numérique des droits est aujourd'hui la clé pour fédérer l'ensemble des mesures de protection technique, car elle établit le pont entre la protection inscrite en amont sur les supports ou dans les réseaux, et les dispositifs de restitutions qu'ils soient électroniques ou informatiques. On voit alors qu'il existe 3 grands pôles concernés par la protection qui devront être reliés :

1. Les supports physiques comme le CD, DCD, carte mémoire, etc,
2. Les réseaux Internet, téléphonique, satellite, etc,
3. L'électronique capable de restituer les contenus, ordinateurs, lecteurs audio portables, etc.

Le projet Medialex s'occupe de la gestion numérique des droits qui consiste à établir 2 grands principes :

1. Être capable d'émettre des licences d'utilisation des contenus, ou plus précisément émettre des contrats dans un formalisme standard du marché,
2. Transmettre les informations nécessaires à l'utilisateur tout au long de la chaîne de propagation des contenus pour une transparence des contrats.

Les contenus échangés ne sont pas seulement des données binaires qui seront reproduites par un dispositif adapté, mais sont aussi des contenus qui doivent posséder des caractéristiques économiques et juridiques. A chaque contenu est donc rattaché une sémantique qui devra exprimer les caractéristiques de l'œuvre, comme par exemple la désignation de l'auteur, la durée l'œuvre, etc, mais aussi des termes contractuels comme la permission de jouer l'œuvre de manière indéfinie ou définie dans le temps, par exemple, sur quel dispositif, etc. Nous avons donc des d'informations attenantes à l'œuvre et qui doivent être propagées simultanément. Mais ce n'est pas tant le fait de les propager qui en est l'enjeu, c'est le fait de les rendre intelligibles à l'utilisateur des contenus.

Ontologie

Le projet Medialex s'appuie sur une ontologie différentielle comme moyen de représentation de la connaissance, comme référentiel de concepts. L'ontologie sert à représenter le domaine des contrats dans le périmètre de la PLA (Propriété Littéraire et Artistique) mais aussi, sert de modèle d'action pour la génération des licences. Nous verrons son rôle central et le rôle que joue sa double fonction.

Partenaires et rôles

Le projet Medialex est un projet transdisciplinaire qui regroupe 3 universités et un partenaire industriel.

UTC (Université Technologique de Compiègne) - Heudiasyc (HEUristique et DIAgnostic des SYstèmes Complexes) est une unité mixte de recherche du CNRS (UMR 6599) et de l'Université de Technologie de Compiègne. Heudiasyc, unité rattachée au département Stic du CNRS, mène des recherches en automatique, robotique, analyse de données et ingénierie des connaissances.

L'UTC s'occupe de la représentation des connaissances et plus particulièrement de l'ontologie appliquée au domaine de la PLA.

CERSA

Le Groupe Informatique, Droit, Linguistique du Centre d'Etude et de Recherche en Science Administrative est le seul groupe de recherche du CNRS qui s'est spécialisé dans le traitement linguistique des textes juridiques et dans la modélisation du raisonnement juridique et des connaissances : systèmes à base de connaissances, réseaux de neurones, systèmes à base de cas.

Le CERSA s'occupe de valider la partie juridique du projet, plus particulièrement avec l'UTC.

CRéSTIC

Le Centre de Recherche en Science et technologie de l'Information et de la communication (EA 3804) regroupe les enseignants-chercheurs en informatique de l'Université de Reims Champagne-Ardenne. Ses chercheurs sont spécialistes de domaine de l'Intelligence Artificielle, le Traitement des Images, la Reconnaissance des Formes, la Synthèse 3D, l'Animation-Simulation, les Réseaux et Systèmes.

Le CRéSTIC s'occupe de l'exploitation de l'ontologie différentielle et travaille plus particulièrement avec l'UTC.

Medialive

Société industrielle spécialisée dans la protection des contenus numériques. www.medialive.fr

Medialive apporte son expertise technique.

Requalification du projet

En septembre 2006 le projet Medialex a été requalifié pour s'adapter aux nouvelles contraintes du marché et aux besoins de la société Medialive et se définit comme suit :

Lorsqu'un détenteur de droit souhaite émettre des droits d'utilisation de ses contenus, il est obligé d'émettre autant de licences d'utilisation que de langages d'expression des droits existants sur le marché. En effet, chaque langage peut être défini comme propriétaire, même si ces langages sont l'objet de résultats de développement émanant de consortiums internationaux. Afin de ne pas recréer un autre langage d'expression des droits pour la création des licences d'utilisation des contenus numériques, il a été choisi d'utiliser les langages du marché. Le projet doit donc s'adapter aux standards de fait. En revanche le projet Medialex propose de créer une ontologie qui décrit le domaine pour qu'elle soit suffisamment générique pour traduire cette connaissance vers tous les langages d'expression des droits du marché. Cet objectif induit de posséder une bonne connaissance des contrats, à savoir les règles juridiques, mais également une bonne connaissance des autres langages d'expression des droits dont les structures ne sont pas identiques et changent en fonction des droits que l'on accorde.

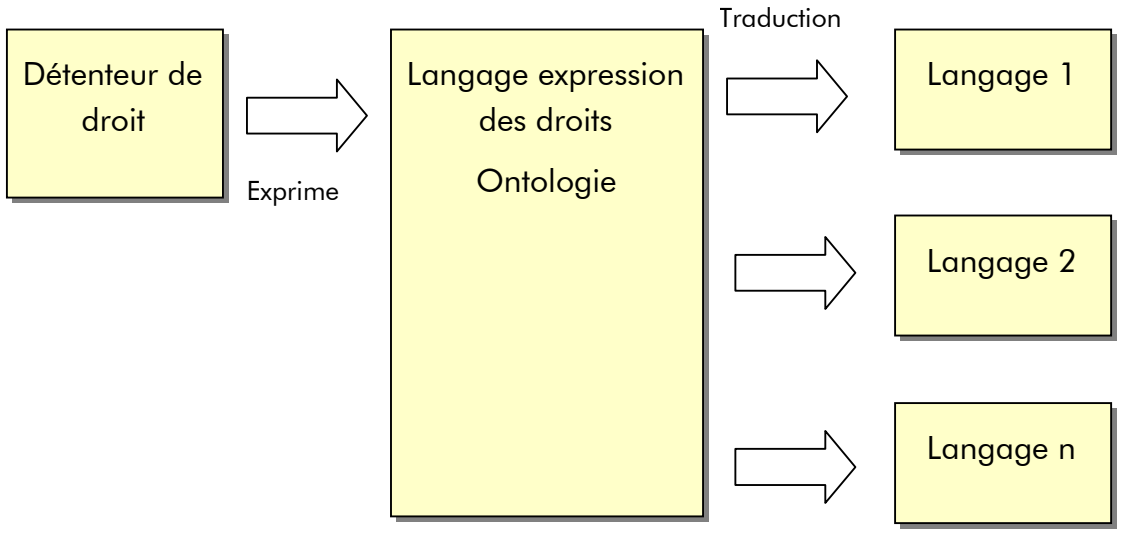


Figure 1 - Schéma général du processus de création des licences

Périmètre de cette thèse

Le projet Medialex s'occupe de la génération des licences d'utilisation des contenus numériques en proposant une traduction automatique à partir d'une ontologie vers les langages d'expression des droits du marché. Le caractère multidisciplinaire du projet à pour conséquence une répartition des thèmes de recherche qui se subdivisent en 3 grands axes de recherche :

- La première partie du projet concerne l'aspect juridique. Elle est confiée au Cersa, et ne sera pas abordée dans ce document. Pour plus de précisions sur la partie juridique, lire la thèse de Mélanie Dulong de Rosnay, CERSA, 2007.
- La deuxième partie du projet concerne la construction d'une ontologie du droit. Cet aspect sera abordé dans ce document car l'ontologie sert de base au présent travail sur la transparence cognitive. Ce travail fera l'objet d'une thèse de Nadia Nadah, UTC, 2008.
- La troisième partie du projet concerne l'exploitation de l'ontologie pour la création des licences vers les différents langages d'expression des droits que nous détaillerons dans les chapitres suivants. Il s'agira alors de construire un dialogue utilisateur et à la fois de créer les licences d'utilisation. Cette partie correspond au périmètre de cette thèse. Nous n'aborderons pas ici les ontologies, seulement ce qui nous semblera nécessaire à la compréhension pour étayer l'argumentaire développé.

Les chapitres suivants sont organisés comme suit :

Chapitre I : **INTENTIONS**
Le premier chapitre traite de la partie métier du projet. Nous aborderons les notions fondamentales à la compréhension du monde des DRM et poserons le problème auquel nous sommes confrontés.

Chapitre II : **REFLEXIONS**
Sous l'angle de la transparence cognitive, on étudiera les outils conceptuels à mettre en place pour la mise en œuvre des solutions.

Chapitre III : **SOLUTIONS**
On détaillera les solutions retenue pour le projet Medialex, et on critiquera les prises de positions adoptées.

Chapitre IV : **DISCUSSIONS**
Ce chapitre discute des points qui n'ont pas trouvé de solution aujourd'hui, et qui n'ont pas pu faute de temps, être étudiés ou mis en place.

Chapitre V : **CONCLUSION**

Chapitre 1 : INTENTIONS

Le monde des DRMS

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons décrire en détail les principes de la protection des contenus numériques ainsi que les principes de génération des licences, le tout étant regroupé sous le sigle de DRM /DRMS (*Digital Rights Management/ System*) ou en français, GND (*Gestion Numérique des Droits*). Pour comprendre la création de tels dispositifs, il faut revenir sur leur histoire et leur évolution. Mais l'histoire n'a pas forcement raison au regard des solutions existantes qui mêlent différentes technologies propriétaires et rendent complexes les utilisations, le tout étant bien entendu à la charge de l'utilisateur qui subit les lois du marché et de la concurrence, et se retrouve ainsi à faire des choix, le rendant captif d'une marque, d'un produit, d'une technologie.

La DRM encore jeune, voit sa complexité s'accroître dans la jungle économique et l'harmonisation qui tendrait vers sa simplification ne semble pas être à l'ordre du jour. Il est nécessaire de vivre avec des systèmes hétérogènes de protection des contenus ou en d'autres termes, on constate que l'interopérabilité des licences n'existe pas et va à l'encontre des formats ouverts. En effet une licence exprimée dans un langage L ne pourra être exécutée que sur un dispositif pouvant interpréter ce même langage. Les dispositifs tels que les lecteurs audio par exemple, sont spécialisés par langage d'expression des droits, comme Windows Media Player (Microsoft), ou encore iTunes (Apple) et ne peuvent interpréter d'autres langages d'expression des droits.

Il est donc nécessaire d'aborder l'histoire de ces protections pour en comprendre les enjeux, puis de voir comment ces dispositifs fonctionnent pour assurer le contrôle de l'utilisation des contenus. Nous dégagerons de ce constat une problématique rappelant les objectifs du projet Medialex, et que nous traiterons dans les chapitres suivants. L'essentiel est donc de poser le problème métier avant d'envisager nos propositions de solutions.

2. La protection des droits d'auteur

2.1. Court historique sur la naissance de la protection des contenus numériques

La bataille des droits d'auteur commence certainement en 1982 avec la venue du magnétoscope sur le marché, innovation de Sony qui fera l'objet d'une lutte juridique tenace de la part de la MPAA (*Motion Picture Association of America)* mais sera déboutée par la Cour Suprême des États Unis pour laisser ce nouvel enregistreur envahir le marché mondial. Avant, bien entendu, il était possible d'enregistrer des disques vinyles sur des cassettes audio, ou dit plus simplement de les copier. Le procédé engendrait une dégradation audible de la qualité du son et donc ne semblait pas inquiéter les maisons de disques de l'époque.

Deux constats s'imposent dès lors : les techniques de sauvegarde de l'information deviennent grand public dès les années 80 dans un format analogique sans oublier la cassette audio, et la numérisation des contenus et des sauvegardes vont générer des problèmes pour les industries culturelles jamais rencontrés auparavant pour la protection des œuvres. La copie devient triviale et précisons-le, la duplication parfaite d'un contenu. Les concepteurs des systèmes informatiques n'avaient pas en leur sein ces préoccupations, trop occupés par la course à la puissance, et à stabiliser les systèmes d'exploitation. La sécurité informatique était loin des objectifs des industriels, pour être délaissée des plans de développement dans les années 80.

Le DVD arriva sur le marché du grand public en 1996 avec le premier cryptage de l'information inscrite sur un support numérique. Ce cryptage faible et propriétaire nommé CSS (*Content-Scrambling System*) ne résistera pas à l'adolescent « casseur » DVD Jon[6], et des logiciels de copie firent rapidement leur apparition. La MPAA perdit le procès intenté à DVD Jon faute de preuves suffisantes[7].

La première vraie bataille qui va opposer les Majors et le grand public prit forme en 2002. Sony sera le premier à donner une réponse à la généralisation des possibilités de sauvegarde et de copie sur des supports numériques, et implantera sur un CD de musique un dispositif anti copie. Il fut alors impossible de copier et de lire ce CD sur un ordinateur selon Sony. La protection utilisée est une génération d'erreurs (*Key2audio*), un leurre, pour rendre aveugle les lecteurs de CD installés sur des ordinateurs. Les lecteurs ou platines de salon sont beaucoup plus tolérants et possèdent des algorithmes de gestion des erreurs beaucoup plus sophistiqués qui

[6] Le site web de DVD Jon http://nanocrew.net/
[7] Article sur : http://www.clubic.com/actualite-10659-lech-johansen-gagne-son-proces-face-a-la-mpaa.html

corrigent les défauts de surface des CD. Pour preuve, on arrive à lire des CD fortement rayés sur certaines platines de salon, ce qui a toujours fait partie du cahier des charges, pour que le grand public ne fasse pas de rejet en masse lors de la sortie de cette nouvelle technologie de lecture. Pour être complet, cette tolérance aux erreurs était le travail de Sony lorsque Philips et Sony mirent au point le Compact Disc. Mais ces mesures ne semblent pas fiables à cent pour cent puisque le magazine ZDnet[8] arrivera à lire ce CD protégé à l'aide de huit lecteurs sur la vingtaine testés, soit quarante pour cent d'échec. Sony BMG n'en restent pas là puisqu'ils déploieront un RootKit[9] sur près de 3 millions de CD, ce qui leur vaudra de recevoir de violentes critiques de la part de tous les défenseurs des droits à la vie privée.

L'idée de protection des droits remonte au début des années 80 avec le projet XANADU[10] de Ted Nelson fondé en 1960 développant le modèle Transcopyright[11], donnant aux auteurs le droit de rendre disponibles leurs contenus.

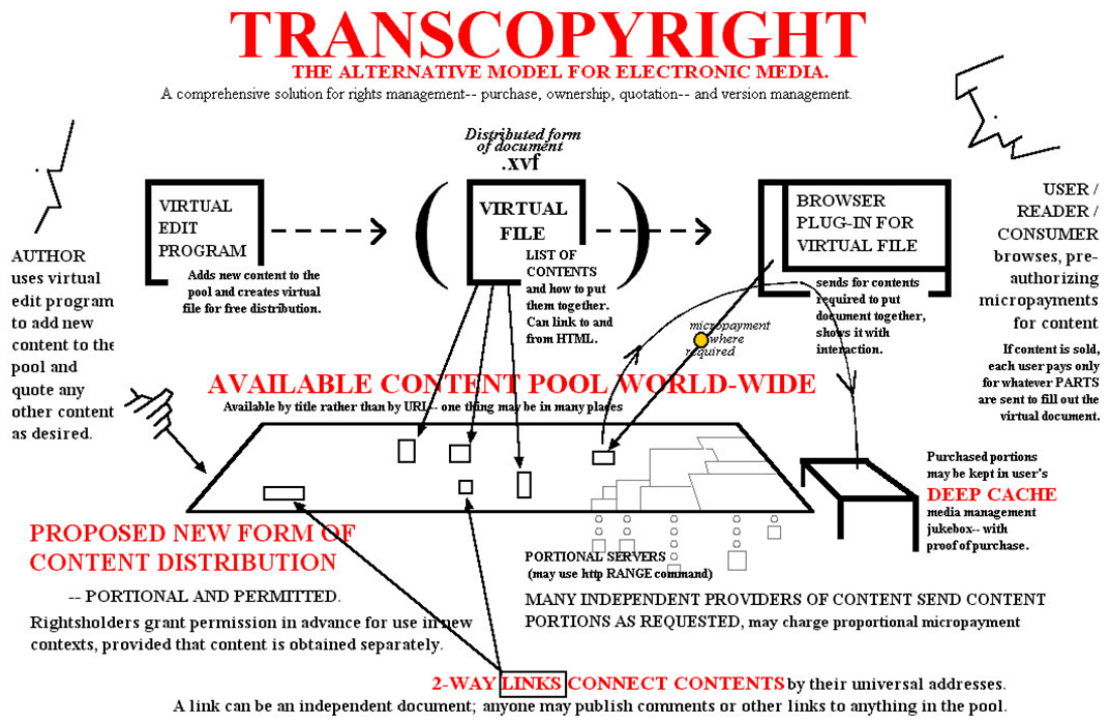


Figure 2 - Trancopyright

[8] 12 avril 2002 www.zdnet.fr/actualites/telecoms/0,39040748,2108268,00.htm

[9] Un rootkit est un programme ou un ensemble de programmes permettant à un pirate ou à une entité de maintenir -dans le temps- un accès frauduleux à un système informatique. Le pré-requis du rootkit est une machine « déjà » compromise. Voir http://fr.wikipedia.org/wiki/Rootkit

[10] www.xanadu.com

[11] http://xanadu.com/tco/index.html

L'implantation de la protection des droits d'auteur est née lentement et se résume rapidement ainsi :

Le projet Européen CITED (*Copyright in Transmitted Electronic Documents*) développa un modèle qui fournira des possibilités de contrôles, de respect des droits et de rémunération pour les contenus sous forme numérique.

En 1991 Pamela Samuelson and Robert J. Glushko écrivent un résumé du projet Xanadu qui s'intitule *Intellectual property rights for digital library and hypertext publishing systems: an analysis of Xanadu*[12], présenté à la troisième conférence annuelle de l'ACM sur l'Hypertext.

Au début des années 90, Mark Stefik, scientifique à Xerox Park, commença des travaux sur la protection des contenus numériques destinés au commerce électronique[13]. Pour que le système fonctionne, il fallait développer des machines capables d'interpréter les droits exprimés au travers d'un vocabulaire. Il créa le langage DPRL (*Digital Property Rights Language*).

Pamela Samuelson and Robert J. Glushko reviennent en 1993 avec un article qui s'intitule *Intellectual Property Rights for Digital Library and Hypertext Publishing Systems*[14]. En avril de la même année la première conférence sur les DRM a lieu. JFK School of Government, MIT, IMA and CNI host participèrent à cette conférence avec les orateurs suivants : Joseph Ebersole, Henry Perritt, Bob Kahn, Gary Griswold, Ted Nelson…

Le projet Européen « Imprematur » travaillant sur un système de gestion des droits conclut de manière intéressante « Il existe beaucoup d'aspects…qui sont novateurs…cependant il est peu probable que ce soit brevetable… »

Toujours en 1993, Henry H. Perritt, Jr. écrivit un article sur le concept de "permissions headers" (entête de permission) dans lequel les droits seraient attachés à chaque contenu numérique.

En 1994 John Erickson (HP) propose un système de DRM distribuée dans sa thèse nommée "*Electronic Copyright Management in the Production of Networked Interactive Multimedia*."

John Erickson proposa de reprendre l'idée des entêtes de H. Perrit combinant un système distribué d'autorisations sur des serveurs.

[12] http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=122974.122979

[13] Stefik, Mark. Shifting the Possible: How Trusted Systems and Digital Property Rights Challenge Us to Rethink Digital Publishing. **Berkeley Technology Law Journal**, v. 12, n. 1, Spring, 1997. http://www.law.berkeley.edu/journals/btlj/articles/vol12/Stefik/html/text.html

[14] http://www.sims.berkeley.edu/~pam/papers/ipdiglib.html

En 1994 Richard Dan Herschaft (InterDigital Communications Corporation) soutint sa thèse *A common approach to extending computer security concepts to the universal distributed non-trusted environment*[15] dans laquelle il proposa une protection des informations à l'aide de marqueurs.

En 1998 la version 2 de DPRL fut proposée par la nouvelle société ContentGuard créée par Microsoft et Xerox, développée en XrML (*eXtensible Rights Markup Language*) et c'est en 2001 que ContentGuard proposa la première version officielle de XrML.

A partir de cette date la DRM va envahir le monde, de manière souvent maladroite car les déboires seront nombreux, comme la protection abusive du DVD *Mulholland Drive* qui sera elle aussi déboutée devant les tribunaux en 2004. A partir de 2003, restituer un contenu numérique ira de pair avec le matériel sur lequel il peut l'être, quelqu'un décidera donc sur « quoi » il devra être joué, rendant inévitablement le consommateur captif de la technologie du constructeur. Cette perte de liberté dans la facilité d'utilisation des œuvres achetées déclenchera une vague de contestation qui ne faiblira plus. L'histoire est aussi jalonnée par l'arrivée d'anti-DRM, de contre-mesures combattant cette suprématie qui jugule le libre échange. Citons par exemple les sites Web « Defective by design »[16] ou DRM infos[17] qui militent pour la liberté individuelle, ou en d'autres termes contre les DRM.

L'histoire de la DRM est marquée de faits retentissants dus essentiellement à une bataille socio-économique qui tend à opposer les intérêts des Majors aux intérêts des consommateurs. La DRM ne fait toujours pas l'unanimité, et la bataille qui s'est engagée il y a quelques années durera encore, mais là n'est pas notre propos.

Ce rapide aperçu de l'histoire de la DRM nous aide à comprendre que la protection a été ajoutée au fil des années et qu'il a fallu trouver, donc inventer, un système permettant de protéger les œuvres. Avant d'envisager le contrôle du contenu lors de sa restitution, les protections avaient été inventées pour contrer le piratage des œuvres, et surtout contre la copie qui était devenue triviale. La DRM a donc évolué pour devenir un système complet d'expression des droits, donnant une place à une expressivité, à une sémantique.

[15] http://odrl.net/docs/Herschaft-Thesis.pdf
[16] http://defectivebydesign.org
[17] http://www.drm.info/

Qu'est-ce qu'une DRM ? Comment la définir ? Que recouvre la notion de protection ? Quels sont les moyens d'y parvenir aujourd'hui ?

3. DRM

3.1. Qu'est-ce qu'une DRM

La DRM est un dispositif ou une chaîne numérique cohérente qui contrôle une permission ou une restriction d'action ou d'usage. Le mot DRM est un terme générique et ne précise pas de quelle type de protection il s'agit, mais donne souvent une image négative de cette implantation auprès du public. Les mesures de protections techniques (MTP), comme l'impossibilité de copier un CD, font partie intégrante de l'ensemble désigné par la DRM.

Les anglo-saxons attribuent au terme DRM, une image de « Umbrella term » recouvrant ainsi un ensemble de concepts technologiques mis en jeu dans l'élaboration du contrôle des droits. Avant que la notion même de DRM existe, un terme de « copy protection » était utilisé pour décrire les contrôles.

Le terme de DRM est associé à l'achat de contenus en ligne, on pense alors surtout à la musique sous la forme de fichier MP3. Mais le terme DRM est surtout associé à la notion de protection, et de manière plus péjorative, à la notion de « sanction », se substituant ainsi naturellement au terme de « régulation » qui devrait être la cible stratégique des DRM. Depuis les années 2000, certains chercheurs tentent de lui donner une définition. La DRM ne sous-entend pas uniquement musique téléchargeable sur Internet, c'est un système qui s'applique à tous dispositifs reproduisant une œuvre originale dématérialisée, mais concerne aussi tous les dispositifs de gestions de flux comme les STB (*Set Top Box*)[18], voire même les routeurs dans les réseaux. (imaginé dans le préambule).

Pour Renato Iannella[19], la DRM est une voie ou un système pour manipuler des descriptions, des identifications, des ventes, des protections, surveiller et tracker toutes les formes d'usage des biens physiques ou non, incluant la gestion des ayants droit. (R. Iannela 2001)

> (Digital Rights Management covers the description, identification, trading, protection, monitoring and tracking of all forms of rights usages over both tangible and intangible assets including management of rights holders relationships.)

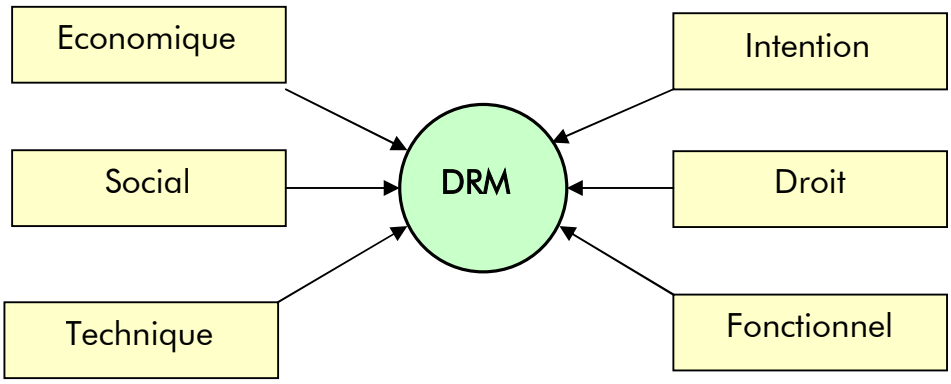
[18] Il désigne de façon générique tout adaptateur transformant un signal externe en un contenu et l'affichant sur l'écran d'un téléviseur.
[19] Responsable scientifique de IPRsystems http://www.iprsystems.com/

Pour le chercheur Gunter *et al.* de la société Intertrust, « DRM systems enable sellers of digital content to move beyond current distribution. » (Gunter *et al.* 2001)

Pour la société Content Guard, «The reality of the Internet and the need to control the use of digital content and digital services has fueled the development of technologies that attempt to manage, secure, control, and automate the ow of content and the access of services. Digital Rights Management (DRM) is the common term associated with such technologies. Other technologies such as Digital Asset Management, Content Management, and Trust Systems are also getting incorporated into the DRM workow. The DRM space is becoming more important and, in many cases, required to enable certain business models.»

Roberto Ianella note «*it is important to note that DRM is the digital management of rights and not the management of digital rights. That is, DRM manages all rights, not only the rights applicable to permissions over digital content*». Il est donc important de distinguer que la DRM est la gestion numérique des droits et non pas la gestion des droits numériques.

Dans sa thèse Susan Guth (Guth 2004) identifie 6 perspectives de la DRM, tentant ainsi de comprendre les enjeux d'une technologie en évolution rapide.



Intention : défini la cible pour la mise en œuvre d'une protection identifiée, particulière. Une des intentions pourrait être la protection d'un objet tangible comme un livre, ou intangible comme un livre électronique (eBook).

Economique : la perspective économique montre comment les facteurs économiques influencent la construction d'une DRM.

Droit : La DRM doit fournir un environnement technique capable de faire respecter la propriété intellectuelle. Cette perspective représente l'influence de la loi sur la construction de la DRM.

Social : la perspective sociale tient compte de facteurs humains qui, dans le cas de la DRM, tend vers le passionnel. Cette perspective tient donc dans les rapports sociaux mais également dans le rapport individuel et psychologique. Cette perspective soulève également des questions quant au rapport entre les industriels et les consommateurs au travers des contraintes imposées comme « Pourquoi dois-je restituer mon contenu sur telle plateforme ? ».

Fonction : cette perspective décrit les fonctions de la DRM, Ces fonctions sont le résultat des autres perspectives, car elles implémentent ce que dicte la loi, les contrats, etc.

Technique : la perspective technique est incontournable, car elle décide de comment seront implantées les DRM, en fonction de matériels, de logiciels, en passant par les standards, les protocoles, la cryptographie, etc.

Toutefois, au vue des événements qui jalonnent l'histoire de la DRM, on pourrait ajouter une autre dimension aux perspectives de la DRM, c'est la dimension politique. L'histoire des débats politiques en France auraient pu mettre à mal bien des fonctions de la DRM, puisque les politiciens français étaient proches de voter une licence globale pour tenter de résoudre le problème d'échanges sur les réseaux. La licence globale est une autorisation donnée aux internautes pour accéder à des contenus culturels (musiques, images, films, textes) sur Internet, et les échanger entre eux à des fins non commerciales en contrepartie d'une rémunération versée aux artistes à l'occasion du paiement mensuel de l'abonnement Internet. Si ce texte était passé, on aurait alors constaté que le pouvoir politique influençait directement la construction des DRM. (Voir figure 3 page suivante)

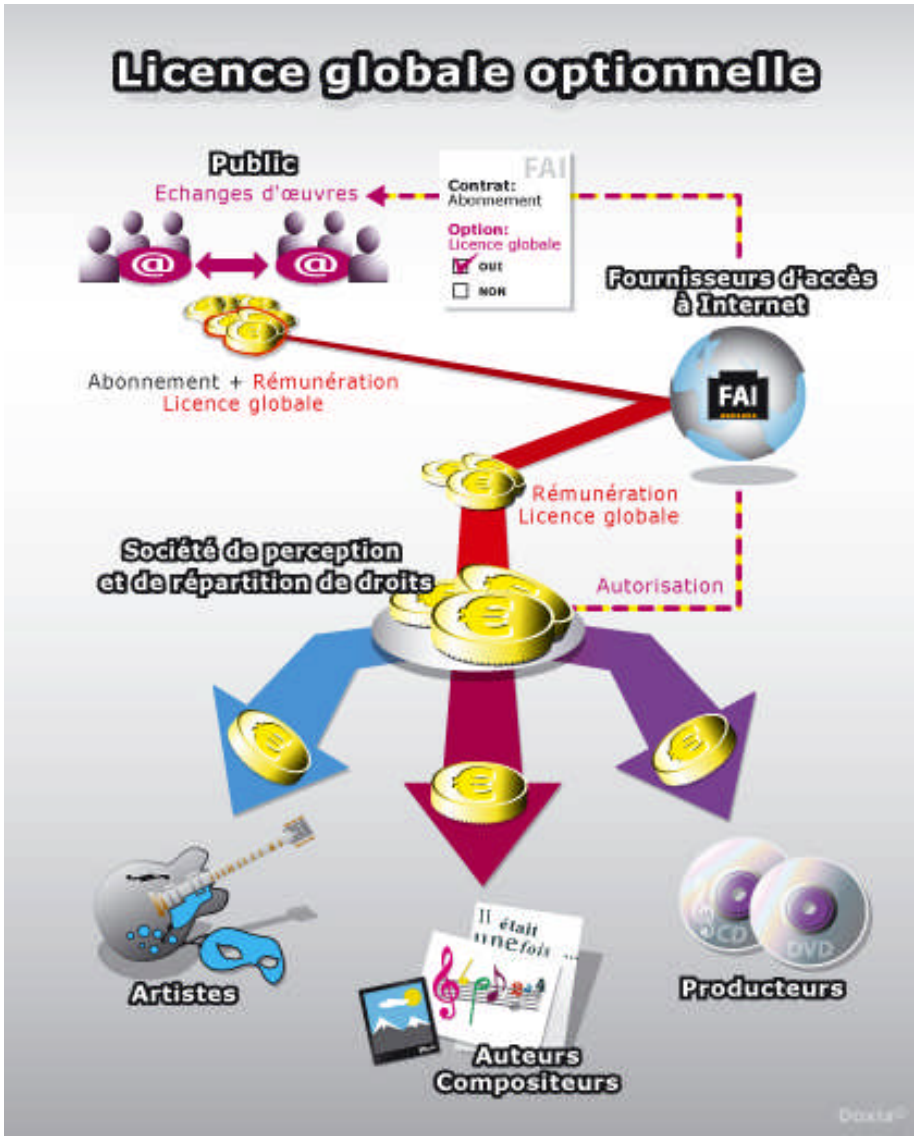


Figure 3 - Licence globale optionnelle

Lorsque nous parlons de DRM, nous parlons de contrôle, mais surtout de restriction, pour tenter de faire face aux usages des contenus numériques qui se sont établis dans le temps, avec l'habitude de prendre les libertés qui étaient offertes pour les manipuler. Ecouter un fichier musical n'empêche pas de le copier, de le graver, de l'éditer pour en copier un morceau, de le diffuser à des amis. Les mesures de protections s'orientent donc vers une restriction de l'usage plutôt que de s'orienter vers une adaptation graduée de cet usage. Le radicalisme engendré par les Majors des industries culturelles semble donner le ton sur les protections techniques et bien moins sur la graduation du comportement des DRM.

La notion de DRM est une notion floue et dont la définition reste toujours évasive. La seule définition qui semble persister est la protection coûte que coûte contre le

piratage car, si le phénomène du piratage n'avait pas était élevé au niveau de la simple consommation, les industries culturelles n'auraient pas eu à se défendre si ardemment.

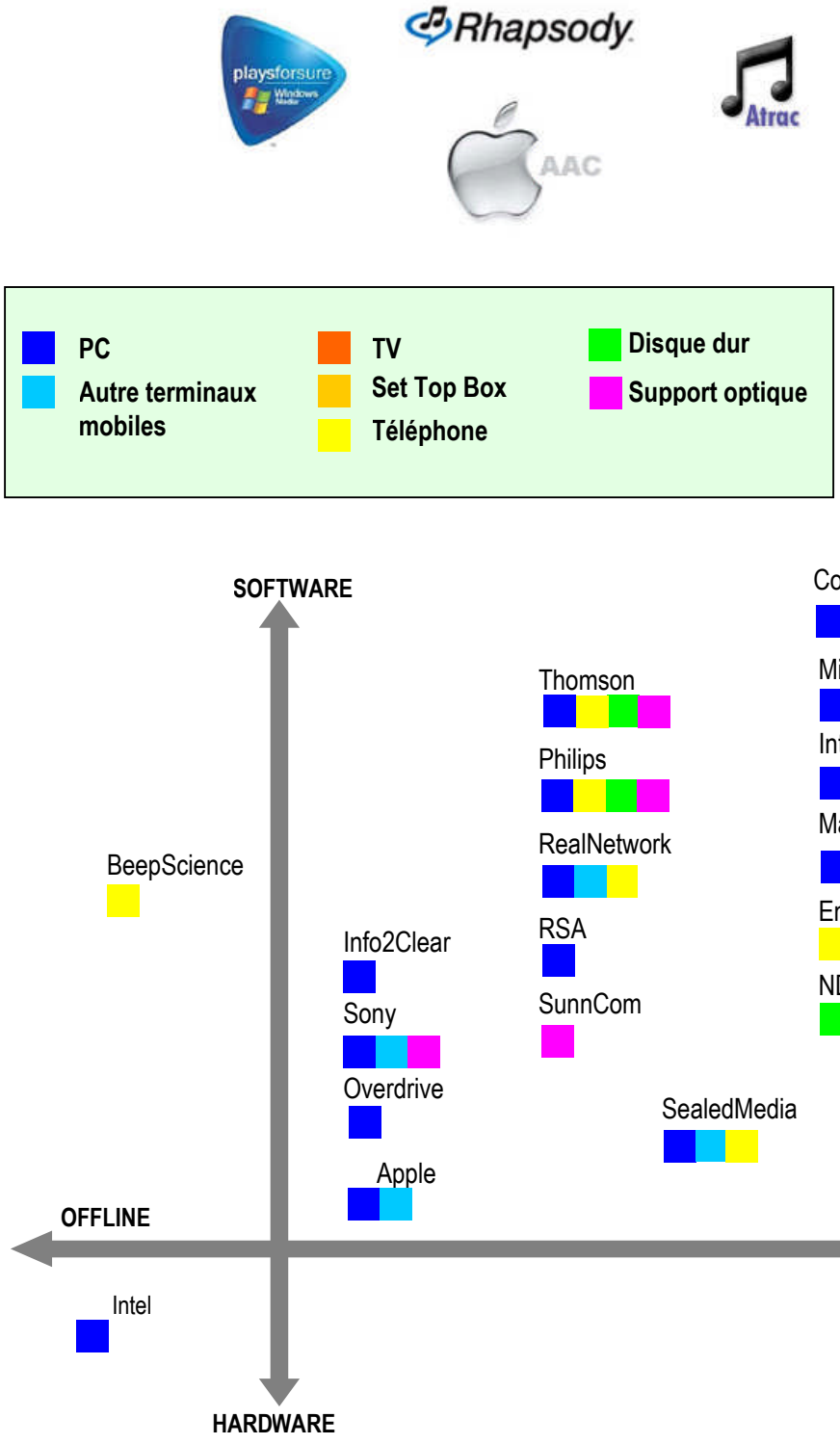
La DRM divise partout dans le monde et oppose trois ensembles sociaux régulés par le juridique : les industries culturelles qui veulent défendre leurs investissements, les consommateurs de produits culturels, et la politique qui fait partie désormais de cette bataille. A l'image du génie génétique, la politique aura un rôle dans la construction des DRM, et il est nécessaire d'avoir à l'esprit que les futurs systèmes devront s'adapter en fonction des contextes économiques, mais également en fonction des décisions politiques remodelant ainsi les droits des utilisateurs.

La DRM est un enjeu en reconfiguration constante et les différentes actions menées par les industriels forcent notre étude des DRM vers une pluralité des solutions techniques. Penser la DRM comme un simple programme de contrôle interprétant un langage à l'image d'un robot qui obéirait à un ordre, serait mal estimer l'avenir du paysage qui se dessine. Comme la main d'un peintre qui peut à tout moment faire appel au repentir, la DRM ne peut exister dans une géométrie constante mais doit trouver une configuration à géométrie variable en fonction de contextes de plus en plus complexes, qu'ils soient politiques, industrielles ou dans les usages qui se diversifient.

La généralisation des accès Internet haut débit chez les particuliers ouvre la porte à de nombreux services jamais envisagés par le passé. L'interaction entre un serveur et un terminal rend désormais possible le dialogue de machine à machine en temps réel, ce qui apporte de facto d'immenses possibilités commerciales, et donc de proposer aux utilisateurs de nouvelles manières de consommer. Il suffit alors d'imaginer que la DRM est une application interactive plus intelligente pour voir se dessiner de nouveaux comportements. Tout le monde pense à la consommation à la demande, en laissant l'utilisateur choisir ses modes de consommation comme prévisualiser une vidéo, écouter en mode dégradé une chanson sans la payer, acheter 3 fois la lecture d'un film, offrir une musique en l'envoyant par un réseau, etc.

Notre propos n'est pas de militer pour ou contre la DRM, mais d'en comprendre la complexité grandissante, due essentiellement aux batailles commerciales menées par les Majors. On identifie 4 principaux acteurs ayant plus ou moins de présence sur le marché de la DRM.

- Apple, dont la DRM s'appelle FairPlay,
- Microsoft, possède sa propre norme Playforsure et son propre SDK WRMR (Windows Media Rights Manager flow),
- RealNetwork avec son système Rhapsody (DRM Helix),
- InterTrust propriété de Philips et Sony.



Source IDATE 2006

Figure 4 - Le positionnement des acteurs majeurs des DRM par Plateforme d'accueil

3.2. Acteurs

Les DRMS (*Digital Rights Manengement System*) mettent en scène un ensemble d'acteurs que l'on doit citer pour comprendre leurs rôles dans la construction de ces systèmes de protection.

- Les ayants droit ou titulaires de droit. Ces personnes morales ou physiques sont les créateurs d'œuvres originales au sens juridique du terme, ou encore producteur d'une œuvre originale et unique,
- Les industries de la culture scindées en 2 univers, l'audio et la vidéo (film) : Sony Corporation, Walt Disney, AOL Time Warner, Viacom(Paramount Pictures), Virgin, Vivendi Universal, News Copr., et tous les éditeurs de musique (plus de 500 aux États-unis par exemple), de vidéos qui n'appartiennent pas aux groupes cités,
- Les industriels des technologies de l'information : Microsoft, IBM, Toshiba,
- Les industriels de l'électronique : Sony, Philips, Thomson, Hitachi, Matsushita,
- Les industriels de la téléphonie mobile, constructeurs et opérateurs : Nokia, Philips,
- Les spécialistes de la protection technique : Macrovision, Digimarc, Sunncom technologie, Nextamp,
- Les organismes de normalisation : AFNOR, ANSI, ISO, CEN, IEC et CENELEC , ISO/IEC/JTC1,
- Consortium de gestion des licences: DVD Forum, WG1 (Working Group 1) — JPEG 2000 (Images fixes), WG11 (Working Group 11) — MPEG (Moving Picture Expert Group), DVB (Digital Video Broadcast), SDMI (Secure Digital Music Initiative), DVI (Digital Vidéo Interface),
- Les constructeurs de DRMS : voir tableau suivant en figure 5,
- Les utilisateurs de contenus

Component	Company
Audio Watermarking	Verance www.verance.com/
Image Watermarking	Digimarc www.digimarc.com
Video Watermarking	Digimarc www.digimarc.com
Audio Delivery and Management Systems	Real Networks www.realnetworks.com/ Microsoft Media Player www.microsoft.com/windows/windowsmedia/drm.asp Liquid Audio www.liquidaudio.com IBM EMMS www-3.ibm.com/software/data/emms/features/
Video Delivery and Management Systems	Microsoft Media Server www.microsoft.com/windows/windowsmedia/drm.asp Real Networks Helix www.realnetworks.com/ Quicktime Streaming Server www.quicktime.com IBM EMMS (n'est plus vendu) www-3.ibm.com/software/data/emms/features/
Protecting Generic Content with Encryption	SealedMedia www.sealedmedia.com Alchemedia www.alchemedia.com
Preparing and Delivering Digital Books with Encryption	Acrobat Content Server www.adobe.com/products/contentserver/main.html Microsoft Reader www.microsoft.com/reader/info/sdk.asp and www.microsoft.com/reader/info/das.asp
Trading and Payment Systems for Digital Books	Overdrive.com www.overdrive.com/serv_overview.asp IPR Systems www.iprsystems.com
Merchant or Payment Services	Dialect Solutions www.dialectsolutions.com Paypal www.paypal.com

Figure 5 - Les principaux fournisseurs de DRM

3.3. Les éléments constitutifs d'une DRM

Une DRM est un ensemble de briques logicielles assemblées pour constituer une chaîne numérique cohérente de contrôle des droits. Cette chaîne prend en charge les usages possibles afférents aux types de contenus numériques, c'est-à-dire que les contrats émis sont dépendants des types de contenus comme la musique, la vidéo, le texte, etc.

On identifie 2 grands axes :

1. La protection des contenus, ou encore l'impossibilité de l'utiliser sans autorisation. La protection se base essentiellement sur la création de contenu crypté dont l'utilisation ne sera possible qu'en possession d'une clé. Tout l'enjeu est donc la sécurisation de cette clé ou encore la validation du détenteur de la clé par des moyens d'identification unique.
2. L'usage, ou encore les droits accordés lors de l'utilisation. Cette partie est le contrat passé entre l'ayant droit et l'utilisateur. L'ayant droit émet alors un ensemble de permissions ou de restrictions pour son contenu.

Le marché de la DRM est principalement alimenté par les industriels des entreprises culturelles et par les ténors de l'informatique, et l'on constate que la construction des DRM, quel que soit le constructeur, peut se résumer en une architecture fonctionnelle construite en 3 parties :

1. **REL** Right Expression Language (Langage d'expression des droits)
2. **DAM** Digital Asset Managment (Gestion du capital et des offres)
3. **DRE** Digital Rights Enforcement (Gestion des contrôles)

On retrouve en général cette architecture (simplifiée) :

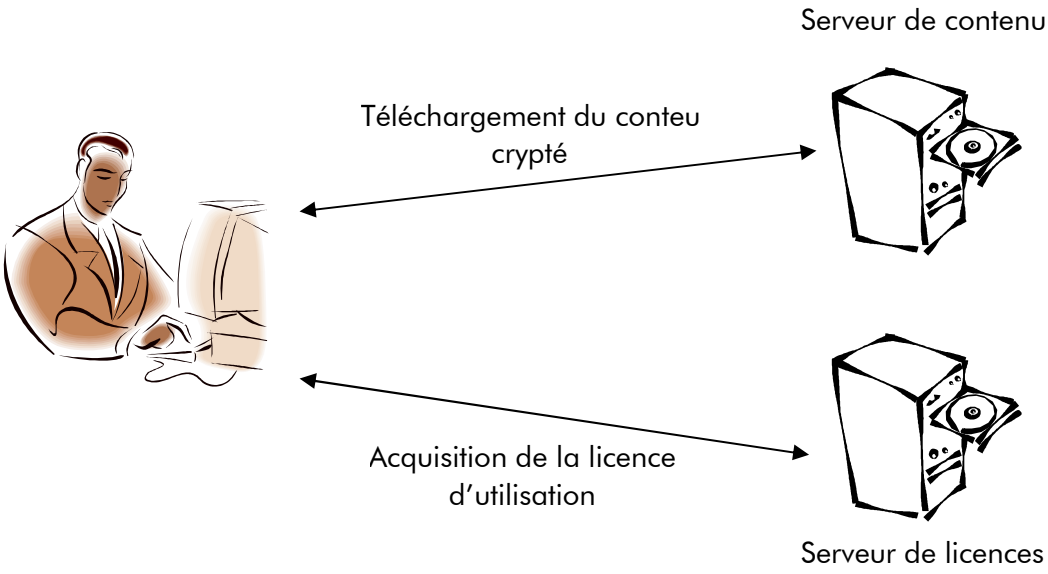


Figure 6 - Architecture DRM simplifiée

En fonction des DRM implantées par les industriels, l'architecture des DRM varie surtout au niveau de l'acquisition des licences et de l'obtention des clés de cryptage et de décryptage que nous verrons plus loin.

Mais aujourd'hui les différentes architectures semblent se rejoindre, et s'accordent sur le fond. En 2001 Renato Iannela, responsable scientifique de IPRsystems propose que l'architecture des DRM[20] se compose de 3 entités essentielles :

1. **Asset creation and capture** ➔ La gestion des contenus avec l'expression des droits afférents.
   - Rights Validation : s'assurer que le contenu crée à partir d'un contenu possède les droits nécessaires à sa création,
   - Rights creation : permettre la création de droits sur le nouveau contenu,
   - Rights Workflow : permettre des vérifications de droits sur les contenus qui transiteront dans différentes étapes.
2. **Asset managment** ➔ La diffusion des contenus et leurs ventes avec les métadatas des contenus et des contrats.
   - Repository fonction : mettre en œuvre la capacité d'accès et de téléchargement des contenus dans des systèmes de bases de données distribuées offrant un accès aux métadonnées,

[20] http://www.dlib.org/dlib/june01/iannella/06iannella.html

- Trading functions : gérer l'attribution de licences entre les parties (détenteur & client) en fonction des accords passés, incluant le reversement des Royalties aux détenteurs de droit. Le contenu doit passer par toutes les opérations nécessaires pour satisfaire les conditions et le respect des licences (comme la crytographie du contenu).

3. **Asset usage** → La gestion de l'utilisation des contenus une fois qu'ils sont vendus (gestions des permissions, contraintes, etc).

   - Permission management : l'environnement doit être capable de restituer de manière conforme les droits associés au contenu. Par exemple si la permission est de visualiser un document, l'utilisateur ne pourra pas l'imprimer,
   - Tracking Management : mettre en place un suivi de l'utilisation des contenus si toutefois ce suivi fait partie intégrante de la licence. Par exemple, si l'utilisateur visualise 10 fois une vidéo, il est nécessaire de le mémoriser afin de le contrôler.

On retrouve ci après l'architecture DRM proposé par Roberto Ianella en 2001

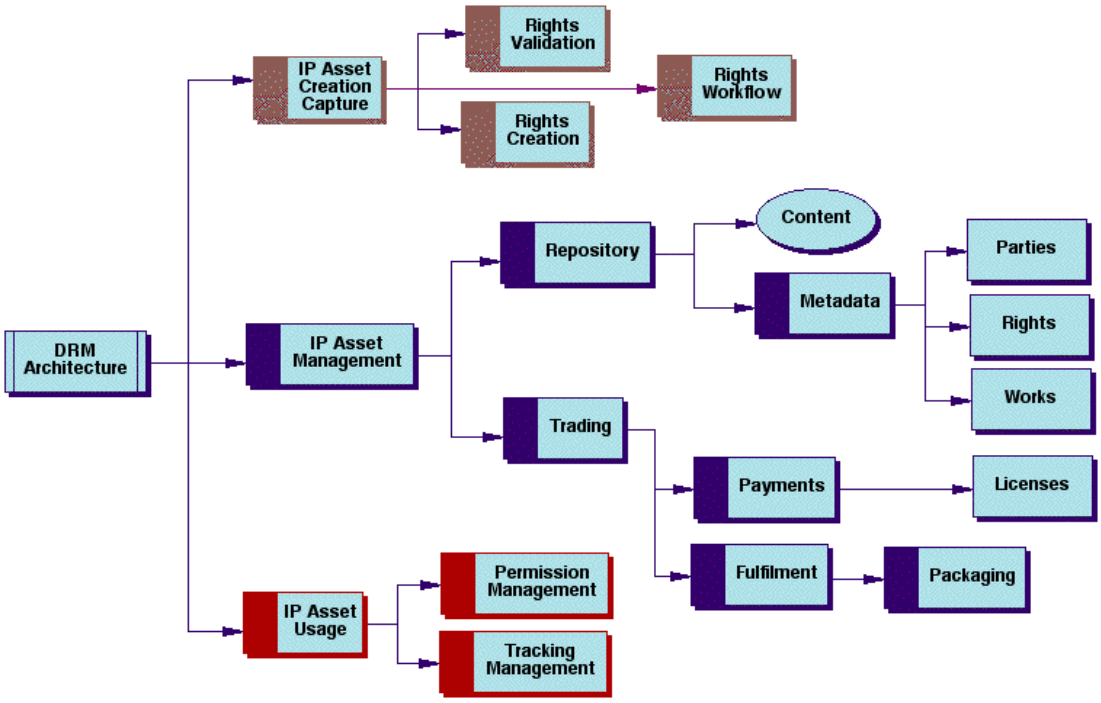


Figure 7 - Architecture DRM, Ianella 2001

On constate que l'architecture est composée de trois branches citées ci-dessus.

Le fonctionnement général reste souvent identique et peut se résumer ainsi : on peut lire un contenu numérique si et seulement si l'utilisateur a acquis une licence contenant une clé permettant de déchiffrer un contenu crypté.

Il serait impossible de détailler les différentes architectures de toutes les DRM, mais les similarités sont grandes ce qui nous permet de généraliser pour en comprendre le fonctionnement.

Détaillons les principaux éléments de la DRM

3.4. Langage d'expression des droits - REL

Le REL (*Rights Expression Langage*) est le résultat d'une volonté de transmettre des informations émanant des ayants droit qui seront interprétées par les dispositifs de reproduction dans le but de contrôler les usages. En d'autres termes le REL est un langage qui sera à la base de la construction des licences utilisateurs lors de l'acquisition des contenus, c'est un contrat entre deux parties.

Avant la création de ces langages, les protections étaient déjà implantées de manière transparente, à savoir qu'une protection anti-copie pouvait être inscrite sur un support sans que l'utilisateur en soit informé ou qu'un quelconque contrat au format électronique ne vienne exprimer une restriction d'utilisation. On peut alors dire que le contrat éFtait cognitivement opaque pour l'utilisateur, les émetteurs s'appuyant avec plus ou moins de respect sur la loi. La protection des contenus existe encore sous cette forme, sans l'apport d'une sémantique qui vienne exprimer un droit. Les constructeurs et les ayants droit s'appuyant alors sur leur bon droit pour faire respecter les utilisations de leurs contenus.

Le REL est un flux sémantique à sens unique qui part d'une expression des droits pour être transmis vers l'utilisateur qui souscrira une licence d'utilisation. C'est le constat que nous faisons aujourd'hui, mais les REL offrent bien d'autres possibilités. En effet, les REL servent en premier lieu à exprimer des droits, et de plus, peuvent être architecturés pour entrer en relation avec l'utilisateur. Comme nous l'avons vu plus haut, dans une architecture DRM, il existe des serveurs de contenus dont le rôle principal est de diffuser les contenus achetés, et offrent également la possibilité d'entrer en interaction avec l'utilisateur. Cette possibilité ouvre alors le dialogue avec l'utilisateur, qui reste aujourd'hui embryonnaire, mais dont les atouts vont modifier les habitudes de consommation. Cette affirmation est difficile à évaluer pour le moment ,car elle implique un changement technique des infrastructures de diffusion et implique également des contraintes de sécurités importantes comme la conservation des identifiants, les historiques de consommation, etc.

Le REL est donc une brique essentielle de la DRM et il est difficile d'en donner une définition exacte car les attributs de chaque REL diffèrent. On peut noter par exemple les 3 buts d'un REL qui ont été décrits par Karen Coyle dans son rapport de 2004 (Coyle 2004) :

1. the statement of legal copyright (l'expression du copyright),
2. the expression of contractual language (l'expression du langage contractuel),
3. the implementation of controls (l'implantation des contrôles).

En effet, le REL est un langage d'expression des droits qui ne peut prendre forme que dans le cadre juridique, mais nous n'aborderons pas cette partie qui n'est pas le périmètre de cette thèse.

Si le REL est une sémantique porteuse d'informations pour contrôler un droit, il est aussi capable d'actions. Vendre des contenus ne peut pas être satisfaisant dans l'absolu, ignorer le besoin des utilisateurs n'est pas une voie envisageable ou encore empêcher une remontée d'informations serait se priver d'analyse pour aider à la décision. Le REL peut être à la fois un langage pour la création de licences, mais aussi un langage de contrôle à distance à des fins qui ne sont pas encore explorées aujourd'hui. On voit alors se détacher deux ensembles :

1. Un langage capable d'exprimer des droits pour les faire respecter par les dispositifs,
2. Un langage capable d'actions sur les dispositifs : dialogue, analyse, remontée d'informations, etc.

Le REL s'adapte à tout type de contenu numérique, et les différents REL ont été développés pour répondre à des besoins et buts différents.

Prenons un contre exemple pour envisager les limites immédiates des REL : imaginons que nous voulions protéger une partie d'un texte pour éviter la fonction copier/coller. Si nous devions exprimer ce droit, si toutefois le droit me le permet, nous devrions exprimer la restriction dans le REL de notre choix pour spécifier que le « copier/coller » est interdit de telle ligne à telle ligne. Cette restriction d'usage n'est pas possible pour le moment dans les REL du marché. Ce simple exemple pourrait se transposer fonctionnellement à toute forme de contenu, comme une base de données, en imaginant également toutes les autres formes d'usages comme glisser/déplacer, supprimer, etc.

Cet exemple montre immédiatement la limite d'utilisation de l'expressivité, non pas parce qu'il n'est pas possible de l'exprimer, mais parce que les dispositifs qui vont interpréter ce langage n'offrent pas de telles possibilités aujourd'hui. Par conséquent, le langage qui permet l'expression du droit ou de toute autre forme d'actions ne peut être valide, que si le dispositif qui interprétera ce langage est capable de le faire. Ce qui implique directement une liaison entre le constructeur du REL et les industriels devant utiliser ce REL.

Les REL sont donc des langages qui servent à exprimer des droits, et restent peu nombreux sur le marché. Les plus importants ou les plus utilisés sont listés ci-après :

XrML - MPEG 21 Part 5

ContentGuard, société créée par Microsoft et Xerox créateur du langage DPRL (*Digital Property Rights Language*) furent à l'origine du langage XrML. Ce langage d'expression des droits est intégré et géré désormais dans MPEG-21, part 5. Il est associé au RDD (*Rights Data Dictionary*) dans MPEG-21 Part 6. XrML fait l'objet désormais d'un regroupement d'industriels et forme un consortium au sein de MPEG. XrML est aujourd'hui le REL qui remporte le plus d'intérêt, car il a l'assentiment des grands industriels de l'informatique, mais surtout s'intègre dans une suite de services et de normes proposées par le consortium MPEG dont voici la liste des parties du Framexork Multimedia MPEG-21.

- Part 1: Vision, Technologies and Strategy
- Part 2: Digital Item Declaration
- Part 3: Digital Item Identification
- **Part 4: Intellectual Property Management and Protection**
- **Part 5: Rights Expression Language**
- **Part 6: Rights Data Dictionary**
- Part 7: Digital Item Adaptation
- Part 8: Reference Software
- Part 9: File Format
- Part 10: Digital Item Processing
- Part 11: Evaluation Methods for Persistent Association Technologies
- Part 12: Test Bed for MPEG-21 Resource Delivery
- Part 13: Scalable Video Coding
- Part 14: Conformance
- Part 15: Event Reporting
- Part 16: DID binarisation

ODRL

Le langage ODRL (*Open digital rights language*) est la fusion du langage XMLC (*eXensible Media Commerce Languge*) créé par Real Network et du langage MRV (*Mobile Rights Voucher*) développé par Nokia. Ces 2 langages ont fusionnés chez IPR Systems dans la version 1.0 d'ORDL créé par Renato Iannela en Australie et dont

l'acteur principal est aujourd'hui le consortium OMA (*Open Mobile Alliance*) représentant plus de 200 opérateurs internationaux de la téléphonie mobile. Toutes les spécifications ODRL[21] se trouvent sur le site Web d'OMA[22]. Contrairement à XrML, ODRL est diffusé en Open Source alors que le groupe MPEG tente d'imposer une redevance pour chaque utilisation des normes MPEG.

Panorama des principaux langages de REL : ODRL & XrML		
ODLR	Open Digital Rights Language	Standard Open Source de gestion des droits numériques. Il a été établi par l'éditeur australien IPR Systems.
OMA DRM	Open Mobile Alliance DRM	OMA DRM propose une déclinaison de ODLR adapté à l'univers de la mobilité.
XrML	Extensible Rule Markup Language	Spécification (XML) de DRM propriétaire élaboré par l'américain ContentGuard.
MPEG REL	MPEG Rights Expression Language	Langage de description des droits numériques adopté par le consortium MPEG. Il s'appuie sur XrML.

ODRL a été adopté par OMA (*Open Mobile Alliance*) pour créer la DRM OMA implantée dans l'industrie du téléphone mobile pour être diffusée dans toute la chaîne de distribution que représente les fabricants de téléphone (e.g. Nokia, Motorola, Samsung, Sony-Ericsson, BenQ-Siemens), les constructeurs de systèmes pour téléphones mobiles (e.g. Ericsson, Siemens, Openwave), les opérateurs (e.g. Microsoft, IBM, Sun), et les compagnies de nouvelles technologies.

CreativeCommons (CC)

CreativeCommons (CC) propose en ligne des contrats type pour la diffusion des œuvres sur Internet. Il fournit, d'une part un langage qui sera lisible par une personne, en clair, le contrat écrit est sémantiquement compréhensible, et fournit d'autre part un langage machine interprétable écrit en RDF[23] (*Ressource Description Framework*). Ce langage d'expression des droits n'est pas un langage de contrôle.

METSRights

Ce langage peu répandu a été créé pour les institutions et les bibliothèques qui fournissent des documents digitalisés.

[21] http://odrl.net/
[22] http://www.openmobilealliance.org/
[23] http://www.w3.org/RDF/

Les autres REL, ne sont pas moins importants, mais font l'objet de moins d'attention de la part des industriels, ou sont, comme dans le cas d'Adobe, spécialisé dans une activité particulière.

- Adobe Content Manager (ACM) [24],
- Electronic Resource Management Initiative (ERMI)[25],
- Federated Digital Rights Management (FDRM)[26],
- Publishing Requirements for Industry Standard Metadata (PRISM)[27],
- extended Access Control Markup Language (XACML)[28].

Les principaux acteurs internationaux se regroupent autour des deux grands standards XrML & ODRL.

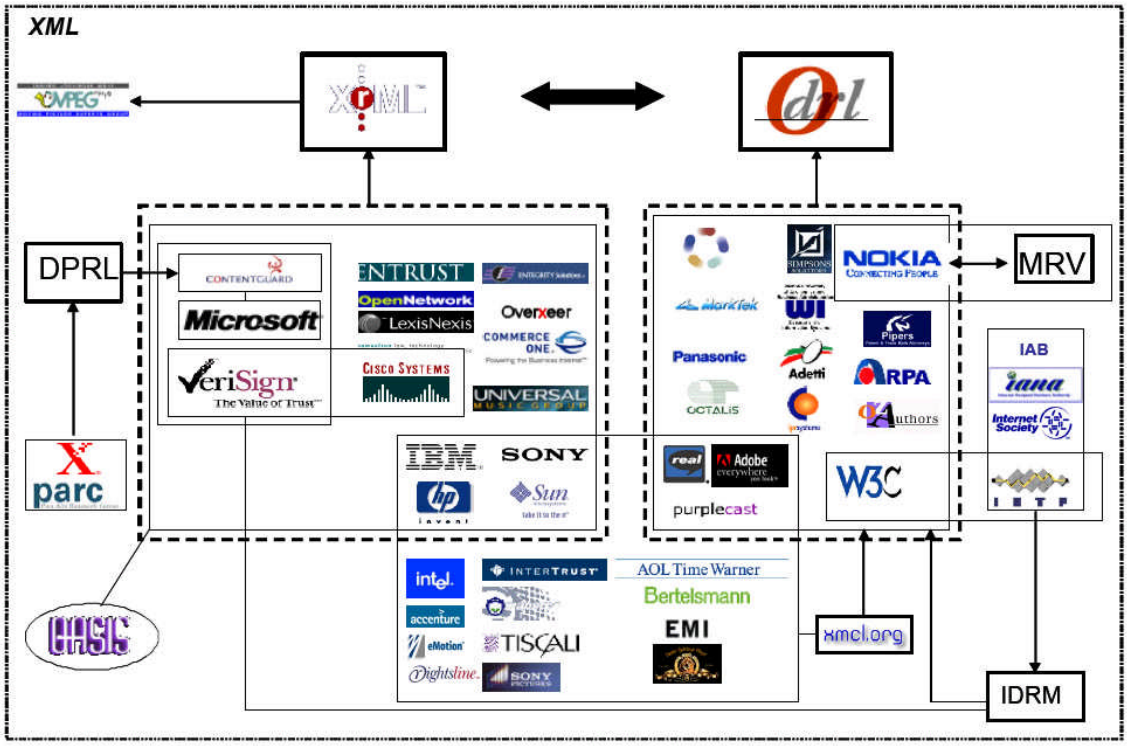


Figure 8 - Principaux regroupements autour des REL

Source : Rapport Chantepie 2003

[24] http://www.adobe.com/security/doccontrol.html
[25] http://www.diglib.org/
[26] http://www.dlib.org/dlib/july02/martin/07martin.html
[27] http://www.prismstandard.org/
[28] http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=xacml

Sur la figure 8 (p.54), on constate qu'XrML et ODRL se partagent les faveurs des principaux industriels informatiques, réseaux, téléphonie mobile, électronique.

Structure des REL

Les différents REL, partie intégrante de la DRM, possèdent des buts identiques : exprimer une permission d'action dans le but d'être respectée sur des dispositifs qui offriront une confiance suffisante, le tout se concrétisant sous la forme d'une « Licence ». La licence est donc le terme qui définit l'ensemble des concepts exposés pour qualifier les notions de droits, de permissions.

Si le but semble être commun, les éléments constitutifs des REL diffèrent dans le sens où leurs conceptions ne sont pas identiques. Le but n'est pas ici de les détailler en profondeur car leur complexité est importante, surtout pour XrML, mais d'en comprendre l'architecture.

Les REL doivent prendre en compte plusieurs dimensions, qui au travers de la sémantique devra adresser plusieurs registres d'actions. Comme nous l'avons évoqué dans la définition des DRM, les différentes perspectives interagissent entre elles pour l'élaboration d'une DRM, ce qui est également applicable par conséquent à la conception d'un REL.

Si l'on trouve des tentatives de définitions des DRM, il est difficile de trouver une définition des REL, car le REL fait partie de la DRM et la nécessité de sa définition ne semble pas être une demande pressante. En revanche nous devons savoir ce qu'il contient pour décrypter ses mécanismes et ses possibilités.

Un REL est constitué de briques conceptuelles qui interagissent entre elles, et représentent des objets ou des entités de toute nature qu'ils soient physiques, virtuels, immatériels. La notion d'objet est ici une tentative d'identifier des blocs conceptuels mis en relation. Le REL est intimement lié à ce qui est appelé RDD (*Rights data Dictionary*)[29]. Le RDD est le dictionnaire des termes du REL et définit ces termes. Par exemple pour MPEG21-Part 6 (RDD), les termes représentent des verbes tels que : Play, Delete, Print , Adapt, Move, etc). Le RDD est la garantie de la préservation du sens quel que soit son utilisation au travers différents namespaces. En voici la description courte

> «In 2001 ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 (MPEG) determined that a standard for rights semantics was essential for the exchange of rights expressions between different digital proprietary rights management applications. However, at the time MPEG decided to define a standard, there were many content metadata schemes

[29] Définition du RDD MPEG 21 http://www.chiariglione.org/mpeg/technologies/mp21-rdd/index.htm

already available and it was considered essential to ensure they could be incorporated into the proposed MPEG rights data dictionary. This requirement is satisfied by the MPEG Rights Data Dictionary, use of which is intended to facilitate the accurate exchange and processing of information between interested parties involved in the administration of rights in, and use of, Digital Items. »

Prenons un simple exemple issu du REL XrML version 2.1 afin d'expliquer le fonctionnement :

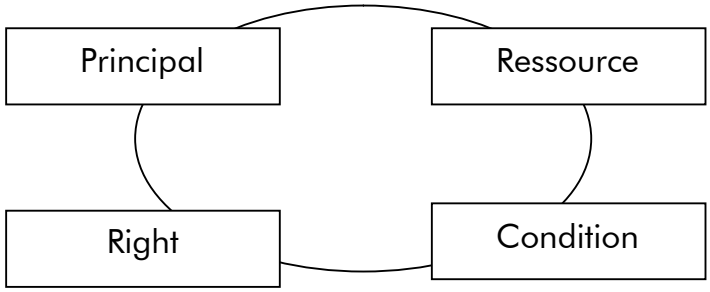


Figure 9 – Modèle de données XrML

La relation qui unit ces entités (figure 9) est l'assertion « Accorde » (Grant en anglais) et s'articule comme suit :

- Principal : le sujet est l'entité active sur laquelle les permissions seront accordées. Lorsqu'un sujet doit s'identifier, XrML utilise la notion de « certificat » et associe le sujet à une clé publique (KeyHolder),
- Rights : le droit accordé définit les permissions accordées au sujet,

  Exemple de droits : Adapt, Delete, Enlarge, Execute, Install, Modify, Move Play, Print, Reduce, etc,
- Ressource : l'objet sur lequel les permissions s'exercent,
- Condition : les permissions ne sont effectives que lorsque les contraintes sont remplies. Tant que les conditions ne sont pas remplies, les permissions ne peuvent être actives,

  Exemple de conditions : FeePerUse, SeekAproval, Territory, TransfertControl, ValidityTimePriodic, etc.

La notion d'objet ou d'entité n'est pas restrictive, et ne s'applique pas seulement à des contenus numériques, mais pourrait s'appliquer à un livre physique. Il resterait alors à savoir et à définir comment, dans ce cas, on peut restreindre l'accès à un objet

physique. L'idée est donc de manipuler des objets au travers d'actions possibles ou impossibles à réaliser en fonction de droits accordés.

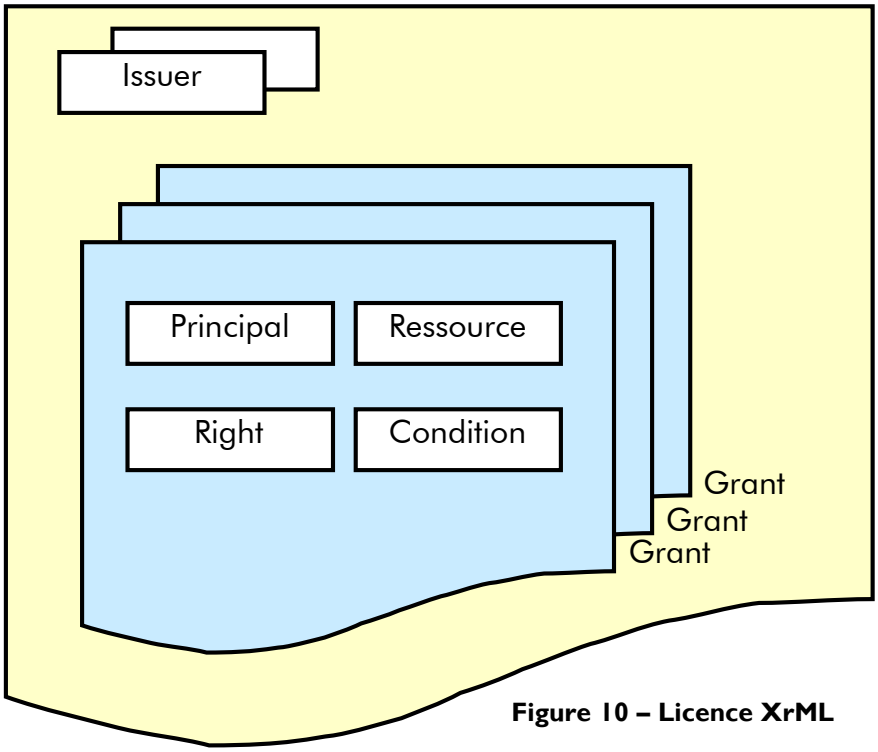


Figure 10 – Licence XrML

La structure d'une licence contient :

- Un ensemble de permissions pour certains sujets (Principal), et certains droits pour certaines ressources sous certaines conditions,
- Une identification du sujet ou des sujets qui sont destinataires de la licence,
- Des informations additionnelles comme la description de la licence et une date de validité.

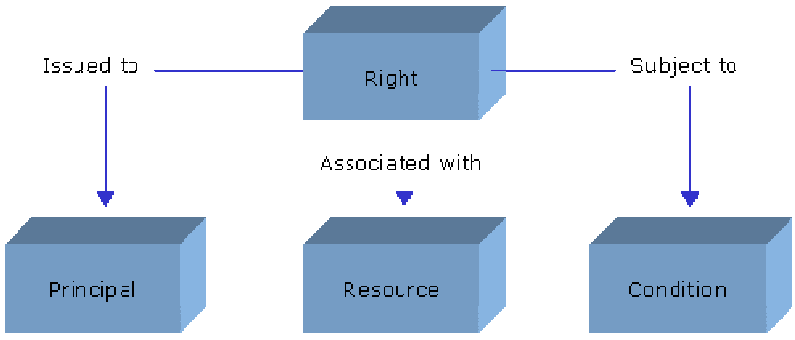


Figure 11 - MPEG21 Part 5, REL Data Model [30]

[30] http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-21/mpeg-21.htm

La structure et l'organisation du langage

La syntaxe du langage XrML est basée sur la technologie du XML Schema normalisée par le W3C. L'avantage de cette structure du langage est d'offrir une extensibilité et une adaptabilité pour y inclure les futures évolutions ou encore les extensions utilisateurs.

Le schéma suivant explique la structure de la version 2.1 de XrML :

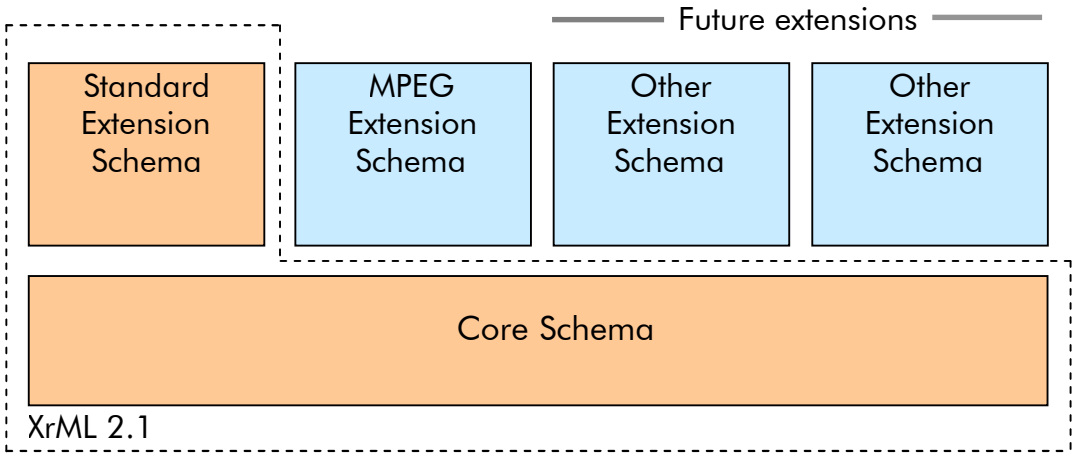


Figure 12 - Structure du langage XrML

Core Schema : Contient les définitions et les concepts du cœur de la sémantique XrML. Il définit les concepts liés aux licences, donc de permissions, d'actions, de ressources et de conditions. Le préfixe de l'espace de nom pour le Core Schema est « r ».

Standard Extension Schema : Contient les définitions permettant de mettre en œuvre XrML dans les cas généraux. Cette partie s'appuie sur le Core Schema qui est la partie abstraite. Le préfixe de l'espace de nom pour le Standard Extension Schema est « sx».

MPEG Extension Schema : Cette extension définit des notions de droit, de permission, etc, pour des domaines d'applications comme la diffusion de livres électroniques. Le préfixe de l'espace de nom pour le Standard Extension Schema est « cx».

Other Extension Schema : Sont destinés à l'évolution future du modèle conceptuel XrML. La figure 13 (p.59) suivante montre cette évolution avec l'ajout des extensions TV anytime, Web Services et Learning Technologies.

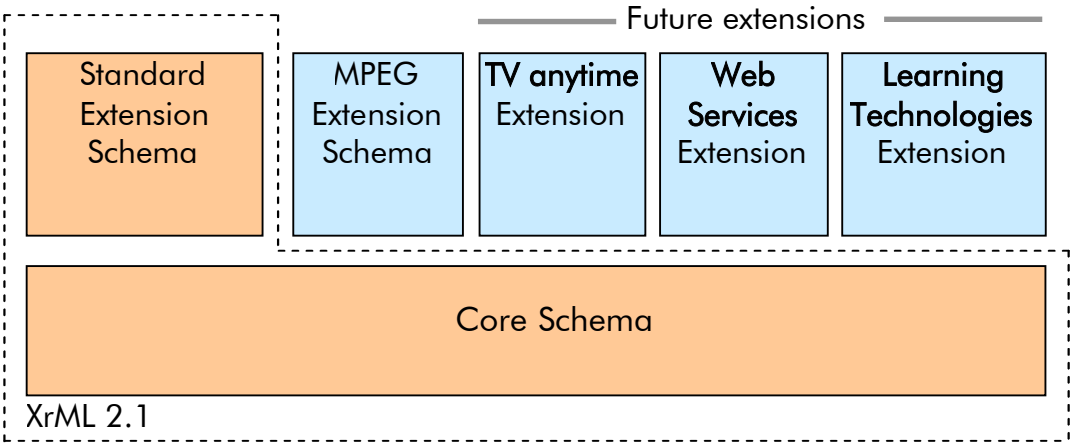


Figure 13 - Structure du langage XrML (ajout d'extension)

Un exemple de licence XrL simple. La licence suivante attribuée à Alice.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<r:license xmlns:dsig="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#"
      xmlns:mx="urn:mpeg:mpeg21:2003:01-REL-MX-NS"
      xmlns:r="urn:mpeg:mpeg21:2003:01-REL-R-NS"
      xmlns:sx="urn:mpeg:mpeg21:2003:01-REL-SX-NS"
      xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
      xsi:schemaLocation="urn:mpeg:mpeg21:2003:01-REL-R-NS ../schemas/rel-r.xsd
            urn:mpeg:mpeg21:2003:01-REL-SX-NS ../schemas/rel-sx.xsd
            urn:mpeg:mpeg21:2003:01-REL-MX-NS ../schemas/rel-mx.xsd">
  <r:grant>
    <r:keyHolder>                                                    Subject
      <r:info>
        <dsig:KeyName>Alice</dsig:KeyName>
      </r:info>
    </r:keyHolder>
    <mx:print />                                                     Right
    <r:digitalResource>                                              Object
      <r:nonSecureIndirect URI="urn:ebook.world/999999/ebook/rossi-000001" />
    </r:digitalResource>
    <r:allConditions>                                                Condition
      <sx:exerciseLimit>
        <sx:count>3</sx:count>
      </sx:exerciseLimit>
    </r:allConditions>
  </r:grant>
</r:license>
```

Source : DMAG[31]

[31] http://dmag.upf.edu/

Un autre exemple de licence simple et minimale. La licence suivante certifie que le détenteur de la clé à pour nom « Alice Richardson ».

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!-- Copyright (C) 2001 ContentGuard Holdings, Inc. All rights
reserved.
"ContentGuard" is a registered trademark and "XrML", "eXtensible
rights Markup
Language", the XrML logo and the ContentGuard logo are trademarks of
ContentGuard Holdings, Inc. All other trademarks are properties of
their
respective owners.-->
<!-- This is a simple certificate -->
<license xmlns="http://www.xrml.org/schema/2001/11/xrml2core"
xmlns:sx="http://www.xrml.org/schema/2001/11/xrml2sx"
xmlns:dsig="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.xrml.org/schema/2001/11/xrml2cx..\schem
as\xr
ml2cx.xsd">
<!-- Certify that the following key holder has the common name "Alice
Richardson"-->
<grant>
<keyHolder>
<info>
<dsig:KeyValue>
<dsig:RSAKeyValue>
<dsig:Modulus>Fa7wo6NYfmvGqy4ACSWcNmuQfbejSZx
7aCibIgkYswUeTCrmS0h27GJrA15SS7TYZzSfaS0xR9lZ
dUEF0ThO4w==</dsig:Modulus>
<dsig:Exponent>AQABAA==</dsig:Exponent>
</dsig:RSAKeyValue>
</dsig:KeyValue>
</info>
</keyHolder>
<possessProperty />
<sx:commonName>Alice Richardson</sx:commonName>
</grant>
</license>
```

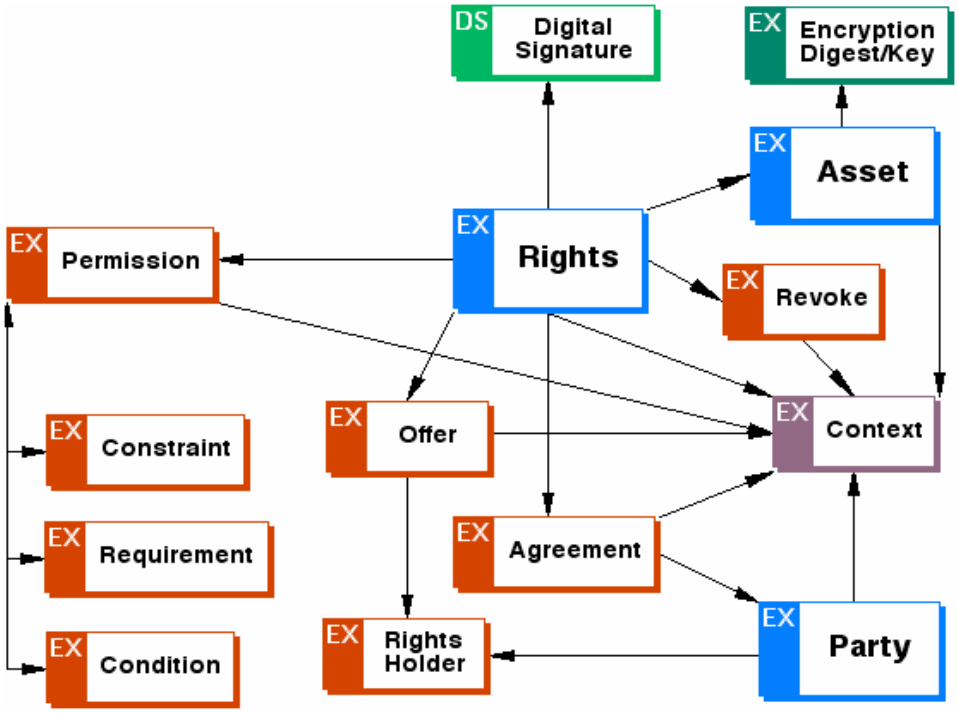
Espace de nom

Subject

ODRL

On retrouve dans ODRL des similarités conceptuelles avec XrML. Pour reprendre la notion de Core XrML, le Core ODRL est constitué de 3 notions fondamentales : Rights, Asset, Party. Comme XrML, ODRL fournit un langage et un vocabulaire exprimés au travers d'un Schema XML, pour définir les relations entre les entités et définir les droits et permissions sur les contenus. ODRL ne recommande pas comment la DRM doit être construite, mais fournit la sémantique pour définir les actions qui devront être menées au sein de la DRM.

Prenons le schéma conceptuel de la version 1.1 pour en comprendre l'architeture.



Légende

EX ➔ Expression Language Entities

DS ➔ XML Digital Signature

Ces 3 notions se subdivisent et interagissent entre elles.

Asset

L'Asset représente tout contenu, qu'il soit physique et/ou numérique. Il est identifié de manière unique et peut être constitué de sous ensembles ayant différents formats. Il peut être chiffré pour le protéger lors d'une distribution. Un Asset comprend donc l

à N documents, par exemple un CD musical comporte 12 pistes ou un DVD comportant plusieurs scènes.

Rights

Les Rights (droits) incluent les Permissions (permissions) qui contiennent les Contraints (contraintes), les Requirements (exigences) et les Conditions (conditions).

Les Permissions représentent les possibilités d'usage d'un contenu, lire une vidéo, inverser une photo, copier un texte. Les Contraints représentent les limites des Permissions, lire 20 fois une vidéo, ou copier 3 fois un CD.
Les Requirements représentent les obligations à remplir pour exercer les Permissions, payer 1 euro à chaque lecture d'une vidéo. Enfin les Conditions viennent caractériser les Permissions par exemple une personne vient en fin d'abonnement un serveur de contenu.

Parties

Les Parties (parties) représentent les utilisateurs et les détenteurs des droits (Rights Holders). Elles représentent des entités humaines, mais également des organisations ou des rôles dans la création, la distribution.

Ces 3 entités génèrent une offre pour souscrire des droits d'utilisation des contenus. Offer (Offre) représente les droits que peut contracter un utilisateur par rapport à un Asset et un Agreements (accord), et représente le contrat passé entre les détenteurs de droits et l'utilisateur de ce contrat. Agreement est la transformation d'une offre en une licence d'utilisation.

La plupart des entités du modèle sont en relation avec un Context (Contexte). Le Contexte décrit de manière plus précise les entités ou les relations entre les entités. Par exemple, le Context d'un Agreement peut préciser la date d'une transaction, le Context d'une Party peut préciser leur rôle. L'utilisation d'un identifiant unique en provenance du Context est hautement recommandé par ODRL. Le Context joue ainsi un rôle très important dans l'identification de l'entité. La capacité de référencer de manière unique chaque entité permet de créer des liens entre les entités.

ODRL et XrML sont conformes aux principes axiomatiques de modélisation des droits de Stefik[32]. En revanche ODRL est plus simple, alors qu'XrML possède beaucoup d'options et travaille avec un RDD (*Rights Data Dictionary*) indépendant.

[32] Polo J., Prados J., *Delgado J., Interoperability between ODRL and MPEG-21 REL*, 2004.

Dans les deux cas on retrouve conceptuellement la même architecture quant aux entités mis en jeu qui interagissent entre elles.

Entité	XrML	ODRL
Sujet	Sujet (principal)	Party
Contenu	Ressource	Asset (contenu)
Droit	Droit (Rights)	Permission
Condition	Condition	Contrainte (droit)

Figure 14 - Synthèse des entités conceptuelles pour XrML et ODRL

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<o-ex:rights xmlns:o-ex="http://odrl.net/1.1/ODRL-EX"
             xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
             xmlns:o-dd="http://odrl.net/1.1/ODRL-DD"
             xsi:schemaLocation="http://odrl.net/1.1/ODRL-EX ../schemas/ODRL-EX-11.xsd
             http://odrl.net/1.1/ODRL-DD ../schemas/ODRL-DD-11.xsd">
  <o-ex:asset>                                                    Object
    <o-ex:context>
      <o-dd:uid>urn:ebook.world/999999/ebook/rossi-000001</o-dd:uid>
      <o-dd:name>Why Cats Sleep and We don't</o-dd:name>
    </o-ex:context>
  </o-ex:asset>

  <o-ex:permission>                                               Right
    <o-dd:print>                                                  Condition
      <o-ex:constraint>
        <o-dd:count>3</o-dd:count>
      </o-ex:constraint>
    </o-dd:print>
  </o-ex:permission>

  <o-ex:party>                                                    Subject
    <o-ex:context>
      <o-dd:name>Alice</o-dd:name>
    </o-ex:context>
  </o-ex:party>
</o-ex:rights>
```

Licence ODRL, Source : DMAG[33]

[33] http://dmag.upf.edu/

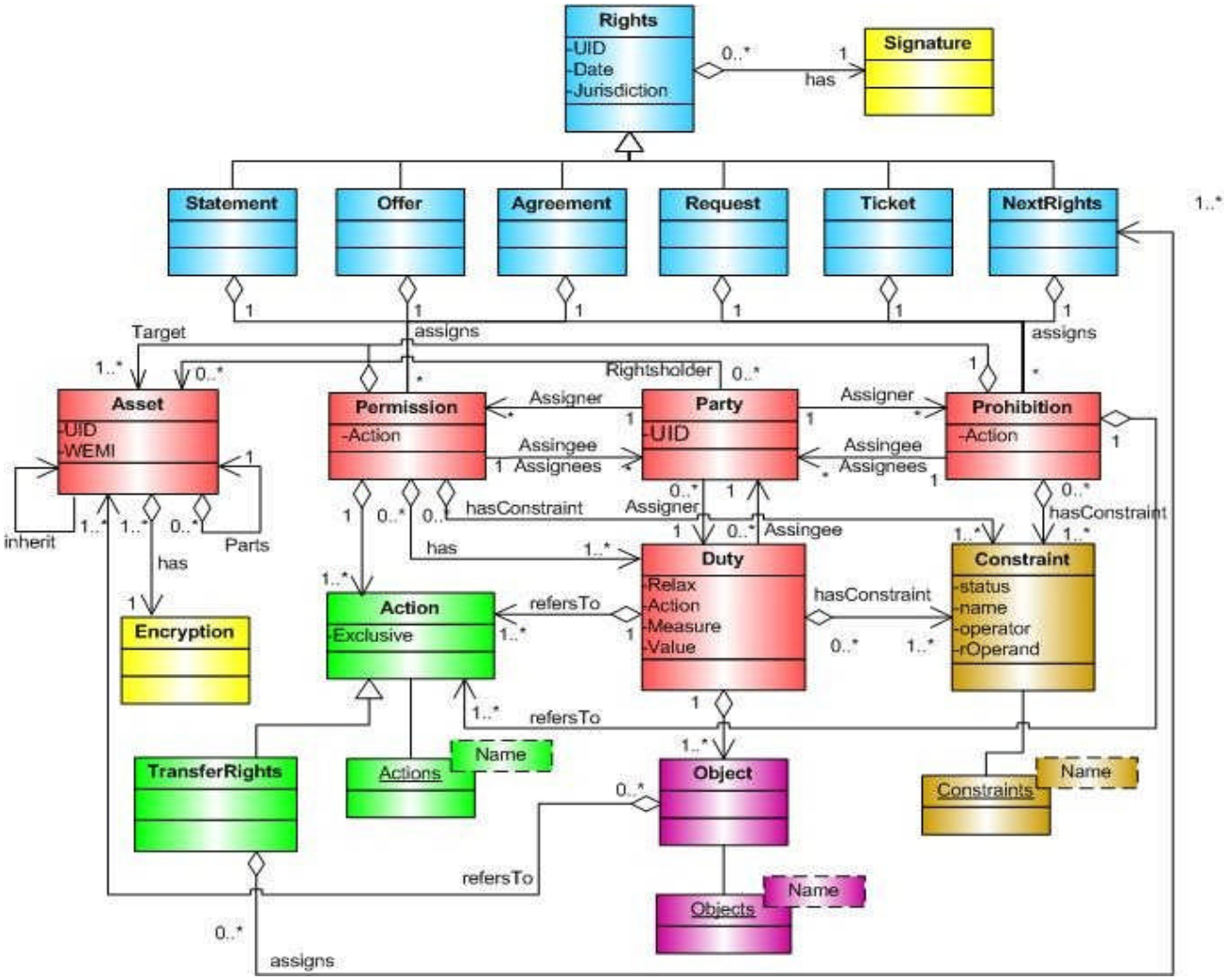


Figure 15 - ODRL V2, 2005

La figure 15 ci dessus montre l'évolution du schéma conceptuel du REL ODRL.

3.5. Les serveurs de contenus - DAM

Le rôle des serveurs de contenus ou DAM (*Digital Asset Management*), est la gestion des contenus numériques. Ils possèdent différentes fonctions pour échanger et gérer les contenus avec les utilisateurs, et dont la richesse augmente au fur et à mesure que les DRM se complexifient.

Un serveur de contenus offre :

- Un catalogue des contenus disponibles accessible et téléchargeable (download), ainsi que les métadatas concernant chaque contenu (titre, auteur, date de création, etc),
- Un système de streaming pour les flux volumineux comme les vidéos,
- Une distribution multi canal (Internet, réseau téléphonique, etc),
- Un générateur de licence,
- Un système de mémorisation pour les contraintes : reproduire un contenu 10 fois par exemple, le serveur doit être capable de mémoriser,
- Un système de paiement et de calcul de reversement des droits d'auteur.

Cette liste de fonction ne pourrait être exhaustive, puisqu'elle diffère en fonction des DRM à implanter et des services proposés.

Cette terminologie assez peu répandue en Europe confirme que la segmentation des distributions de contenus s'opère. En effet, au lieu de citer une gestion de contenus telle qu'une gestion électronique de document ou une gestion de contenus tout simplement, il semble que le marché de la distribution en ligne donne le jour à de nouveaux serveurs plus spécialisés pour la gestion des différents types de contenus. L'exemple de la diffusion d'une vidéo en temps réel (streaming) très utilisée pour la VOD (*Video On Demand*) ne met pas en œuvre les mêmes caractéristiques techniques que pour le téléchargement de fichiers.

La pluralité des contenus, mais aussi des modes de distributions, force la construction de serveurs taillés pour répondre à une demande très importante en ressource machine surtout lorsqu'il s'agit de streaming. De plus la généralisation de la cryptographie semble se diriger vers des contenus cryptés à la volée demandant des ressources machine également très importante.

On constate sur la figure 16 (p.66), l'architecture résumée de la DRM en tenant compte de l'introduction du serveur de contenus.

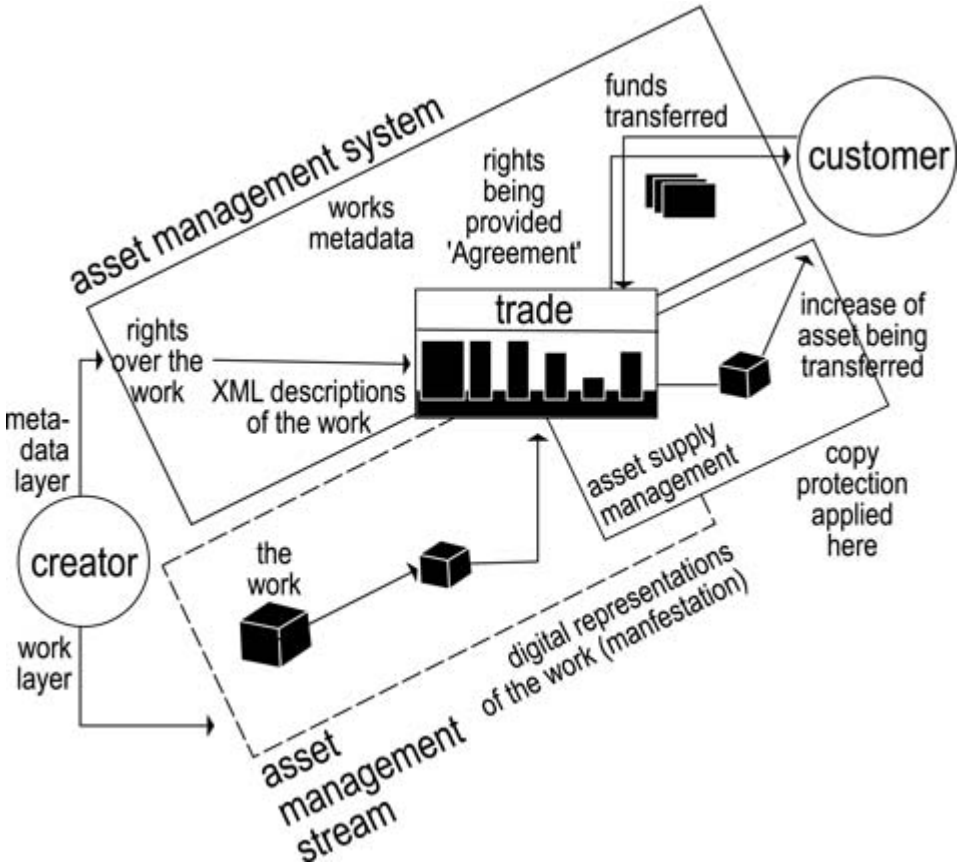


Figure 16 - Cycle de vie de la DRM (source : Australian Government)[34]

3.6. Gestion de la validation des droits - DRE

Les serveurs de contenus distribuent des contenus numériques de différentes manières et par différents canaux vers les dispositifs pour leur reproduction.

Les serveurs de contenus (DAM) distribuent des fichiers numériques qui sont, dans la plupart du temps, chiffrés (cryptés) à la volée en fonction des contrats souscrits. Le but de la DRE (*Digital Rights Enforcement*), installée sur la partie cliente de la DRM, est d'appliquer *stricto sensu* les conditions contractuelles émises en amont de la DRM, et met ainsi en avant les principes de fonctionnement de cette architecture. La DRE obéit donc à 2 règles : décrypter les contenus numérisés à l'aide d'une clé et faire respecter les contrats souscrits explicitement ou implicitement.

[34] http://www.dcita.gov.au/drm/1976.html

Le REL exprime l'ensemble des conditions d'un contrat, et ces conditions sont exprimées le plus souvent dans le langage formel XML et sont véhiculées entre le serveur de données (DAM) et la partie de la DRM installée sur le terminal client. Une simple investigation montre que les recherches sur les REL sont facilement disponibles sur le Net, tandis que les parties de DRM clientes restent secrètes chez chaque constructeur. La question restante est de savoir ce que contiennent ces logiciels capables de comprendre un REL et jusqu'où.

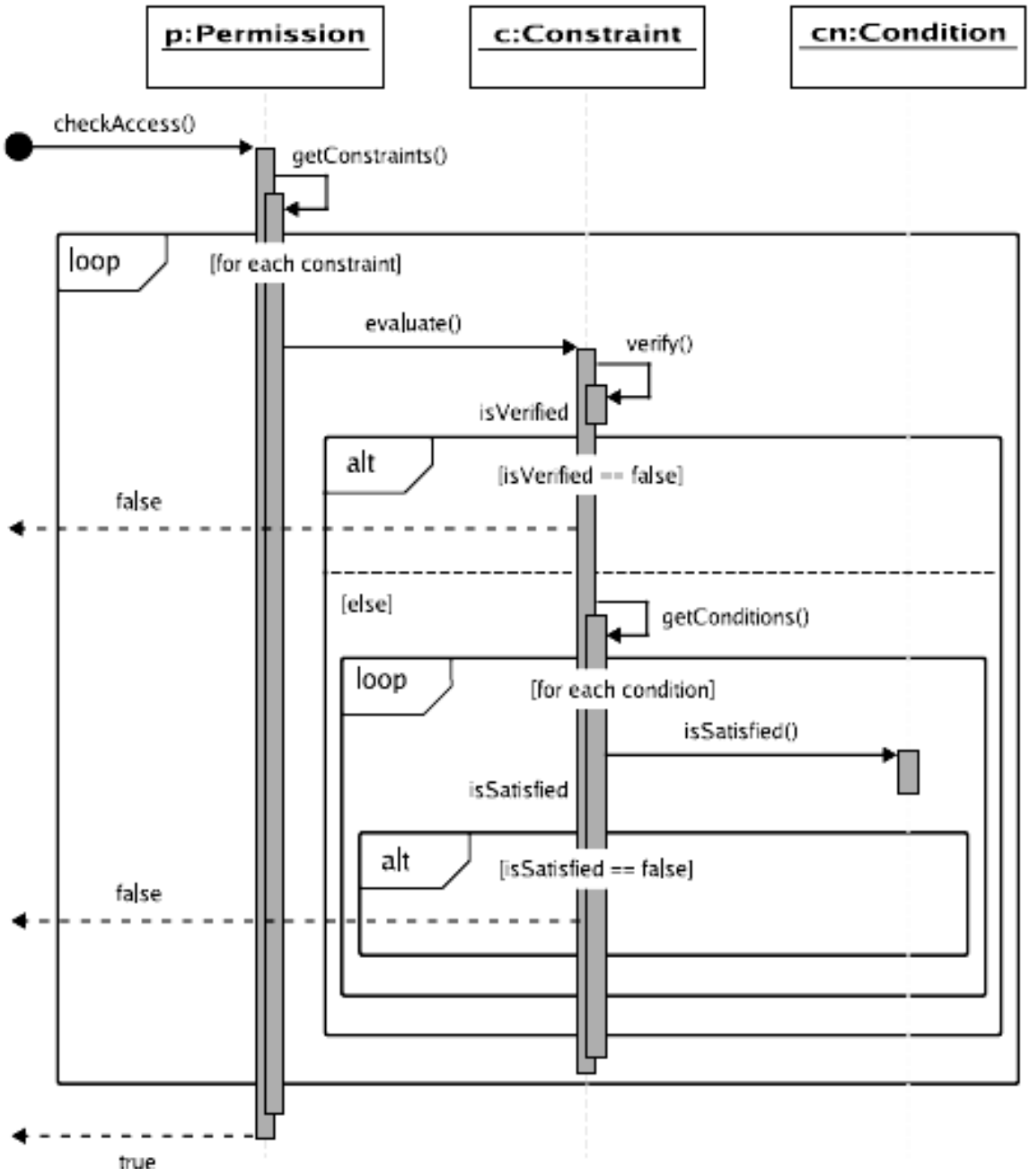


Figure 17 - Contrôle des permissions (Source ODRL)

Lorsque qu'une permission est vérifiée, toutes les contraintes limitant la permission sont évaluées. Si une seule contrainte n'est pas vérifiée en retournant la valeur « False » (sur le diagramme), alors la permission est rejetée.

Sont-ils adaptables à de nouvelles syntaxes, à une nouvelle sémantique ? Comment réagissent-ils à l'évolution, aux modifications des contrats ?

Ces questions simples posent en réalité un problème de fond lié au REL qui n'a de subsistance que dans sa révélation sur le dispositif client, et pose ainsi également la question de la capacité du dispositif à pouvoir interpréter une richesse expressive en constante évolution.

Pour protéger les contenus numérisés du piratage, il existe de nombreuses solutions de chiffrement des contenus, quelles soient logicielles ou bien matérielles. On retrouve les algorithmes classiques de chiffrement utilisés par l'industrie qui sont réputés pour leurs robustesses. (pour plus de détail, voir Annexe 1)

Mesure technique de protection

Les mesures de protection technique représentent les techniques mises en œuvre pour la protection des contenus lors de leurs diffusions. Deux techniques complémentaires existent aujourd'hui pour la protection, en dehors des systèmes hardware anti-copie. Le tatouage des œuvres qui correspond à un marquage numérique invisible ou inaudible, et la cryptographie qui permet de crypter les contenus pour qu'ils deviennent inutilisables sans possession d'une clé d'accès. Sans vouloir être exhaustif, car ce n'est pas le but de notre travail, examinons les 2 techniques précédemment citées.

Tatouage des œuvres

Les techniques de tatouage sont nées pour lutter contre la fraude, elles ne représentent pas une alternative au cryptage, mais les complètes. Le Watermarking est la technique de tatouage la plus utilisée face à l'autre technologie du Fingerprinting. Le Watermarking consiste à incruster dans le contenu numérique une information qui ne sera, ni visible dans le cas d'une image, ni audible dans le cas de l'audio, sous la forme d'un filigrane ou d'une empreinte dans le cas du Fingerprinting. Il doit être imperceptible pour ne pas altérer le médium numérique, mais également assez robuste pour résister aux attaques et aux différents traitements du médium. Le Watermarking comme signature numérique sert à authentifier les contenus quant à leur intégrité, origine et titularité. Il répond à l'un des 3 buts du REL qui est l'expression du Copyright.

Le Watermarking peut ainsi dissimuler dans un contenu :

- Le Copyright,
- Une signature du créateur, distributeur, ayant droit …,
- Des dates : création, distribution, vente…,
- Des références au fichier lui-même,
- Des identifiants…,
- Etc.

L'information incrustée (la marque) peut être de différentes natures. Elle peut signaler aussi une permission, par exemple marquer une copie interdite de l'œuvre. Dans tous les cas l'idée est de lutter contre la violation, de lutter contre la copie et le traitement de l'œuvre qui peuvent passer d'une simple copie à un découpage de l'œuvre pour citation ou encore à l'utilisation dans un autre document numérique. Le Watermarking doit respecter l'intégrité de l'œuvre de son ayant droit, ou en d'autres termes n'admettre aucune perte de qualité pouvant altérer sa reproduction.

Le champ d'application du Watermarking concerne tous les contenus numériques multimédias :

- Photographies ou images fichiers jpg, gif, etc,
- Objets 3D décrivant les mondes virtuels fichiers VRML, etc,
- Animations gif, mov de QuickTime, etc,
- Fichiers audio wav, mp3, etc,
- Fichiers vidéo fichiers MPEG2, MPEG4, avi, etc,
- Supports DVD.

Le Watermarking a connu une évolution forte pour répondre aux besoins grandissants des industriels afin de mieux protéger leurs œuvres. Il n'existe que peu d'applications donnant une reconnaissance au Watermarking, et cette seule technique ne suffit pas à protéger les droits des titulaires de droit. La technique du Watermarking doit obligatoirement être jumelée à celle de la cryptographie pour garantir un niveau élevé de protection.

Comme le précise Fabien Petitnicolas[35], ces techniques fragiles peuvent être mises à l'épreuve avec un outil qui est dédié à cet examen. Il s'agit d'un logiciel libre nommé StirMark[36] qui applique des distorsions aléatoires géométriques. Aucun algorithme de tatouage ne semble pouvoir actuellement résister à ces transformations.

Utilisation du Watermarking

Le Watermarking est utilisé à l'enregistrement ou à la lecture. A l'enregistrement un détecteur de Watermarking peut bloquer l'enregistrement des œuvres indiquant que les œuvres sont protégées. A la lecture, on peut combiner 2 Watermarking : Un Watermarking dit « robuste » et un Watermarking dit « fragile ». Quel est l'intérêt ?

La Watermarking avait pour réputation d'être contourné par la compression et la décompression d'un contenu, ce qui avait pour conséquence d'enlever le marquage ou de l'altérer. La parade a été trouvée en inscrivant 2 Watermarking dans les contenus. Dans ce cas, la lecture est autorisée si les 2 Watermarking sont présents. Le Watermarking qualifié de fragile est conçu pour disparaître lors de manipulations du contenu comme la compression ou l'édition, copie, etc. Ainsi, lors de l'utilisation, si l'un des 2 Watermarking manque, la protection est activée. Le but est de bloquer la lecture des contenus pour un utilisateur médian qui n'aurait pas de moyens de contournement.

Le watermarking est par exemple utilisé par Universal Picture dans ses DVD en utilisant la technologie de la société Verance[37].

Technique de marquage du Watermarking

A l'origine du Watermarking, les premiers algorithmes[38] allaient inscrire la marque dans les bits de poids faible de la luminance de l'image. Cette technique apparaît comme très rudimentaire. Cette marque est très facile à enlever ou à modifier, et ne résiste pas à la compression JPEG ou à l'adjonction de bruit blanc gaussien. Les autres techniques de Watermarking tentent de trouver une parade, ainsi on trouvera la technique du Patchwork, les algorithmes de Koch et Zhao, le Watermarking par étalement de spectre et le Watermarking fractal[39]. L'équilibre doit se trouver dans le couple robustesse et visibilité.

[35] http://www.petitcolas.net/fabien/
[36] http://www.petitcolas.net/fabien/watermarking/stirmark/
[37] http://www.verance.com/news/releases/10-14-03.html
[38] Algorithmes principaux : Bruyndonckx, Cox, Corvi, Koch, Xia, Xie, Piva, Fridrich, Zhu, Wang, Dugad, Kim, Langeraar documentation http://www.cosy.sbg.ac.at/~pmeerw/Watermarking/algos.html#frid
[39] Détail de ces techniques : http://www-rocq.inria.fr/codes/Watermarking/

La robustesse dépend de 2 facteurs essentiels : d'une part, la capacité à cacher l'information, à savoir employer une stéganographie en altérant au minimum le fichier source, et d'autre part à ne pas pouvoir interpréter ces informations cachées en employant des techniques de cryptographie qui sont identiques aux systèmes de clés précédemment décrit. On retrouve alors une clé de tatouage et une clé de lecture.

Faiblesse du Watermarking

La quantité d'informations tatouées reste limitée car si elle augmente elle détruit l'intégrité du contenu et vient ajouter un bruit inacceptable à l'œuvre et donc à son intégrité.

Les techniques de compression issues de la recherche (rotation, mise en page…) mettent à mal ce principe de tatouage, car si aujourd'hui une parade semble trouvée pour déjouer la compression, il n'est pas certain que demain cette technique soit encore valide et donc permette de garantir la propriété du contenu.

La mise à disposition d'un système de lecture de Watermarking, donne aux pirates l'opportunité de les utiliser à des fins d'analyses. On peut aisément imaginer qu'une fois les mécanismes de marquages identifiés, une parade pourrait s'organiser pour détruire les marques.

Le manque de confidentialité des algorithmes de Watermarking en font une cible facile.

Aujourd'hui cette technique semble faire preuve de faiblesse et ne résiste pas aux hackers de hauts niveaux. Cette technique ne semble pas pouvoir s'imposer comme seule technique de protection et doit être couplée à d'autres techniques comme la cryptographie des contenus. En aucun cas elle ne pourra se substituer à l'expression des droits, tout au plus à l'authentification.

A propos du Fingerprinting

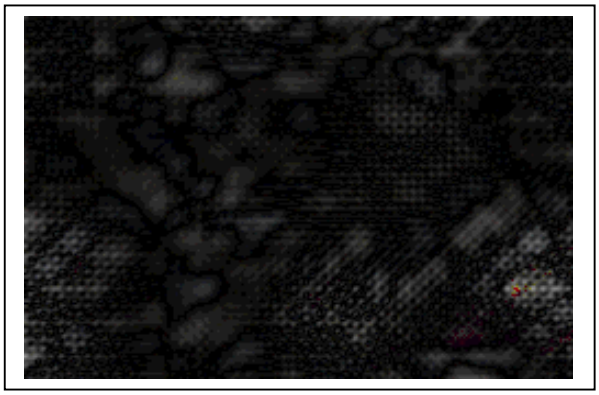
Le Fingerprinting ou empreinte, est une application de Watermarking qui personnifie la marque inscrite dans le contenu, ce qui identifie de manière unique l'émetteur. Le but est de tracer le contenu dans les réseaux permettant ainsi d'identifier la source émettrice à l'aide d'empreintes successives. Que ce soit le Watermarking ou le Fingerprinting, ces techniques sont des techniques de post-control et ne permettent pas de gérer les droits en temps réel sur des serveurs de contenus, mais assurent l'authenticité, l'origine des œuvres. Le Fingerprinting trouverait une légitimité dans la diffusion des contenus par des systèmes de super-distribution,

mais la fragilité toujours perceptible de ces techniques ne peut en faire pour le moment une technique fiable sur laquelle les titulaires de droit pourraient s'appuyer.

Cette technique vient donc s'ajouter à la batterie de contrôles mise en place pour protéger des contenus numérisés.

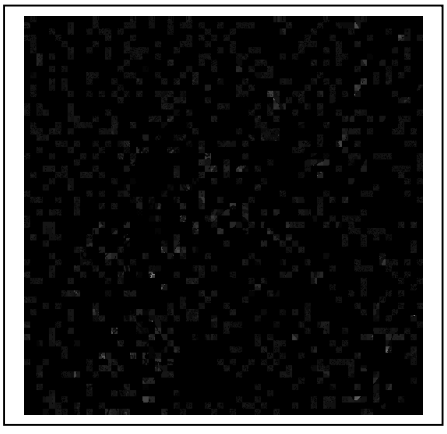
Exemple d'une image marquée. Source INRIA

Une image marquée
La marque invisible



La marque
luminance a été multipliée par 15 pour la rendre visible

Exemple de Watermark avec relief – La marque est rendu visible pour l'exemple http://www.europe4drm.com/demos/hp_demo/1.htm



3 exemples d'algorithmes de Watermarking. Le résultat de la marque est rendu visible pour l'exemple [40]

[40] http://www.cosy.sbg.ac.at/~pmeerw/Watermarking/

LOGICIEL	FABRIQUANT	DOMAINE D'APPLICATION	CARACTÉRISTIQUES	REMARQUES
Digimarc	DIGIMARC	Image	Plug-In	expliqué en français dans le site www.photographie.com
AutoKey	COGNICITY	Audio		
SYSCOP	FRAUNHOFER	Image, vidéo	Propose un service WWW pour le management des copyrights	S'intègre sur autres supports (CD-Rom, etc.)
ARGENT	DICE COMPANY	Audio, Vidéo	S'appuie sur une clé qui décrypte les données	Possibilité pour les professionnels du son de tester ARGENT
MUSIC CODE	ARIS	Audio	Impossible d' enlever le tatouage sans altérer le son	Résiste au copiage sur cassette
EIKONAMAR	ALPHATEC	Image	Détection automatique des images volées	Une alternative à Digimarc
FBI Pro	HIGHWATER	Image	Un logo est collé à chaque image	Fournit un plug-in à Netscape qui va sur le web chercher les images piratées
LICENSIT	NETRIGHTS	Image, vidéo, Audio	Plug-in à Photoshop	
CRYPTOR 2.0	HALLOGRAM	tout	Crypte les données	Les données sont accessibles avec un nom et un mot de passe
ICE	CRL	Audio	hardware	
VEC	CRL	Image	hardware	
Giovanni	Bluespike	Image	Basé sur un brevet de DICE	
Signafy	NEC and Informix Datablade		Basé sur les transformées de Fourier et DCT	
SureSign	Signum Technologies	Images	Plug-in à Photoshop	
Scarlet	Aliroo	Audio, Image		

Figure 18 - Principaux logiciels de Watermarking

Cryptographie

La cryptographie (vient des mots grecs «kruptos», qui signifie *caché* et «graphein», qui signifie *écrire*) arrive à protéger des contenus qui deviennent difficilement déchiffrables même par des professionnels du domaine. On sait qu'il faut des années pour casser un chiffre avec les ordinateurs les plus puissants de la planète. Là n'est pas la faiblesse. La faiblesse vient des clés de cryptage qui circulent sur les réseaux et qui peuvent être interceptées par les pirates. Comme tout acte de piratage, il est nécessaire d'avoir des informations au départ, sans quoi tout devient très difficile. Une fois les clés interceptées, le piratage peut continuer.

Cette faiblesse est alors contournée par le cryptage de la clé elle-même qui sera décryptée dans la DRM, appelée la Signature. Ce raffinement est essentiel car les clés véhiculées dans les réseaux restent vulnérables. Il est toujours recommandé d'échanger les clés de manière sécurisée pour ne pas se heurter aux faiblesses du système.

L'inconvénient majeur vient du fait que la recherche en cryptographie est connue de tous les gens qui l'ont étudiée. Les générateurs de clés que l'on trouve sur Internet, par exemple pour les logiciels téléchargés, en sont un parfait exemple. On retrouve les mêmes algorithmes de génération des clés dans des entreprises différentes et concurrentes. Il est donc hautement recommandé de s'appuyer sur des algorithmes qui ne sont pas diffusés par les laboratoires de recherche, mais sur des algorithmes dont le secret est de niveau militaire.

Les algorithmes de chiffrement se classent en deux catégories.

- Les algorithmes symétriques
- les algorithmes asymétriques ou à clé publique

Les algorithmes symétriques

Le fonctionnement des algorithmes symétriques est simple puisque le chiffrement par une clé K donnera lieu à un déchiffrement par cette même clé K. Les clés de cryptage et de décryptage sont identiques, et sont échangées entre l'émetteur et le récepteur du message chiffré.

Les algorithmes symétriques ne permettent pas une protection optimale car ils sont « cassables » même si les moyens mis en œuvre pour casser la protection est loin d'être à la portée de tout le monde. Il faudra en effet explorer 2^{56} combinaisons pour trouver la clé de l'algorithme DES (Data Encryption Standard IBM 1977)[41] d'une

[41] Comment fonctionne le DES http://www.commentcamarche.net/crypto/des.php3

longueur de 56 bits. Ce type de protection peut être cassé en moins d'une journée par des milliers d'ordinateurs en réseau. Cette protection a pourtant ses avantages car elle est peu consommatrice de ressources CPU et peut être renforcée grâce au triplement DES appelé TDES. La tendance est de préférer l'algorithme AES (*Advanced Encryption System*) plus récent et plus sûr pour crypter dans un mode symétrique.

Il faut retenir que la difficulté de trouver la clé dépend de la longueur de la clé exprimée en bits. Aujourd'hui nous trouvons des clés d'une longueur de 54 bits dans DES ce qui porte à 18.014.398.509.481.984 combinaisons possibles, cette longueur est aujourd'hui portée à 128 bits pour AES.

Les algorithmes asymétriques

Comme nous l'avons vu dans la cryptographie symétrique, la difficulté réside dans la gestion des clés, dans l'échange sécurisé. C'est l'objectif du cryptage asymétrique de pallier cette faiblesse du cryptage symétrique.

Le principe réside dans la non divulgation d'une clé, appelée clé privée, qui reste secrète et qui n'est jamais véhiculée, en théorie. Pour chiffrer un message avec un algorithme asymétrique, il faut en premier lieu générer 2 clés qui sont inséparables et uniques. La première clé dite Publique sera mise à la disposition de tous ceux qui voudront écrire à l'émetteur de cette clé. La seconde clé générée restera chez l'émetteur et ne sera jamais diffusée, c'est une clé secrète dite Privée qui va déchiffrer le message chiffré avec la clé publique.

Seule la clé privée pourra décrypter le message crypté par la clé publique, ce qui sous-entend que si un message est intercepté par une autre personne possédant la clé publique, il ne pourra en aucun cas le déchiffrer. Tout repose donc sur deux critères : la préservation de la clé privée et la robustesse de l'algorithme.

Le schéma suivant montre le processus génératif.

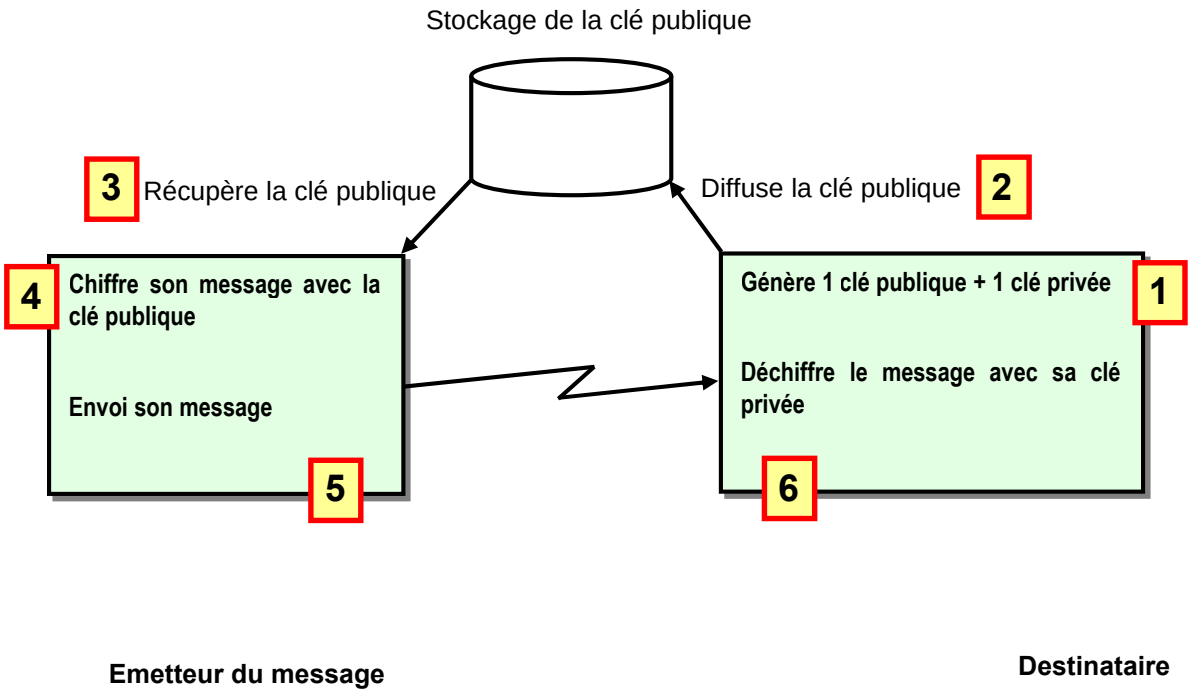


Figure 19 - Gestion des clés dans un algorithme asymétrique

L'avantage de cette méthode est l'incapacité des pirates à pouvoir disposer de la clé secrète car elle ne sort jamais de chez l'émetteur.

Le concept de cryptographie asymétrique fut inventé par Whitfield Diffie et Martin Hellman. Cette technique fut présentée pour la première fois à la *Nationale Computer Conference* en 1976, puis publiée quelques mois plus tard dans *New Directories in Cryptography.*

Mais le premier à avoir eu cette idée fut James Ellis en 1973 qui travaillait au service du chiffre du gouvernement britannique. L'algorithme de chiffrement asymétrique le plus connu est le RSA (du nom de ses inventeurs *Rivest, Shamir, Adleman*).

L'inconvénient majeur du chiffrement asymétrique est d'être beaucoup plus lent que le chiffrement symétrique, dans un rapport allant en moyenne de 1 à 1000, ce qui est très coûteux en ressource machine lors d'un déchiffrement en temps réel, inimaginable pour un streaming vidéo par exemple.

Pour cette raison, on préférera les systèmes dit à « enveloppe numérique » qui consiste à chiffrer avec un algorithme symétrique et de crypter la clé avec un algorithme asymétrique lors d'une signature. Le temps de déchiffrement de la clé peut être long car la quantité d'informations est très faible (64 bits par exemple) et l'on bénéficie alors d'une haute protection et le déchiffrement des contenus peut alors s'opérer à l'aide d'une clé symétrique.

Technologie Medialive

Le principe fondateur de la DRE est pour partie la protection des contenus par une technologie de cryptage de l'information.

Medialive, le partenaire industriel du projet Medialex, propose une solution de protection différente qui consiste non plus à crypter le contenu mais à différencier le contenu de sa protection. Le principe réside dans l'éclatement du contenu en 2 contenus complémentaires qui devront se reconstruire à l'aide d'un Player contenant les algorithmes de reconstruction. Le principe réside dans la diffusion d'un fichier de protection crypté de très faible taille, correspondant à l'un des 2 fichiers, qui sera émis la plupart du temps en streaming rendant impossible la visualisation des contenus sans ce fichier de protection.

Medialive aujourd'hui peut adresser sa technologie aux différents canaux de distribution que sont la téléphonie mobile, Internet, le câble, etc. Détaillons le principe.

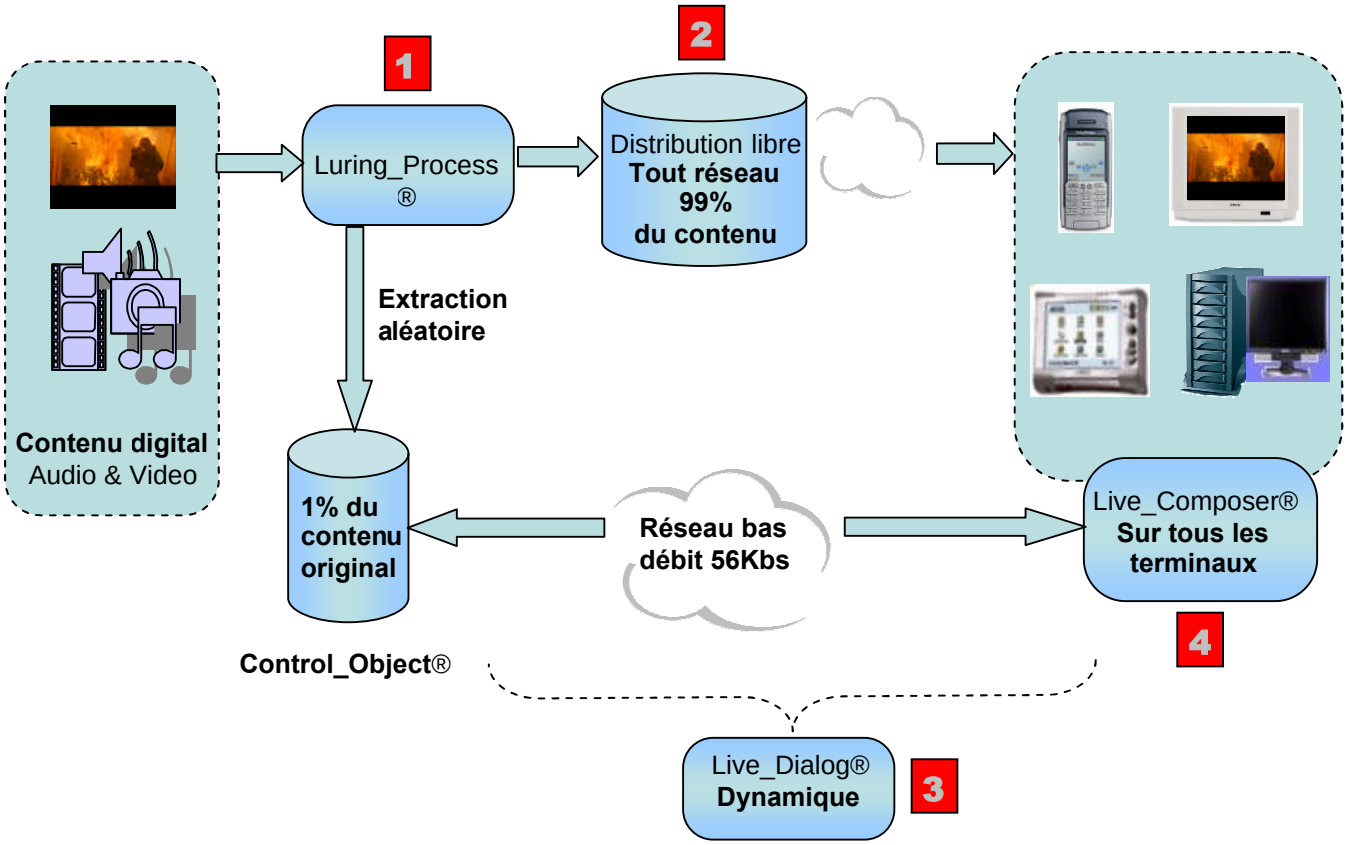


Figure 20 - Schéma général du fonctionnement de la solution Medialive

1 Les contenus musicaux et audio doivent déjà être préalablement stockés dans des formats standards de diffusion comme le MP3 pour l'audio ou le MPEG2/4 pour une vidéo.

Les fichiers ou contenus sont séparés en 2 fichiers complémentaires qui seront reconstruits ultérieurement lors de l'écoute.

Cette séparation est appelée « Luring Process » et consiste à extraire d'un côté 99% de l'information dans un fichier appelé « Lured MediaFile » et de l'autre 1% du contenu original dans un fichier appelé « Control Object ». L'extraction des informations se fait de manière aléatoire et n'est jamais identique d'une extraction à l'autre, ce qui représente un atout indéniable pour rendre difficile la recherche des informations brouillées pour les pirates.

Ce Control Object est crypté par l'algorithme AES 128 qui reste aujourd'hui très fiable car difficilement « crackable » (voir annexe 1) et possède une gestion des clés implantées dans le serveur de données.

Pour ne pas altérer le fonctionnement lors de l'écoute d'un fichier MPEG4 par exemple, il est nécessaire de remplacer les informations manquantes du Lured MediaFile par des informations qui n'ont pas de rapport avec le contenu, et cela aura donc pour conséquence de brouiller l'affichage lors de la restitution. Le lecteur MPEG4 sera ainsi leurré car la quantité d'informations à afficher sera conforme à ce qu'attend le décodeur.

Le schéma ci-dessous détaille le fonctionnement de Luring Process

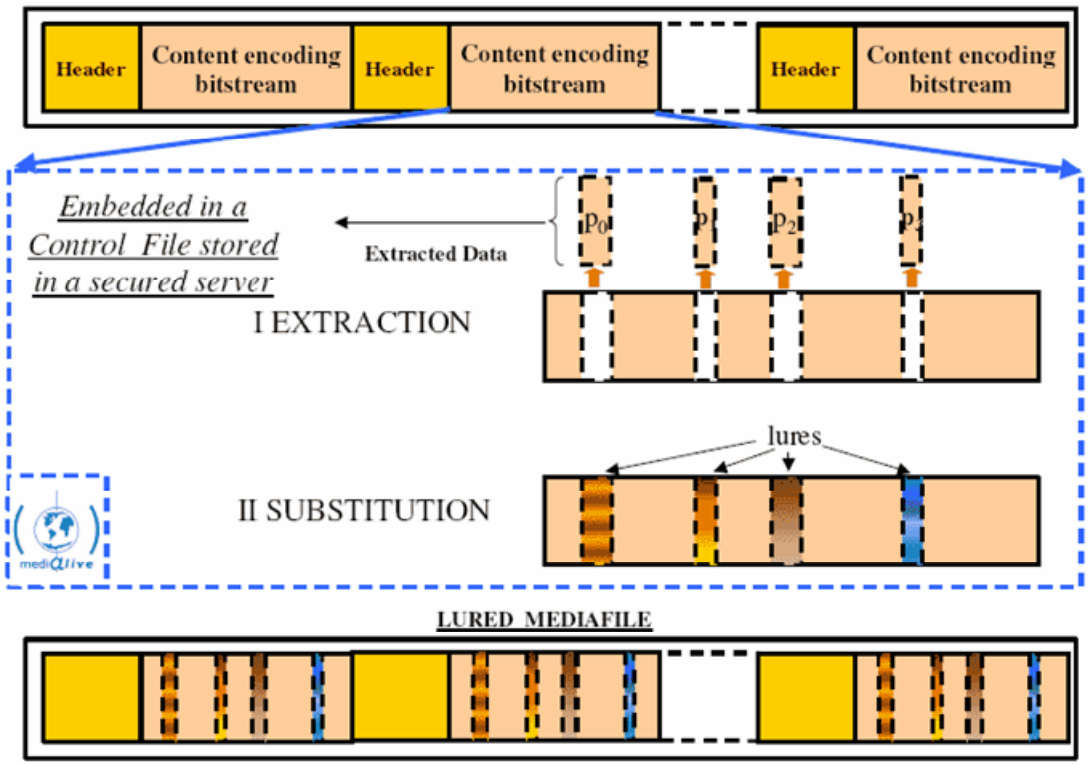


Figure 21 - Medialive : Luring process

2 Une fois le Lured MediaFile généré, ce fichier peut être distribué sans crainte d'être piraté puisque son contenu a été altéré par des leurres qui perturbent le contenu original, le rendant ainsi quasiment inaudible ou très brouillé visuellement pour une vidéo.

Quid du piratage à ce moment. Pourquoi ne pas tenter de reconstituer le fichier leurré par des informations plus proches du contenu en s'appuyant sur des algorithmes d'interpolation ?

La difficulté première est d'identifier les parties leurrées du Lured MediaFile car elles sont générées de manière aléatoire comme nous l'avons vu et donc rendent la tâche difficile.

La deuxième difficulté réside dans le fait qu'il faut générer une information manquante. Les algorithmes d'interpolation[42] ne savent pas recréer une information manquante mais tentent de la reconstituer par des méthodes qui sont toujours inefficaces aujourd'hui. Donc, la qualité originale du contenu numérique ne sera jamais reconstituée. On estime à 2^{450} les combinaisons possibles de reconstruction du contenu à l'original[43].

Cette technique a pour avantage de distribuer les contenus leurrés sans réserve et de la mettre en libre distribution sur les réseaux Peer to Peer.

3 Le Control Object est le fichier clé sans lequel la reconstitution du fichier natif reste impossible. Il comprend le pour cent d'informations extraites du contenu original. Ce fichier est aussi le fichier qui va établir la communication entre le serveur et l'utilisateur, car c'est par ce biais que les informations ou métadonnées vont circuler. Dans le projet Medialex, ce fichier aura pour fonction de porter le REL afin d'être véhiculer vers les utilisateurs.

Ce pour cent du contenu représente une quantité d'informations très faible face au 99%. Prenons l'exemple d'un film encodé en MPEG4 qui ferait 1 giga octets. Son Lured MediaFile ferait 990 mégas octets et son Lured MediaFile 10 méga octets. Imaginons que ce film dure 2 heures. Le débit que devrait supporter la connexion au serveur serait d'environ 11 kbs. On voit parfaitement avec ce simple exemple que toutes les connexions Internet peuvent supporter ce débit, mais cela implique également une fluidité du réseau Internet.

[42] Les différents algorithmes d'interpolation
http://www.americaswonderlands.com/digital_photo_interpolation.htm
[43] École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Analysis of Medialive's Medialiving technologyJuly 22, 2005

4 La reconstitution du fichier original se fait dans le lecteur Medialive Composer.

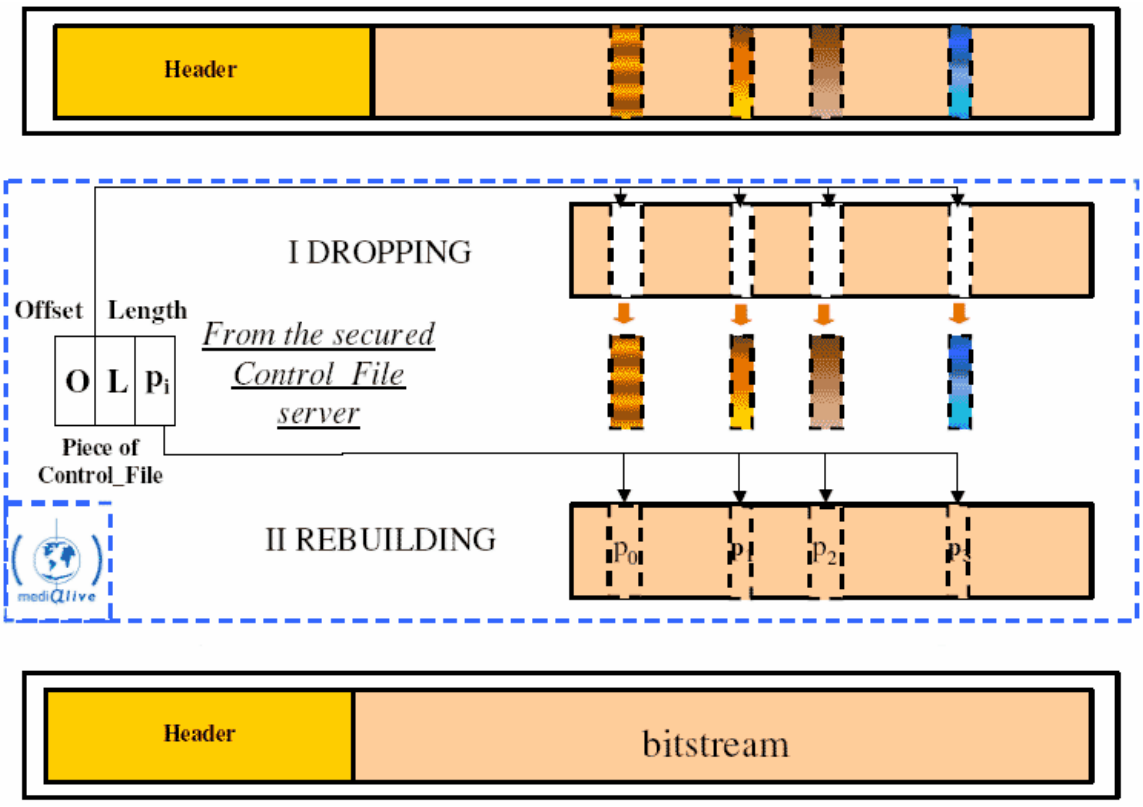


Figure 22 - Medialive : reconstruction du contenu

Le Composer lit le Lured MediaFile en local et reconstitue le fichier original avec le Control Object lu en streaming à partir d'un serveur de contenu. L'opération est simple et demande peu de ressources machine puisque le Control File est de faible poids, et comme nous l'avons vu, le décryptage du contenu est rapide grâce à l'utilisation de cryptographie symétrique (AES 128).

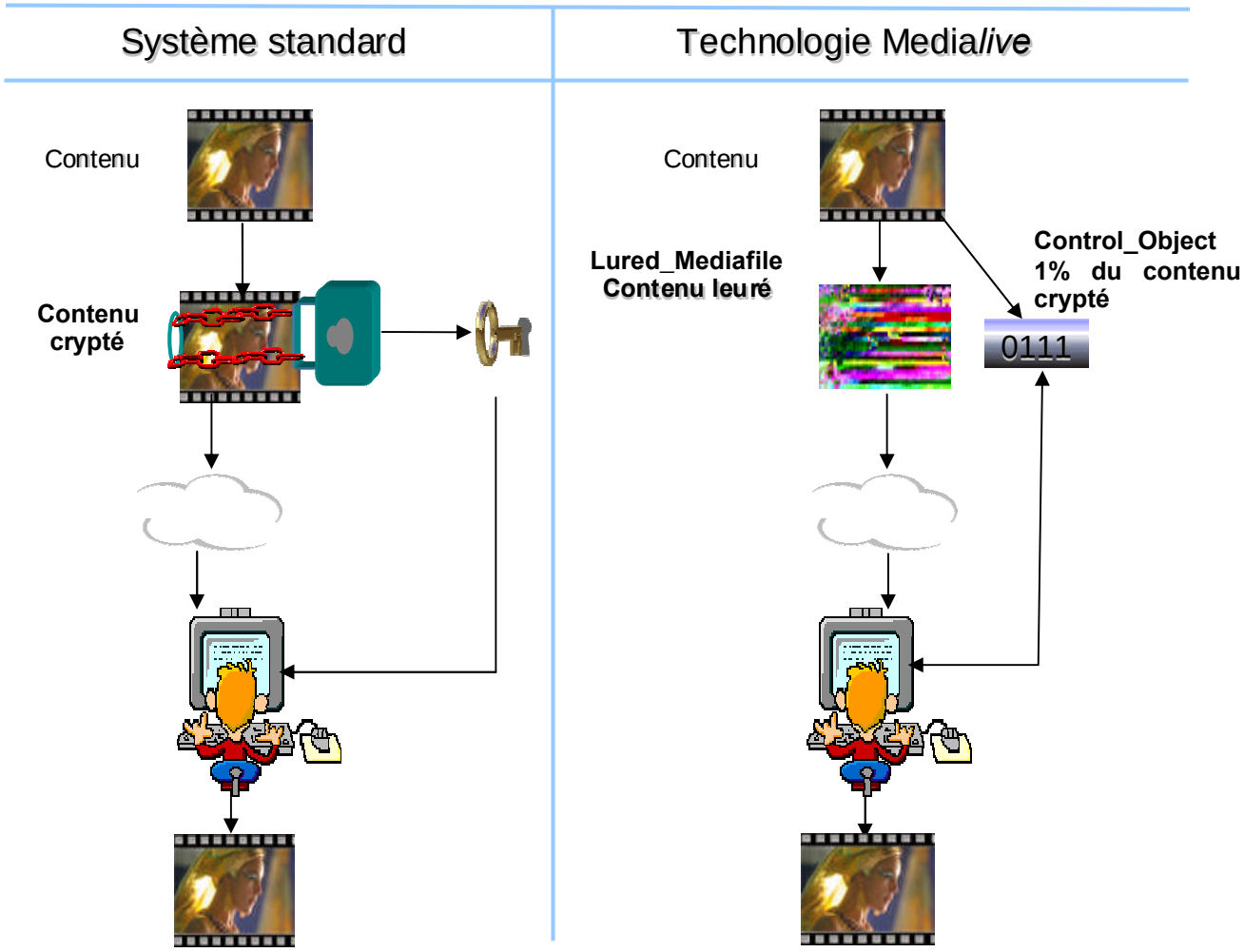


Figure 23 - Medialive : comparaison des solutions du marché

Pour conclure ce paragraphe, les DRE centrées sur les contrôles tentent de protéger les œuvres grâce à une évolution de la technologie de la cryptographie et du watermarking, ou encore trouvent des solutions originales comme celles proposées par Medialive. Comme nous le comprenons, une DRE fait partie intégrante de la DRM et donc elle doit être reliée au REL, qui est aujourd'hui absent de la technologie Medialive. Les solutions présentées au chapitre III répondront en partie aux besoins de la société Medialive d'introduire une licence dans leur technologie.

3.7. Interopérabilité des DRM

Lorsque nous parlons d'interopérabilité, on pense à la capacité d'échange entre des systèmes dits hétérogènes, construits différemment mais capables de comprendre un langage commun d'échange.

En revanche lorsque l'on parle d'interopérabilité dans le monde des DRM on constate 2 discours différents :

1. Celui des constructeurs qui parlent d'interopérabilité au sein même de leurs solutions, prenant en compte dans le périmètre l'ensemble des dispositifs pouvant être interopérables, pouvant restituer un contenu dans cet ensemble. OMA parle d'interopérabilité pour garantir que leurs solutions fonctionnent chez tous les opérateurs adhérant au consortium.
2. Celui des utilisateurs incapables de restituer une œuvre sur n'importe quel dispositif, les constructeurs dictant les dispositifs sur lesquels le contenu sera restitué en fonction de la DRM implantée.

L'interopérabilité est le premier enjeu social. Pourquoi ?

Historiquement, lorsque nous achetions un disque vinyle ou une cassette audio, le media n'avait pas de relation fonctionnelle avec le lecteur restituant le contenu. On achetait un droit de reproduction pour tous les lecteurs capables de reproduire le contenu codifié. Depuis, 2 phénomènes viennent entacher cette liberté :

1. L'évolution technologique des systèmes de codification et de reproduction
2. L'avènement des DRM

On constate par exemple pour les supports de la musique, que plusieurs révolutions technologiques jalonnent cette histoire. On pourrait parler du rouleau de cire qui fut le premier système d'enregistrement, mais partir du 78 tours est plus pertinent. La diffusion massive commence avec le disque 78 tours dans les années 30 (1936), pour laisser place au disque 33 tours dans les années 50 qui eux-mêmes laisseront leurs places au CD en 1983. Depuis, le CD a évolué pour offrir un format haute définition nommé SACD (*Super Audio CD*). A chaque révolution le consommateur doit se procurer une nouvelle version des enregistrements, en clair il est dans l'obligation de racheter le même contenu sur un support différent et donc d'acquérir à nouveau un droit de reproduction. Chaque format possède ainsi un lecteur adapté qui n'est pas compatible avec les autres. On ne peut pas lire un SACD sur un lecteur de CD standard, l'inverse étant possible.

Le deuxième point est l'avènement des DRM. Comme nous l'avons vu en détail, la diffusion des contenus numériques et leurs restitutions sont intimement liés aux constructeurs de DRM. Cette captivité subie par le consommateur a pour conséquence directe de restreindre la liberté de reproduction. Un titre MP3 acheté dans le magasin en ligne iTunes, ne pourra pas être reproduit par un autre dispositif que ceux offerts par Apple. Tous les contenus gérés par la DRM Windows Media ne pourront être lus que par les dispositifs pouvant intégrer et exécuter le client DRM Windows Media.

L'interopérabilité entre les constructeurs de DRM n'existe pas actuellement et les fournisseurs de contenus sont donc devant un choix : quelles DRM choisir pour distribuer les contenus de leur catalogue ?

La réponse est certainement dans une analyse stratégique du marché.

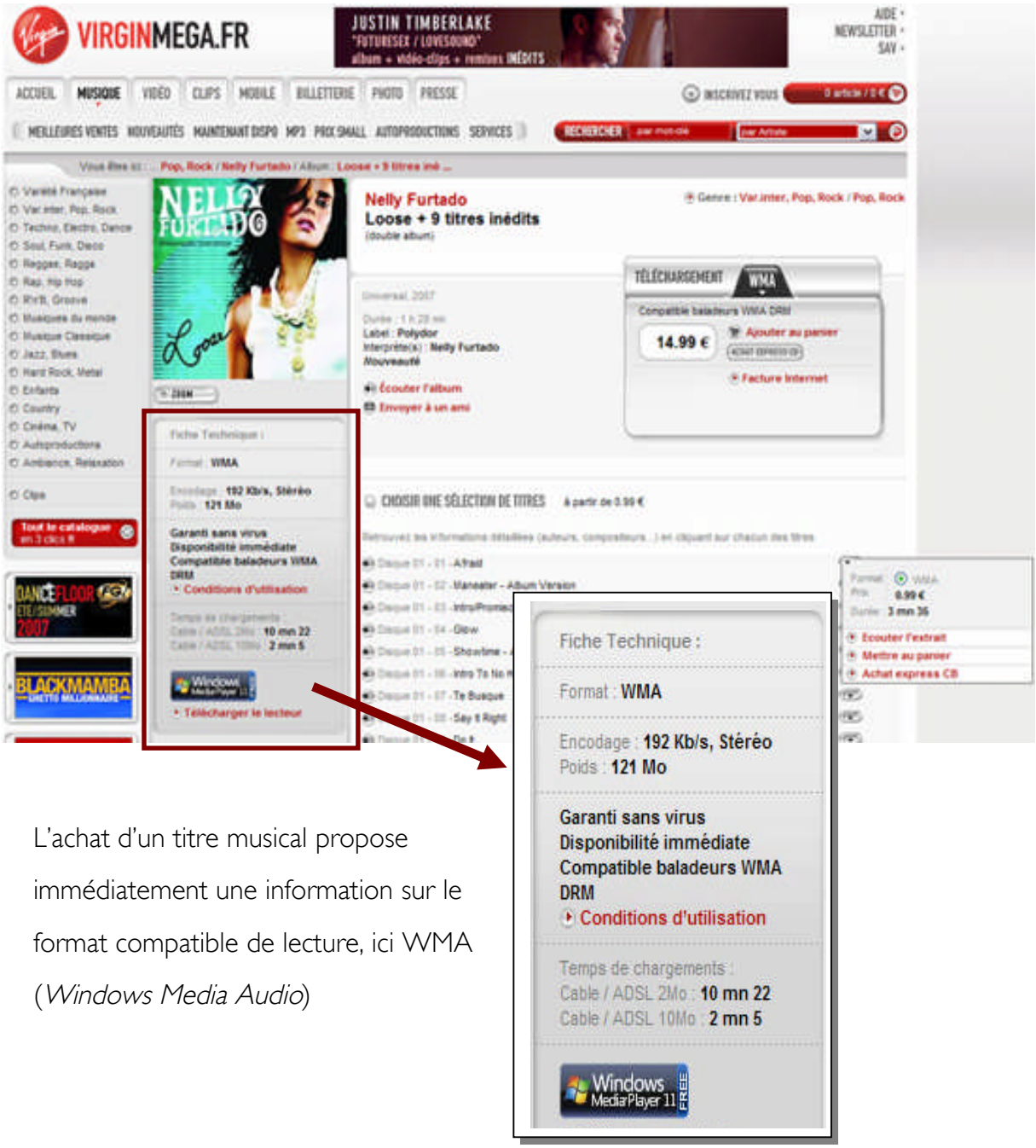
Une seconde réponse serait de diffuser les contenus qui seraient compatibles pour toutes les DRM, c'est-à-dire être capable de générer un contenu pour chaque DRM ce qui multiplierait par 2,3 ou plus, le nombre de contenus des serveurs. Hélas, cette réponse est idéaliste et ne trouve pas de réalité dans le monde de la distribution de contenus. Par exemple Virgin, l'un des leaders dans la distribution de musique en ligne ne peut distribuer de contenus compatibles avec les baladeurs iPod d'Apple, car Apple refuse de vendre sa technologie AAC. Virgin distribue donc des titres avec des licences WMA (Windows Microsoft).

La dernière réponse serait d'abandonner la DRM. Cette solution semble poindre pour la distribution de musique qui ne trouve pas de modèle économique viable. De nouvelles solutions sont proposées : payer plus cher les titres sans DRM tout en conservant les titres avec DRM, qui resteraient moins chers. Google propose également de vendre de la musique avec un tout autre modèle économique basé sur la publicité et la redirection vers son site de téléchargement de musique, Universal s'engagerait alors à vendre son catalogue sans DRM.

4. Mise en œuvre et pratiques

4.1. Ventes en ligne

Pour illustrer concrètement l'application des DRM, il est intéressant de voir comment leurs mises en œuvre s'opèrent chez les distributeurs, et d'en soulever les paradoxes. Commençons cette investigation par le site de vente en ligne **www.virginmega.fr**



L'achat d'un titre musical propose immédiatement une information sur le format compatible de lecture, ici WMA (*Windows Media Audio*)

Le site Virginmega propose son catalogue en ligne en imposant le format WMA DRM à ses clients, en accord avec les ayants droit.

La démarche entreprise est ici de déceler comment la DRM est implantée et comment l'information concernant l'utilisation des DRM est affichée dans le site Web. En d'autres termes, le consommateur est-il pris en charge cognitivement, ou bien doit-il volontairement rechercher l'information pour en prendre connaissance, si toutefois cette information existe ?

Le processus complet d'achat se décompose ainsi :

- Inscription obligatoire, adresse email valide, saisie du numéro de carte bancaire pour une automatisation des achats ultérieurs (appelé Achat Express),
- Choix de titres à acheter, concept de panier,
- Validation de la commande,
- Paiement,
- Téléchargement : choix du répertoire de destination.

La licence d'utilisation n'est pas transmise avec le fichier. Pour activer le contenu il faut ouvrir le lecteur WMP (*Windows Media Player*) et ouvrir les titres téléchargés. Au moment de l'ouverture, WMP vérifie si la licence est enregistrée en local, dans le cas contraire il télécharge la licence sur le serveur lors de la première utilisation.

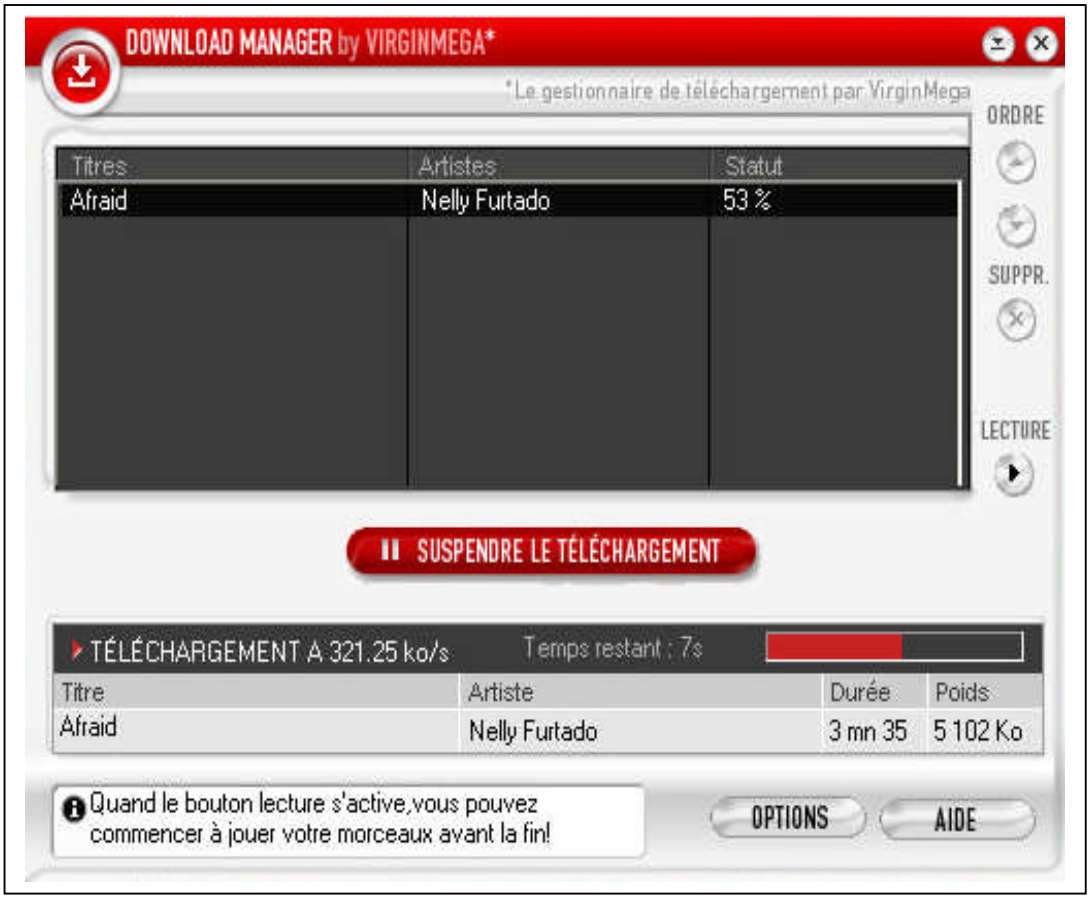
Lors de la consultation du catalogue on peut constater que le format DRM est affiché en même temps que le titre choisi. Le futur acheteur doit donc connaître le terme WMA, car aucune aide contextuelle ne permet de préciser le sens de ce terme.

Les conditions d'utilisations sont consultables à partir du lien « Conditions d'utilisations ». On retrouve dans ces conditions l'ensemble des règles de fonctionnement de la DRM ou des paramètres imposés à la DRM. On note que l'accès aux informations existe et reste simple d'accès.

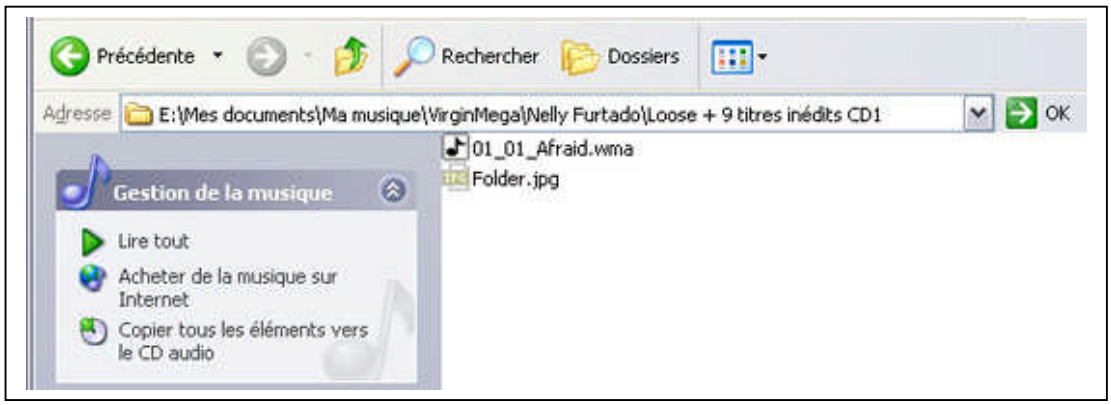
Au minimum, les Conditions Générales d'Utilisations des titres et albums de musique sur VirginMega.fr sont :	
Téléchargement définitif Le fichier téléchargé reste-t-il sur mon ordinateur sans limite de temps ?	OUI
Gravure sur CD Le fichier peut-il être gravé sur un CD ?	OUI

Nombre de gravures autorisées Combien de fois le fichier peut-il être gravé	7
Transfert sur un baladeur numérique compatible WMA Le fichier peut-il être transféré sur un baladeur numérique compatible WMA ? Pour voir la liste des baladeurs numériques compatibles WMA, cliquez ici	OUI
Nombre de transferts autorisés Combien de fois le fichier peut-il être transféré ?	5

Derrière cette mécanique se cache quelques incohérences.



Téléchargement du titre



Le fichier (01_01_Afraid.wma) est enregistré dans le répertoire choisi, mais sans la licence qui est sauvegardée dans un autre répertoire qui ne sera pas nommé.

Citons les plus importants sites Web de téléchargement musicaux accessibles en France :

OD2 ➔ plateforme fournisseur de musique pour les distributeurs : DRM WMA – Utilisé par Wanadoo, Alapage mais aussi MSN, la Fnac ou MTV.
http://sib1.od2.com/common/Framework11.aspx

Sony Connect : Format ATRAC3 ➔ http://store.connect-europe.com

iTunes ➔ Apple Format ACC

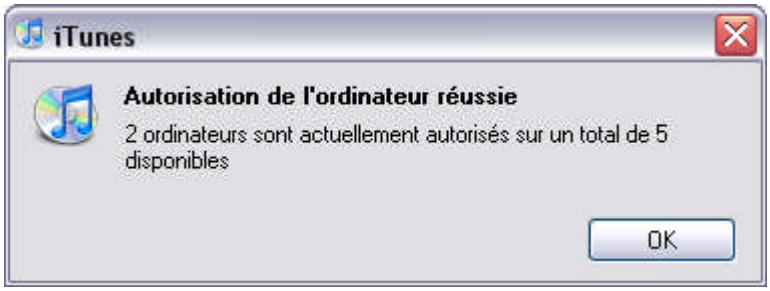
Virgin ➔ WMA DRM http://www.virginmega.fr/

Fnac ➔ WMA DRM http://www.fnac.com

E-Compil (Vivendi-Universal) ➔ WMA DRM http://www.ecompil.fr

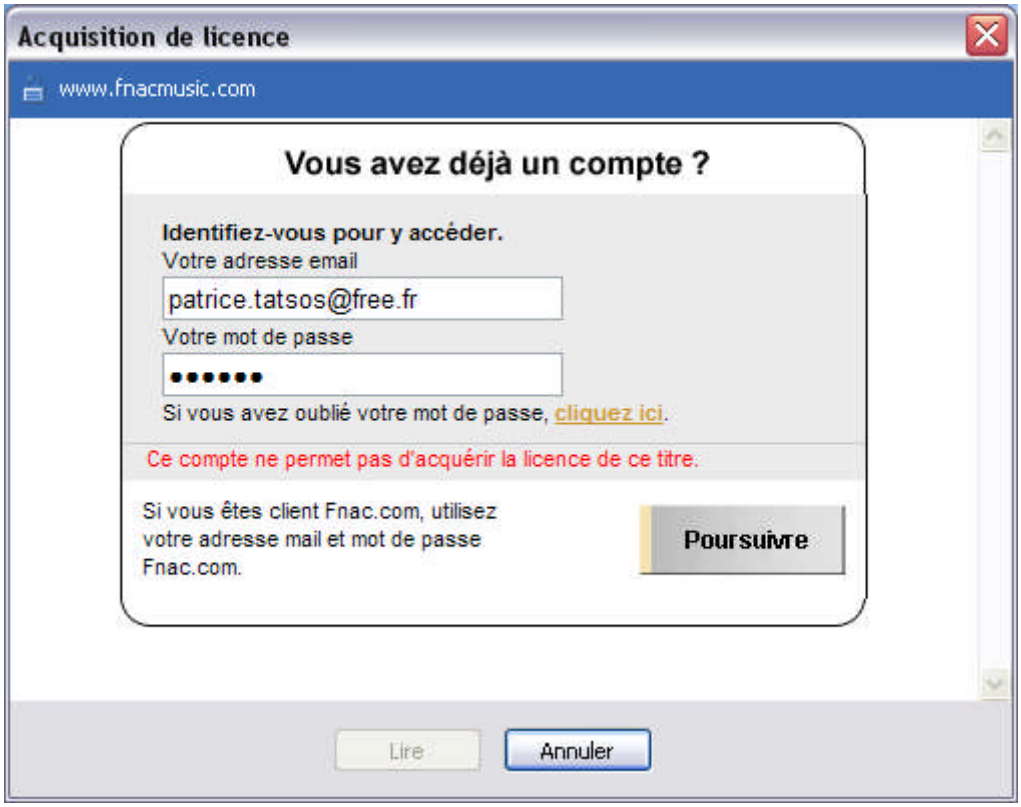
Pour compléter cet exemple d'achat en ligne, les autres sites Web, ou logiciels de téléchargement comme iTunes, n'offrent pas un niveau d'informations satisfaisant. Il est donc très difficile d'accéder en général aux conditions d'utilisations des contenus achetés, et il est nécessaire d'explorer les sites Web pour trouver l'information. De plus, la compatibilité ou l'interopérabilité n'est pas expliquée. Cette expérience sur les fichiers musicaux est représentative du marché de la DRM et s'applique aux fichiers téléchargeables comme la VOD.

Cas d'utilisation 1 : Nouvelle acquisition de licence pour un titre acheté sur iTunes.



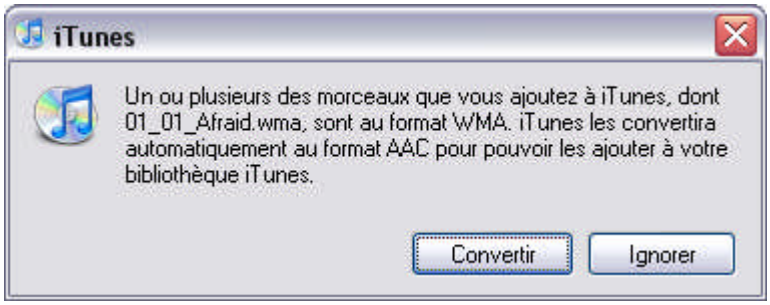
La nouvelle acquisition fonctionne et le nombre d'installations restantes est affiché.

Cas d'utilisation 2 : Nouvelle acquisition de licence pour un titre acheté sur le site Web de la FNAC - Licence perdue après réinstallation du système

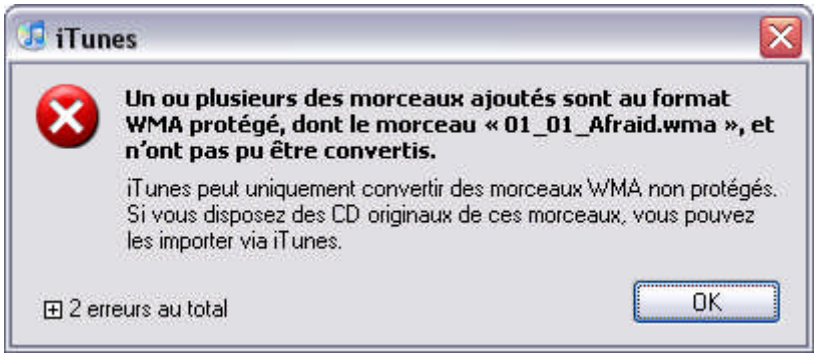


Impossible d'acquérir de nouveau la licence.

Cas d'utilisation 3 : Tentative de transfert d'un titre acheté sur Virgin vers iTunes - changement d'ordinateur PC vers MAC



Le format de transfert est différent, iTunes le signale



Impossible d'acquérir la licence du titre

4.2. Utilisation des contenus achetés en ligne

Nous avons vu comment l'achat en ligne avait démontré que l'accès à l'information des conditions d'utilisations n'était pas explicite et devait être souvent un acte volontaire de recherche. La seconde difficulté est la compréhension même de l'utilisation des contenus sur les plateformes matérielles cibles.

Pour poursuivre cette enquête, utilisons des cas d'utilisations simples :

1. Lire le contenu,
2. Sauvegarder le fichier avec sa licence (pour prévenir tout risque de crash disque),
3. Graver sur CD pour écouter sur un lecteur,
4. S'informer sur les conditions contractuelles.

Reprenons le titre acheté précédemment qui est protégé par le WMA DRM. On prend un PC comme environnement de test, le MAC ayant beaucoup moins de lecteurs à disposition, ainsi que Linux. Sur un PC il existe un nombre important de lecteur de musique en Freeware, compatible avec les formats les plus répandus (compressés ou non) : MP3, WMA, OGG, WAV, AIFF, MP4, CDA, etc

Voyons comment les lecteurs réagissent à la lecture d'un titre protégé, et voyons si nous pouvons le graver 7 fois comme le disent les conditions d'utilisations.

Le tableau suivant résume le test :

Lecteurs	**Lecture possible**	**Nb de Gravure**	**Gravure sans protection**	**Sauvegarde licence**	**Infos licence**
Windows Media Player V11 (version officielle)	OUI	Impossible, graveurs indétectables	OUI	NON	NON
Windows Media Player V10	OUI	Impossible, graveurs indétectables	OUI **10 affichées**	OUI	OUI
WinAmp V5.35	OUI	**12** (7 par contrat)	OUI	-	-
BSplayer V 2.23	NON	NON	-	-	-

VLC V 0.86a	NON	NON	-	-	-
Foobar V0.943	NON	NON	-	-	-
Mplayer V1.0rc1	NON	NON	-	-	-

Figure 24 - Lecteurs compatibles WMA

A propos de la lecture et de la gravure sur CD

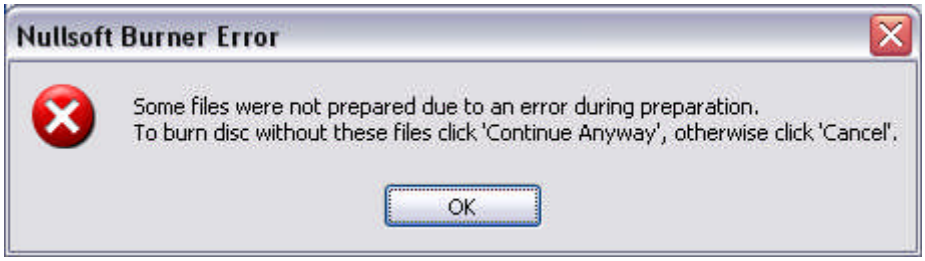
2 lecteurs peuvent lire le fichier protégé. Windows Media Player n'a pas pu reconnaître le graveur sur 2 ordinateurs différents (Microsoft propose une intervention payante de 49 euros pour résoudre le problème de non reconnaissance des graveurs sur des machines différentes, tous les autres logiciels les reconnaissants de suite). Le lecteur Winamp a pu graver 12 fois le fichier protégé, et WMP 10 affiche 10 gravures possibles pour 7 prévues par contrat. La DRM aurait dû interdire la gravure à partir de 8 fois. Le titre étant gravé sur CD, il est très facile de le transférer de nouveau sur un ordinateur dans le format de son choix, le titre n'étant plus protégé. Cette faille de protection dans la DRM est bien connue.

A propos de la sauvegarde des licences

L'action de sauvegarde est une action recommandée pour tout utilisateur d'un ordinateur et demeure un principe de précaution justifié. Ainsi, sur le site Web de Virginmega, il est clairement recommandé de sauvegarder les titres et les licences, cette information facilement accessible se trouve dans l'aide en ligne. Malheureusement, cette possibilité de sauvegarde des licences existait dans la version précédente de WMP et n'existe plus dans la version actuelle du lecteur de Microsoft. Il faut rappeler que l'installation du lecteur est automatique et fait partie intégrante de l'évolution du système Windows lors des mises à jour automatiques. Pourtant Virgin recommande l'utilisation des versions 9 ou 10 du lecteur qui ne peut être réinstallé facilement après l'installation de la dernière version. En dehors de toute considération scientifique, on a du mal à y croire !

Cela soulève un problème crucial de la sauvegarde du droit de reproduction. Virgin indique alors à ses clients de prendre contact avec la Hot Line pour trouver une solution en cas de perte des licences. Le problème soulevé ici n'est pas dans la capacité des fournisseurs à régénérer des licences pour leurs clients, mais bien dans l'architecture de la DRM imposée par le distributeur, et dans ce cas particulier c'est Microsoft qui se décharge et se déresponsabilise. Cela soulève bien entendu des problèmes de gestion qui ne seront pas abordés ici, mais on peut dire que si l'on est

capable de sauvegarder un fichier, pourquoi n'a-t-on aucune information pour le faire, car dans tous les cas ces droits ont été acquis et appartiennent au souscripteur. Cette opacité cognitive ne fait que desservir une architecture déjà contestée.

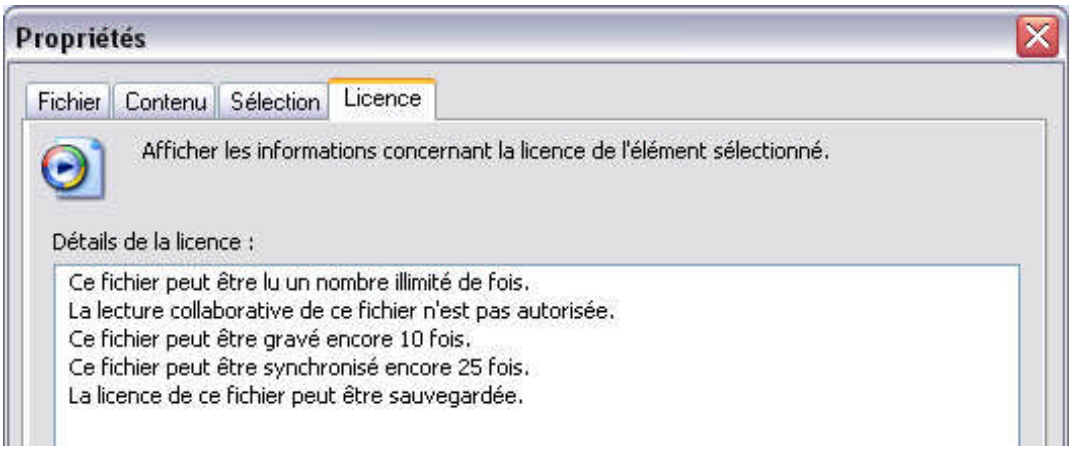


Message d'erreur de Winamp affiché lors d'une tentative de gravure excédant le nombre autorisé

A propos des informations contractuelles

Lors de l'achat, les conditions d'utilisations spécifiaient un nombre limité des usages comme la gravure ou le transfert. Seule l'ancienne version de WMP affiche des informations concernant la licence et indique le nombre restant pour chaque action accordée. Par exemple, Virgin recommande un seul lecteur pour lire ses titres et affiche clairement une incompatibilité avec les systèmes MAC et Linux. Dans ce cas particulier de la musique, restituer un fichier musical n'est possible que sous certaines conditions matérielles.

Conclusion de cet essai : la technologie de DRM n'est pas implantée sur tous les lecteurs. Cette technologie est fragile, et les lecteurs ne sont pas encore arrivés à maturité, tant les erreurs et les bugs sont fréquents. Cela pose un problème réel de sauvegarde des droits acquis qui semblent être pris entre les intérêts des distributeurs et ceux des constructeurs. On note également que seul WMP est le lecteur reconnu par les distributeurs rendant captif les utilisateurs au même titre que les utilisateurs d'iPod avec iTunes.



Visualisation de la licence avec le lecteur Windows Media Player 10

5. Formalisation du problème

Nous avons décrit les différentes briques pour la construction d'un système appelé DRM, dont la constitution varie en fonction des solutions proposées par les industriels. En revanche, nous avons constaté une similitude dans l'architecture et dans les grands processus : expression des droits, licence, cryptographie des contenus, reconstruction du contenu à base d'une clé, contrôle des permissions, etc.

Notre travail se situe en amont de cette chaîne pour se concentrer uniquement sur la partie identifiée comme étant le REL. Le projet Medialex s'occupe de créer une ontologie du droit d'auteur et de traduire cette ontologie dans un langage d'expression des droits pour être introduit dans la chaîne de la DRM. L'ontologie est alors la base pour représenter le domaine de connaissance, mais également notre modèle d'action.

Comme décrit dans l'introduction, notre projet doit partir de l'ontologie pour créer des licences dans le formalisme des REL cibles. Nous n'écartons pas la possibilité de créer notre propre REL, mais cela induit alors qu'il devrait exister le pendant de l'expression, son contrôle sur les dispositifs clients. Cette solution n'est pas analysée ici, mais reste potentiellement réalisable, par exemple par notre partenaire Medialive.

Nous allons tout d'abord aborder théoriquement les concepts dont nous aurons besoin au Chapitre II avant de les appliquer dans nos solutions au Chapitre III.

Chapitre II : REFLEXIONS

Vers la transparence cognitive

1. Introduction

Le chapitre I tente du mieux possible de décrire le fonctionnement des DRM, incluant une brique essentielle que représentent les REL dans son architecture. L'évolution rapide du monde des DRMS nous oblige à constater que l'architecture fonctionnelle et technique est en constante évolution et que chaque constructeur propose des solutions techniques différentes et incompatibles entre elles, d'où une interopérabilité impossible pour la restitution de contenus numériques sur différents dispositifs concurrents.

Le REL est donc la sémantique qui représente l'expression des droits, elle est encapsulée sous forme d'une licence dont la syntaxe est exprimée en XML, pour être ensuite interprétée par la DRM cliente incluse dans les lecteurs comme WMP. Ces REL, dont l'avenir n'est pas encore dessiné, devraient pourtant prendre leur essor, car ils représentent le moyen unique et jamais mis en œuvre de mettre en relation toute la chaîne de distribution des œuvres, allant des ayants droit jusqu'aux utilisateurs. Bien entendu, remonter une information vers le distributeur ne souffrait pas de créer un REL pour de telles statistiques. L'introduction d'une sémantique change donc les possibilités offertes à ce type de commerce électronique qui ne devrait plus fonctionner comme un modèle à sens unique (PUSH), mais être pensé et construit sur un échange continuel d'informations entre client et serveur. L'architecture technique s'en trouve ainsi profondément modifiée et ouvre la porte à une plus grande interactivité avec les consommateurs. Si le DVI (Disque Interactif) n'a pas vraiment eu le succès attendu, peut être que la DRMi (DRM interactive) l'aura dans un tout autre registre.

Nous sommes donc confrontés à 2 problèmes liés :

- L'évolution constante des DRM issues de chaque consortium,
- L'interopérabilité des systèmes de DRM.

Dans le premier cas, il faudra trouver les moyens de communiquer au travers des systèmes de DRM pour rendre transparente l'information pour les souscripteurs de licences (utilisateurs), et dans l'autre cas, il faudra être capable de proposer des solutions pour lever le verrou de la sémantique, pour s'adapter à tous les langages d'expression des droits.

Comme nous l'avons vu en introduction, le projet Medialex s'occupe de la création des licences se basant sur une ontologie pour décrire le domaine. Dans le projet Medialex, l'ontologie est un référentiel de concepts et un modèle d'action pour construire les licences et nous décrirons les solutions adoptées au chapitre III. Le

travail de création de l'ontologie est confié à l'UTC et ne fait pas partie du périmètre de cette thèse, mais nous en rappellerons les principes pour indiquer comment nous construirons les licences du REL cible.

Comme nous l'avons évoqué, il s'agit de rendre transparents 2 principes : l'un étant que l'information doit circuler de bout en bout d'une chaîne de transformation et l'autre consistant à passer d'une ontologie à la création d'une licence écrite dans un REL cible de notre choix - mais plus spécifiquement en XrML et ODRL dans notre projet - le principe étant reproductible pour tout autre REL du marché. Ces 2 principes se regroupent en un seul, à savoir que l'ensemble des informations proviennent de l'ontologie.

Il s'agit donc, dans cette thèse, de poser le principe de transparence cognitive qui met en jeu les structures. Ces structures subissent par traitement des transformations et interrogent le rapport qui existe entre la structure de départ et la structure d'arrivée. Par exemple : comment la structure ontologique peut passer à une structure de REL ou comment la structure d'information, issue d'une conceptualisation, peut se propager en subissant des transformations, pour arriver à l'utilisateur sans distorsion de sens. Au-delà des transformations structurelles purement informatiques, nous examinerons comment nous devons représenter visuellement les structures issues du formalisme, car ce sont les structures de l'utilisateur qui sont sollicitées pour engager un processus cognitif.

Ce chapitre traite de la structure et de la transparence cognitive. Nous verrons, au chapitre III, comment les solutions seront mises en œuvre pour répondre au problème théorique posé ici.

2. Structures

2.1. Naissance d'un paradigme

La notion de structure est née dans les années 50 en France dans les sciences sociales, prenant forme dans un mouvement intellectuel nommé le « structuralisme » qu'il n'est pas facile de cerner, de définir, sans entrer rapidement dans ses méandres.

Pour commencer, il est difficile d'en donner une définition précise car le structuralisme prit de nombreuses formes. Ces formes qui ont pris corps, la plupart du temps dans les sciences sociales, la psychanalyse, les mathématiques, ne s'accordent pas sur tous les points de leurs théories et parfois évoquent des différents sens pour des notions identiques. Citons la définition du Petit Robert qui ne peut préciser davantage de quoi il s'agit pour le moment :

> « Théorie selon laquelle l'étude d'une catégorie de faits doit envisager principalement les structures »

Comme l'écrit Jean Piaget[44] tout en la définissant comme des approximations, une structure est un système de transformations qui comporte des lois en tant que système et qui se conserve ou s'enrichit par le jeu même de ces transformations, sans que celles-ci aboutissent en dehors de ses frontières ou fassent appel à des éléments extérieurs. Une structure comprend donc 3 caractères : de totalité, de transformation, d'autoréglage. J. Piaget considère qu'après la découverte de la structure vient immédiatement une notion de formalisation qui est l'œuvre du théoricien, pouvant alors se traduire en équations mathématiques, tandis que la structure reste indépendante de lui. L'intérêt de cette méthode est fondamentale pour les Sciences de l'Homme, dit J. Piaget, car parvenir à « réduire un certain champ de connaissances à une structure autorégulatrice on a l'impression d'entrer en possession du moteur intime du système » (p. 14)[45].

Revenons sur les 3 caractères de la structure.

La totalité : la totalité est l'ensemble des éléments composés qui forment les agrégats et donc le tout. Le caractère de totalité signifie qu'une structure est composée d'éléments qui, sous l'effet de lois de composition, et non pas seulement d'associations, lui confèrent des propriétés d'ensemble distinctes de celles des éléments pris isolément, le tout n'étant pas égal à la somme des fonctions et des propriétés des éléments. Le caractère de totalité présente des problèmes dont il faut retenir les 2 principaux : sa nature (des lois de compositions) et son mode de formation (ou de préformation).

[44] Le structuralisme, PUF, 1968
[45] *ibid*

Une autre position sur le caractère de totalité émerge pour se différencier des schémas atomistes et des schémas des totalités émergentes. Cette position est celle des structuralistes opératoires qui adoptent dès le départ, une attitude relationnelle, mettant en avant les relations entre les éléments, comptant ainsi davantage que les éléments eux-mêmes et le tout. Autrement dit, il s'agit ici de voir les procédés ou les processus de composition des éléments, l'ensemble n'étant que la résultante des relations ou compositions dont les lois sont celles du système.

Cette affirmation précédente entraîne une question cruciale largement abordée : les totalités par composition ont-elles été composées de tout temps ou bien sont-elles en voie de composition permanente et comment ? Là aussi, on peut reformuler en se posant la question de savoir si les structures sont en voie de formation ou bien si elles étaient formées ou préformées pour n'obéir qu'aux lois du système. On pourrait alors penser à une analogie avec le monde fermé ou ouvert, issu des théories de la connaissance.

Pour tenter de sortir de cette question dont la réponse est difficile à trouver, il est donc nécessaire de prendre en considération une autre dimension des structures, à savoir un système de transformation, considérant la structure non pas comme une forme statique quelconque, mais comme un système dynamique.

Enfin, une structure peut en accueillir une autre et chacune d'elles conservera ses caractéristiques.

Les transformations : la raison de l'existence des transformations tient au fait que si les totalités structurées existent par leurs lois de composition, elles sont structurantes par nature. Pour rendre intelligible la transformation, il fallait donc que cette notion possède dans son exercice, un statut de double polarité : être structurante et structurée. Les transformations s'appliquent donc aux éléments leur conférant ainsi un statut dynamique pour leur évolution. En effet, sans ce statut dynamique de la transformation, nous serions confrontés à des structures statiques qui s'apparenteraient plutôt à des mécaniques limitatives. La transformation est alors le résultat interne qui met en œuvre les éléments et leurs lois, et conserve l'état de structure.

Mais cette idée pose la question de l'origine des transformations : d'où proviennent-elles ? La transformation repose sur la mise en œuvre de lois s'appliquant sur des éléments, il est donc essentiel de savoir d'où proviennent ces lois, comment elles ont pu se créer, quelles sont leurs natures. Il faudrait alors débattre de l'innéité des règles ou de leur construction. Il semble possible que ce soit les deux réunies, puisque sans l'innéité il n'y aurait pas de construction de nouvelles règles se reposant sur le facteur intemporel des lois.

Si nous prenons l'exemple des communications visuelles chez le macaque en figure 25, il est légitime de se demander comment communiquent les différentes structures (aires visuelles) et quelles sont leurs règles de transformation. Il existe donc un « langage » de communication entre les aires, des isomorphismes qui permettent le passage d'un système fonctionnel à un autre.

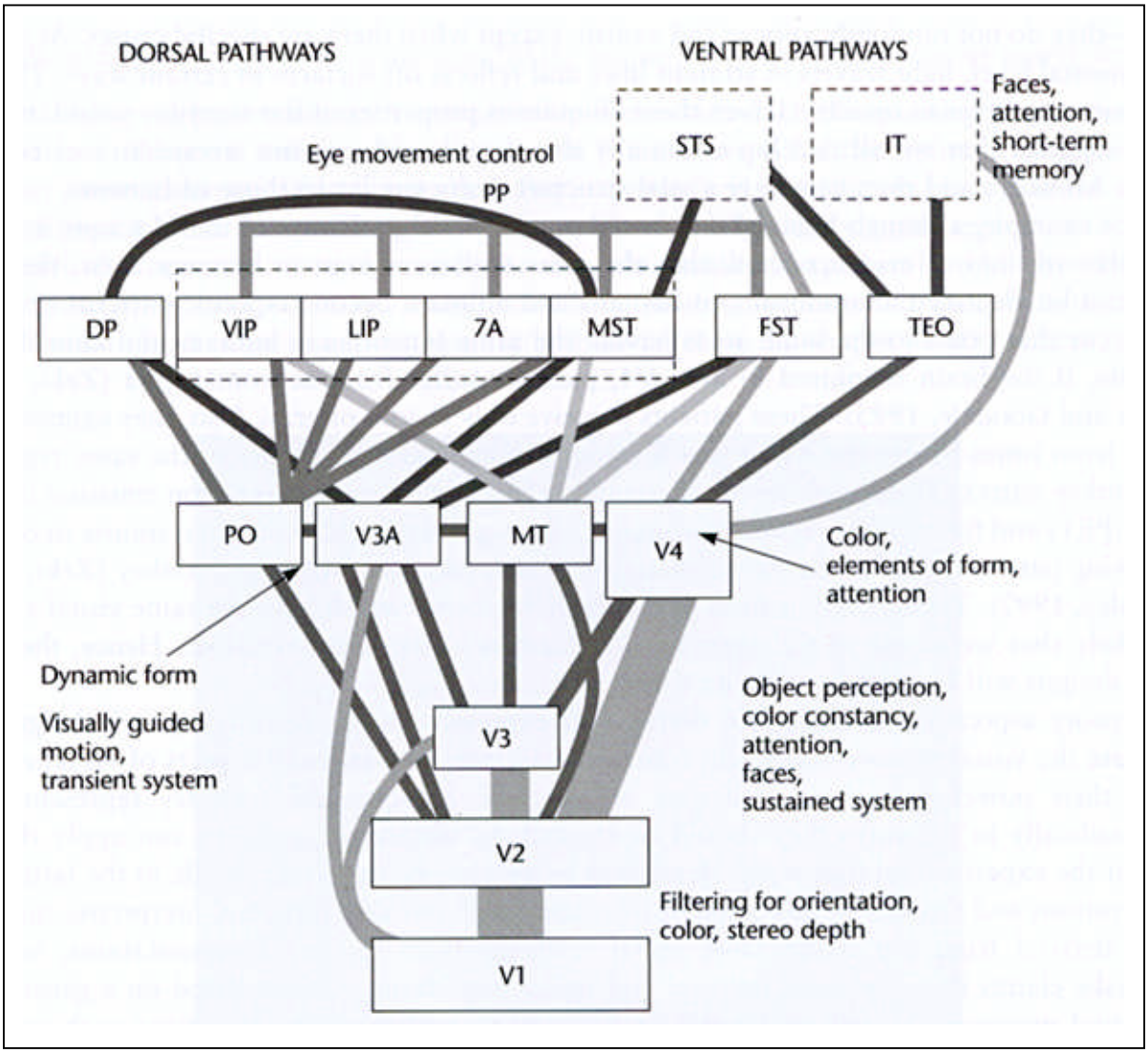


Figure 25 - Les communications visuelles chez le macaque. Ce diagramme illustre la complexité structurelle du système visuel. Adapté des travaux de Distler *et al.* 1993

L'autoréglage : se caractérise par un autoréglage de la structure, ou une autorégulation, entraînant leur conservation, mais aussi une certaine fermeture. Ce qui implique directement que les transformations citées plus haut ne peuvent pas franchir les frontières et que la génération d'éléments appartient toujours à la structure tout en conservant ses lois. Toutefois, si la structure au travers de l'autoréglage semble fermer

ses frontières, il n'est pas exclu que cette structure puisse être intégrée dans une structure plus grande, au titre de sous-structure. Cette sous-structure conserve alors ses règles, ses lois et n'est pas modifiée par la structure qui l'intègre. La sous-structure vient donc enrichir la structure qui l'englobe. L'autoréglage renvoie également à la notion de formation et interroge sur l'origine de son caractère.

J. Piaget distingue 3 procédures essentielles de l'autorégulation ou autoconservation des structures :

1. *L'opération* : l'autoréglage procède par opération, les règles étant les lois de la totalité de la structure considérée que J. Piaget qualifie de bien réglée. Il faut donc se demander ce qu'évoque le terme de « réglé » dans le fonctionnement d'une structure. D'un point vue de la cybernétique qui est la science constituée par l'ensemble des théories relatives au contrôle, à la régulation et à la communication de l'être vivant et la machine, une opération est une régulation parfaite qui ne se borne pas à corriger les erreurs, mais capable de construire des précorrections grâce aux moyens internes de contrôle telle que la réversibilité (exemple : $+n -n = 0$). Les structures non logiques ou non mathématiques, régulées par le temps comme la psychologie, la linguistique, etc, ne sont pas régulées par ces opérations strictes, mais par des rétroactions ou jeu d'anticipation,
2. *La régulation* : les régulations semblent procéder de mécanismes structuraux encore plus simples. Ce sont les mécanismes de rythme que l'on retrouve dans le monde biologique et humain,
3. *Le rythme* : assure son autorégulation par les moyens fondés sur les symétries et les répétitions.

La recherche d'une théorie unificatrice avait fondé d'immenses espoirs de trouver un lieu commun à la création d'un invariant. De ses relations amicales avec R. Jakobson, C. Lévi-Strauss retient 2 principes essentiels pour l'anthropologie : d'une part, la recherche d'un invariant au-delà de la multitude de variétés repérées, et d'autre part, la mise à l'écart de tout recours à la conscience du sujet parlant, donc la prévalence des phénomènes inconscients de la structure[46]. Avant cette rencontre, Lévi-Strauss disait pratiquer une sorte de structuralisme naïf. Il incorpore à sa méthode un corps de doctrine que représente la linguistique qui bouleverse la perspective globale de ses recherches « comme les phonèmes, les termes de parenté sont des

[46] F. Dosse, Histoire du structuralisme, Tome I, p38.

éléments de signification ; comme eux, ils n'acquièrent cette signification qu'à la condition de s'intégrer en systèmes »[47].

C. Lévi-Strauss écrit à propos de son ouvrage *Les structures élémentaires de la parenté* : « Le système de parenté est un langage […] postulons donc qu'il existe une correspondance formelle entre la structure de la langue et celle du système de parenté ». On retrouve alors chez Lévi-Strauss 2 pôles majeurs d'impulsion du paradigme structuraliste : la linguistique et le langage formalisé des mathématiques. Lévi-Strauss retrouve dans l'appendice mathématique écrit par André Weil (frère de Simone Weil) la transcription mathématique de ses découvertes. Il y voit le prolongement d'un déplacement analogue à celui opéré par son ami Jakobson : de l'attention aux termes des relations à la prévalence accordée aux relations elles-mêmes entre ces termes, indépendamment de leur contenu. Ce double apport de rigueur apporté par A. Weil et R. Jakobson élève, à l'époque, les sciences sociales à l'égal des sciences exactes.

Pour reprendre la notion de transformation qui est l'arc-boutant des théories structuralistes, il faut, comme l'a fait C. Lévi-Strauss, rendre hommage au premier structuraliste involontaire qu'était G. Dumézil. C Lévi-Strauss reconnaît que l'apport de Dumézil est immense en apportant la notion de transformation. Cette notion vient du rapprochement des langues sanscrites, grecques, latines, slaves, qui a amené G. Dumézil à partir du postulat d'une parenté entre ces langues issues d'une racine commune, celle d'une langue mère, l'indo-européenne. C'est de ce courant que G. Dumézil tire la notion de transformation qui sera reprise par les structuralistes. En cherchant des rapprochements entre un groupe de faits indiens et un groupe de faits romains, dont il trouve l'explication, il organise un schème organisateur de pensée qu'il va nommer Cycle, puis Système, puis Structure. C'est pour G. Dumézil le schème commun aux représentations mentales des Indo-Européens.

Le philosophe et épistémologue Jean Cavaillès, dont l'objet d'étude fut les mathématiques, considérait la science toute entière comme une démonstration, c'est-à-dire logique. Il l'appelle la philosophie du concept. Sa démarche consistait alors à saisir le couple Opération/Objet, l'articulation qui permet d'engendrer les opérations de la pensée et ce qu'il appelait « l'idée de l'idée ». Il avait écrit les fondements d'un structuralisme conceptuel qui sera repris 20 ans plus tard, dans les années 1960. J. Cavaillès introduit le concept de structure dans l'ouvrage « Sur la logique et la

[47] C. Lévi-Strauss, *Anthropologie structurale*, p.40

théorie des sciences »[48]. La vérité de la structure ne se donne que dans les règles mêmes qui la régissent. C'est Michel Serres qui poursuit 20 ans plus tard un travail initié par J. Cavaillès (et par le moins connu Canguilhem) et recherche des modèles épistémiques par delà les frontières disciplinaires. Il verra dans les Rougon-Macquart[49] de Zola, le principe même de la thermodynamique.

La nouvelle méthode de M. Serres consiste donc à épurer la structure de tout contenu significatif, à la couper de tout contenu sémantique : « Une structure est un ensemble opérationnel à signification indéfinie, groupant des éléments en nombre quelconque, dont on ne spécifie pas le contenu, et des relations, en nombre fini, dont on ne spécifie pas la nature, mais dont on définit les fonctions et certains résultats quant aux éléments »[50]. L'analyse structurale se situerait alors au-dessus du sens, et rejoint une conception kantienne en établissant une distinction entre structure et modèle lorsque E. Kant distinguait noumène et phénomène. Cette hypothèse théorique formulée par M. Serres émanant d'un savoir mathématique antérieur, s'efforcera de montrer que la théorie peut s'exporter dans tous les champs de problématiques.

Revenons quelques siècles en arrière pour trouver le questionnement du lien, de la relation entre les choses, les éléments ou toute autre entité assimilable. Giordano Bruno (1548-1600) nous laissa un livre nommé « Des liens » qui ne sera publié qu'au XIXe siècle. Voici ce que dit Bruno en introduction :

> « *IL EST nécessaire que celui qui doit former un lien possède en quelque façon une compréhension d'ensemble de l'univers, s'il veut être capable de lier un homme – lequel est comme l'épilogue de toute création. En effet, comme nous l'avons dit ailleurs, c'est dans l'espèce humaine qu'il est donné d'observer le mieux toutes espèces, par rapport de correspondance : tels hommes s'apparentent aux poissons, tels aux oiseaux, aux serpents, tels aux reptiles, selon leur genre ou selon leur espèce. De plus, ils ont chacun reçu en partage divers usages, coutumes, desseins, inclinaison, complexions, âges ; ainsi comme les poètes l'imaginent pour Protée ou pour Acheloüs[51], on peut imaginer qu'une même matière transmigre en diverses formes et figures, si bien qu'il faut, pour la lier, recourir continuellement à de nouvelles sortes de nœuds.* » Giodano Bruno, Des liens, ed. Allia, P.7

[48] Editions PUF, 1947,

[49] Le titre générique Les Rougon-Macquart regroupe un ensemble de vingt romans écrits par Émile Zola entre 1871 et 1893. Il porte comme sous-titre Histoire naturelle et sociale d'une famille sous le Second Empire.

[50] M. Serres, Hermès 1, La communication, *Structure et importation : des mathématiques aux mythes*, Collection Critique, Editions de minuit, 1969,

[51] Dans l'Odyssée comme dans les Géorgiques de Virgile, Protée est un démon de la mer qui ne cesse de se métamorphoser, pour devenir tantôt un animal (lion, serpent, sanglier), tantôt élément (eau, feu). Archoüs, dieu-fleuve, avait le pouvoir de se métamorphoser en taureau, en dragon : c'est sous cette forme qu'Hercule l'a affronté pour sauver Déjanire.

On comprend, par extension, que la structure sous-jacente est identique mais que la forme change. La question des liens est alors posée pour comprendre par quelle magie (terme Brunelien) le passage peut s'opérer.

Tous les chercheurs semblent s'accorder sur le fait que l'homme Ferdinand de Saussure fut bien l'homme qui initia le mouvement structuraliste. Il établit le concept de signifiant et de signifié, proposant définitivement un nouveau paradigme scientifique pour la linguistique. Pour F. de Saussure, le signe ressemble par analogie à une feuille de papier dont le recto et le verso sont indissociables. Les travaux des structuralistes héritent donc tous de cette révolution conceptuelle de la différentiation du signifiant et du signifié et les avancées scientifiques de C. Lévi-Strauss doivent beaucoup à l'analyse structurelle de Roman Jakobson. C. Lévi-Strauss reprend le signe saussurien pour en évincer le signifié au profit du signifiant, qui sera également repris par J. Lacan. « Comme le langage, le social est une réalité autonome; les symboles sont plus réels que ce qu'ils symbolisent, le signifiant précède et détermine le signifié ». Cette espérance théorique tente donc de globaliser les sciences de l'homme pour en chercher le dénominateur commun et génère ainsi un vaste programme sémiotique qui serait animé par l'anthropologie pour réunir tous les travaux. C. Lévi-Strauss affirme ainsi que le code précède le message, qu'il en est indépendant et que le sujet est soumis à la loi du signifiant. « La définition d'un code est d'être traduisible dans un autre code : cette propriété qui le définit s'appelle : Structure[52] ». L'héritage des travaux de la linguistique est donc prédominant, avant que les autres disciplines ne s'emparent d'un paradigme ayant porté des espoirs certainement sans précédent dans l'histoire des courants intellectuels, J. Lacan allant jusqu'à définir l'inconscient comme étant un langage.

Rappelons également que la notion de structure trouve de multiples origines, et c'est certainement les mathématiques qui ont le plus contribué à l'avènement du concept. C. Lévi-Strauss lui-même tentait de transposer son modèle en modèle mathématique. A ce propos, le concept de groupe est étudié pour la première fois par le mathématicien Évariste Galois, et G. Varriest[53] le décrit ainsi :

> « Le trait de génie de Galois c'est d'avoir découvert que le nœud du problème réside non pas dans la recherche directe des grandeurs à adjoindre, mais dans l'étude de la nature du groupe de l'équation. Ce groupe (...) exprime le degré

[52] V. Décombes, *Le même et l'autre*, ed. Minuit, 1979, p.21
[53] G. Verriest, *Œuvres Mathématiques d'Évariste Galois,* ed. Gauthier-Villars, 1951, Paris

d'indiscernabilité des racines (...). Ce n'est donc plus le degré d'une équation qui mesure la difficulté de la résoudre mais c'est la nature de son groupe. »

« Le groupe est un ensemble d'éléments réunis par une opération de composition telle que, appliquée à des éléments, elle redonne un élément de l'ensemble. Il existe un élément neutre tel que composé avec un autre il ne le modifie pas et il existe une opération inverse, telle que, composée avec l'opération directe, elle donne l'élément neutre ».

Dans le cas des entiers positifs :

Elément neutre	0
Opération inverse	+n -n = -n +n = 0
Associativité	(n + m) + l = n + (m +l)

Le groupe n'est autre qu'une structure abstraite et l'apport de Galois est d'avoir imaginé l'étude de la structure (ou groupe) au lieu de tenter de résoudre le problème des équations algébriques par des incarnations particulières. C'est dans l'abstraction qu'est la structure et dans la recherche de ses lois que Galois trouve la réponse.

La structure de groupe a acquis une place prédominante depuis cette découverte, et l'apport de ces théories logico-mathématiques servira à la construction des théories structuralistes. Ce succès est dû à la forme abstraite de résolution dont procède le groupe. La pensée n'est plus centrée sur les objets, mais sur les actions de coordinations que l'on peut exercer sur eux comme réunir, ordonner, mettre en correspondance, etc. C'est ce que l'on retrouve dans le groupe dont les caractéristiques sont les suivantes :

- La possibilité de retour au point de départ,
- La possibilité d'atteindre un même but par des chemins différents et sans que le point d'arrivée soit modifié par l'itinéraire parcouru.

Pour les compositions (réunion, etc) elle peut être indépendante de l'ordre.

La structure de groupe comporte sa propre logique et met en œuvre 3 principes fondamentaux :

1. La non-contradiction qui renvoie à la réversibilité des transformations,
2. L'identité qui est assurée par la permanence de l'élément neutre,
3. Le point d'arrivée qui est indépendant du chemin parcouru.

Les transformations opérées sur les éléments du groupe ne modifient pas tout à la fois, mais dépendent solidairement d'un invariant. Pour le groupe Bourbaki (créé sous l'impulsion d'André Weil), les éléments considérés comme étant des objets abstraits

tels que des nombres, des déplacements, des projections, le groupe n'est pas caractérisé par la nature de ses éléments, mais il les dépasse par une nouvelle abstraction qui consiste à considérer que certaines transformations communes peuvent être généralisées à n'importe quel élément.

Nous ne pouvons pas faire ici un panorama complet du mouvement intellectuel français que représente le structuralisme, avec son déclin après les années 1980, et le but de ce travail est de conserver les idées fondatrices pour travailler par analogie avec les structures informatiques. Le mouvement structuraliste a également dépassé les frontières françaises pour envahir l'Europe de l'Est et les États-Unis, il est aussi passé par une phase nommée « Structuralisme génétique » dont le sacre fut en 1959 au colloque de Cerisy-la-Salle et dont l'idée était de confronter la structure à l'idée de genèse.

Si l'histoire du structuralisme reste difficile d'approche, tant le mouvement a suscité de frénésie et de publications, il est devenu un paradigme qui tend à vouloir expliquer l'origine de la construction du sens, à savoir la formation du signifiant, qui répond à des lois dont la clarification est toujours en devenir.

La révolution historique structuraliste a eu lieu et conservons cette théorie comme une heuristique pour poser un autre regard sur les structures informatiques ; comme l'affirme P. Valéry, ce qui importe c'est le fond qui porte les événements, la nature humaine.

> *« Les événements historiques sont comme les brisants qui sont si visibles sur la mer. Mais c'est la mer qui importe et les fonds sur lesquels elle exerce ses efforts. »*
>
> VALÉRY, Paul (1957-61). ***Cahiers***. Paris : CNRS. ***Cahier*** XII, 207.

2.2. Le paradigme de structure transposé dans les STIC

Ayant décrit plus haut les principes théoriques des structures, résumons ce que l'histoire nous lègue :

- La structure est un ensemble d'éléments formels vides de sens, dont les relations préexistent pour assurer certaines fonctions dont on ne connaît pas la nature.

Les caractéristiques d'une structure sont :

- La totalité, dont la somme des éléments diffèrent du tout,
- La transformation qui, par des lois structurantes structure la structure,
- L'autoréglage qui conserve la structure en ensemble fini et stable.

Réserve : le cheminement développé ici, n'a pas pour but d'établir une théorie sémiotique de la structure.

Cette approche, comme nous l'avons vu, émane des recherches en sociologie, anthropologie, mathématique, biologique, psychologique, etc. Intéressons-nous alors à ce que serait une structure en informatique : comment le paradigme peut-il être exploité dans un univers construit et non hérité ? Cela pose dès le départ un problème théorique important : en effet, on ne recherche pas de dénominateur commun pour expliquer l'être humain, mais on tente de créer une analogie entre les recherches sur le structuralisme et les créations de l'esprit s'appelant des structures et devant répondre aux critères de structure. L'utilisateur d'une base de données ne se pose pas la question de la construction du signifiant pour élucider la conception, mais s'interroge sur l'architecture fonctionnelle, ou en d'autres termes ses fonctions qui sont par nature des relations sémantiques. Il est donc nécessaire de trouver le pont qui permet de passer de la structure interne vers la structure externe et voir comment elle revient par un cheminement de percept, vers une hypothétique structure interne d'interprétation. La notion de structure externe n'est possible que parce qu'elle possède un retour vers nos structures internes d'interprétation, d'extraction de sens (Bloom *et al.* 2003).

Examinons les questions que soulève cette transposition du paradigme :

- Quelle est la différence entre une structure interne et une structure externe informatique ?
- Quelles sont les caractéristiques d'une structure informatique ?

- Comment sont produites les structures externes et quelles sont les règles de transformation ?
- Comment sont utilisées ces structures, quelles sont leurs nouvelles transformations ?

2.2.1. Structures internes, structures externes

Pour rappel, nous nous interrogions historiquement sur les structures qui régissent le comportement humain d'une manière générale, c'est-à-dire trouver le dénominateur commun aux processus cognitifs, ou encore expliquer le fonctionnement du cerveau. La recherche des structures internes est toujours en devenir et la réponse scientifique attendue se trouvera peut être dans la confirmation de l'intuition des chercheurs des sciences sociales, des philosophes ou trouvera une réponse dans les autres domaines que représentent les sciences cognitives associées aux sciences du cerveau et à leurs explorations, sans oublier la génétique faisant écho au courant structuraliste génétique. L'essentiel semble donc de confirmer que, pour un ensemble donné (une culture, un raisonnement, etc), cet ensemble fonctionne suivant des principes assimilés au concept de structure. Le terme concept est pris dans le sens qu'il vérifie par intension et par extension ledit principe (voir la notion de concept au paragraphe 3.4.3).

Il s'agit donc de structures internes à l'Homme. Dans le cas de l'informatique, il s'agit de structures externes à l'Homme conçues par des Hommes, et osons le terme, conçues par des structures (de pensées, de raisonnements, etc). Cela constitue une différence importante d'approche, puisque d'un côté l'histoire a tenté d'expliquer les structures du comportement humain, et de l'autre, l'Homme crée des structures externes pour son usage, qu'elles soient informatiques ou d'une toute autre forme. Un document papier est une structure organisée qui répond à des lois capables d'être interprétées par des êtres humains, un immeuble est une structure qui répond à des lois physiques.

On aurait donc, d'un côté une structure interne toujours en devenir d'élucidation et, de l'autre, des structures externes qui présentent des caractéristiques maîtrisées puisqu'elles sont conçues par des Hommes, avec théories vérifiables.

Il existe donc une réversibilité potentielle dont parlait J. Piaget dans l'autoréglage d'une structure. Au lieu de confiner cette réversibilité au sein de la structure interne, la réversibilité doit exister entre une structure interne et externe. Pour répondre à un problème donné, nous mettons en œuvre un processus de création pour le résoudre qui convoque alors un ensemble de schémas explicites ou implicites. Nous passons donc par des phases conscientes ou inconscientes de résolution. Par exemple, éviter

un obstacle en vélo relève d'un schéma structurel qui s'apparente au réflexe, mais n'est pas conscient et n'est pas explicite : on ne peut expliquer comment éviter un obstacle sinon en apprenant à le faire et donc à conditionner notre système nerveux pour répondre au stimulus visuel. Nous ne pouvons détailler cet aspect trop complexe ici, mais gardons le principe pour comprendre uniquement le phasage. On suppose alors que la résolution passe par l'expérience et fait appel aux structures de résolution. Le problème posé est donc soumis à une structure de pensée pour le résoudre. Ce raccourci, qui donnerait lieu à de longs débats dont ce n'est pas le lieu, permet de poser le problème lié à la transformation entre les structures internes et externes et pose les questions suivantes :

- Comment la structure interne est-elle créée ?
- Comment la structure interne peut-elle créer des structures externes ?
- Les structures externes sont-elles limitées au potentiel qu'expriment les structures internes ?
- Comment les structures externes sont-elles assimilables ou intelligibles par les structures internes ?

Nous ne pouvons pas répondre à toutes ces questions. En revanche, elles montrent comment la production doit être réversible, car il est indéniable qu'une structure peut être produite par une personne x et non assimilable par y. Prenons un simple exemple de 2 personnes qui se parlent : nous avons tous été confrontés à l'impossibilité de comprendre le langage de quelqu'un qui s'exprime dans la même langue que nous. Il s'agit alors d'une structure de représentation qui nous semble inaccessible pour notre entendement, ou encore met en place une intersubjectivité structurelle dissonante. Un autre exemple pourrait contrecarrer l'exemple précédent en prenant le travail de Stella Baruk, mathématicienne et pédagogue. Partant en guerre contre le système scolaire, elle arrive à redonner aux soi-disant mauvais élèves en mathématiques une confiance, réussissant ainsi à créer un « pont » entre le langage courant et le langage mathématique.

Comment la structure interne est-elle créée ? Il faudrait retourner vers la création du signifiant qui représente un pan entier de la recherche et qu'il n'est pas possible de discuter ici. Nous resterons donc dans l'utilisation des structures et leurs productions au lieu de tenter d'en expliquer la genèse adressant ainsi la question du « comment » et non du « pourquoi ».

Pour passer d'une structure interne à une structure externe, comme nous l'avons évoqué, il faut passer par la création d'un modèle pris au sein même de la structure qui aura en charge le passage au tangible. Mais ce modèle ne serait que la déclinaison

d'une structure, héritant des capacités structurelles, de ses lois ou, plutôt, d'une de ses lois, rejoignant même la notion de méthode. La structure qui héberge le modèle et dont les caractéristiques fonctionnelles se ressemblent, le modèle « réalise »[54] la structure, ou encore la structure prend sens dans son formalisme pour donner naissance au modèle. Le modèle ne serait donc que la déclinaison de la structure et servirait d'analogon formel pour décliner autant de modèles. Pour faire écho aux affirmations dont la structure est une définition, il faudrait envisager la forme des déclinaisons potentielles qui mutent entre structure et modèle. Quels seraient alors les isomorphismes des éléments et des relations qui projettent le modèle dans la réalité, ou encore y aurait-il déperdition entre structure et modèle ? La structure se réaliserait-elle totalement dans ses modèles ? Partant de la définition partagée de structure, on voit qu'elle n'est pas totalement révélée et donne encore à débattre sur ce passage entre signifiant vidé de son sens et la forme chargée de sens qui donne réalité.

En informatique, créer une structure, revient à imaginer ses éléments constitutifs et ses relations. L'ambivalence caractérisée du terme « modèle » provient du fait que le modèle peut être externe. Dans ce cas il est l'incarnation d'une volonté et peut se reproduire et, dans l'autre cas, c'est un dessein, un idéal, un paradigme, un modèle d'existence par exemple.

Un modèle de base de données est bien un modèle puisqu'il répond à la définition de modèle, disons qu'il est reproductible et fermé, mais répond également à la définition de structure, puisqu'il possède des lois de gestion interne. La structure de base de données se réfère davantage à sa réalité qu'à sa conception. Le modèle restant le modèle conceptuel issu d'une création.

Le modèle serait alors un ensemble de lois applicables aux éléments. Alors, comment créer une structure externe ? En créant un modèle ou en appliquant un modèle déjà construit. Cette affirmation met en doute la capacité à créer des modèles car cela sous-entend que nous serions capables de créer n'importe quel modèle si toutefois la structure sous-jacente le permettait. Se déplacer à la vitesse de la lumière reste impossible, se téléporter aussi, le don d'ubiquité également, voler encore plus peut-être. L'énoncé, même s'il est valide, ne peut trouver de résolution que dans le monde réel, tangible, et bien des rêves ne peuvent se réaliser dû à l'acceptation d'une impossibilité ou parce que nos connaissances ne le permettent pas encore. La structure serait le substrat de la connaissance et osons l'analogie avec les futurs disques durs des ordinateurs qui posséderont des substrats structurés pour augmenter

[54] ibid

la capacité[55]. Le modèle serait alors structurant dans la structure et se figerait. Apprendre à jouer du piano est une entreprise de longue haleine et produit, comme nous le savons, de nouvelles connexions dans le cerveau humain. Une nouvelle structure s'impose alors car elle repose sur une capacité humaine innée.

Si nous sommes capables de donner réalité à des structures dans le monde tangible, existe-t-il des isomorphismes entre structures internes et externes ? Il est certainement impossible de répondre à cette question, bien qu'essentielle, car elle signifie que les structures que nous créons sont conditionnées par celle qui les génère. Comme nous l'avons dit plus haut, cela sous-entend que les structures du monde sont des isomorphismes à la capacité structurelle du sujet qui l'émet. Ou encore, nous serions incapables de créer des structures qui ne sont pas structurellement possibles en nous. Il est nécessaire de rappeler l'enseignement du structuralisme, puisque les éléments et les relations sont vides de sens, que les fonctions peuvent être connues, mais pas leur nature, laissant ainsi d'immenses possibilités à la génération des structures.

Le débat récurrent entre « innée » et « acquit » trouve une place justifié ici car si la structure cérébrale dont on hérite tous nous est inconnue, il est une évidence que la connaissance se développe dans un terreau dont la qualité varie en fonction de codes qui nous échappent encore.

Mais le débat de fond qui nous occupe n'est pas de résoudre la création des structures, mais d'analyser les structures pour comprendre comment celles-ci se transforment pour devenir des éléments cognitifs sur lesquels ont pourra agir.

2.2.2. Caractéristiques d'une structure informatique

Le structuralisme définit un ensemble de caractéristiques pour établir le concept de structure. Voyons alors comment une structure informatique peut se caractériser et se différencier.

La totalité

Les éléments

Les éléments, dont la définition reste floue, sont les entités recevant le sens, dont la granularité sera la plus petite possible. Un élément est donc une entité vide de sens au départ, et dont le sens n'est pas présupposé, mais dont la structure même de l'élément ne peut être variable. En informatique, un élément pourrait être la définition

[55] Information du constructeur de disque dur Fujitsu (limite théorique du substrat structuré, 250 Terabytes/pouce carré)

d'une table dont le contenu n'existe pas encore, ou bien un nœud d'un réseau sémantique dont on ne connaît pas le sens également.

L'agrégation

L'agrégation est la somme d'éléments en un élément plus important. Cela ne veut pas dire que la somme est arithmétique mais qu'elle regroupe des éléments pour en produire un autre. L'ensemble des champs d'une table se regroupe en table, l'ensemble des nœuds forment un réseau.

La totalité est donc un tout regroupant les éléments individuellement agrégés ou non.

Mais la vraie question qui se pose à nous est de savoir ce que représente un élément dans un système informatique, aussi petit soit-il ?

Si, dans la structure interne, nous ne pouvons comprendre la structuration du signifiant, dans les structures informatiques, l'élément est le réceptacle fixe et borné du signifiant, dont le signifié n'est pas porté par l'ordinateur (pour le moment) mais par le système capable de lui donner un sens qui est aujourd'hui externe au système. L'élément est la structure recevant le signifiant, à savoir le signe dénué de toute signification. Nous faisons écho ici aux affirmations de C. Lévi-Strauss qui avait détaché le signifiant du signifié et qui prend réalité dans les systèmes informatiques. La structure en informatique ne représente que des zones mémoires portant le signifiant, d'ailleurs de toutes natures d'un point de vue du signifié, mais de même nature binaire si l'on réduit l'élément à sa plus petite constitution. La différence avec les recherches sur les structures humaines est que l'homme maîtrise cette structuration du signifiant dans les ordinateurs, en créant des espaces mémoires dédiés. Cette structuration du signifiant informatique se verra certainement malmenée car, si le paradigme nous dit qu'un état ne peut être que binaire et ne posséder qu'un seul état à la fois (0 ou 1), l'avenir ne semble pas s'affirmer dans cette continuité avec les ordinateurs quantiques.

Les transformations

Les transformations sont les résultats de produits internes par des lois appliquées aux éléments. Contrairement aux questions structuralistes sur l'innéité de ces possibilités de composition, les lois dans les systèmes informatiques sont celles écrites par l'être humain. Ces lois s'appliquent aux éléments cités plus haut.

Mais que sont ces lois ?

Pour reprendre la définition de M. Serres, il faut séparer des structures leurs fonctions de leurs natures. Leurs fonctions seraient alors les relations qui existent entre les éléments, et leur nature serait alors ce que ces relations contiennent. La

fonction de relier A et B ne présuppose pas ce que A et B ont en commun : A est sous-ensemble de B, B est le fils de A, etc. Pour revenir aux recherches sur le cerveau, les relations synaptiques relient les neurones entre eux, mais possèdent des natures différentes en fonction de leurs spécialités ou de ce qu'ils doivent mémoriser. On sait, par exemple (et sans certitude fondamentale) qu'une relation synaptique peut avoir une dizaine de niveaux d'activités différents. Il est facile alors de faire un parallèle avec l'état multiple d'un ordinateur quantique. (voir vidéo 1 à propos des relations synaptiques et les dernières évolutions des recherches sur le cerveau)

Les transformations auraient donc comme qualité la production d'éléments, ou assimilés comme tels, à partir des règles qui régissent la gestion de ces éléments mêmes. Un élément issu de transformation ne pourrait pas être anti structurant ou déstructurant, mais viendrait augmenter une population. Si la transformation génère un nouvel élément, peut-elle en modifier un pour en changer les propriétés, les caractéristiques ? Cette question est uniquement adressée aux règles et se résout par la définition même des transformations citées plus haut.

En informatique, nous pouvons créer des structures qui, dans le cadre de cette thèse, sont apparentées aux structures de la connaissance et à leurs transformations pour être intelligibles par un utilisateur.

Faisons un premier constat : tout informaticien est, malgré lui, un « déstructureur » et un « restructureur » de structures ou un transformateur de structures. Lorsque nous sommes confrontés à un problème qui doit se résoudre par l'intermédiaire de l'informatique, nous mettons en place irrémédiablement une structure de données, même si, elle n'est pas structurée en leurs corps, comme un document textuel dont la structure d'écriture est restée dans l'esprit de son créateur. Plusieurs phases sont donc nécessaires à la transformation résumée dans le schéma suivant.

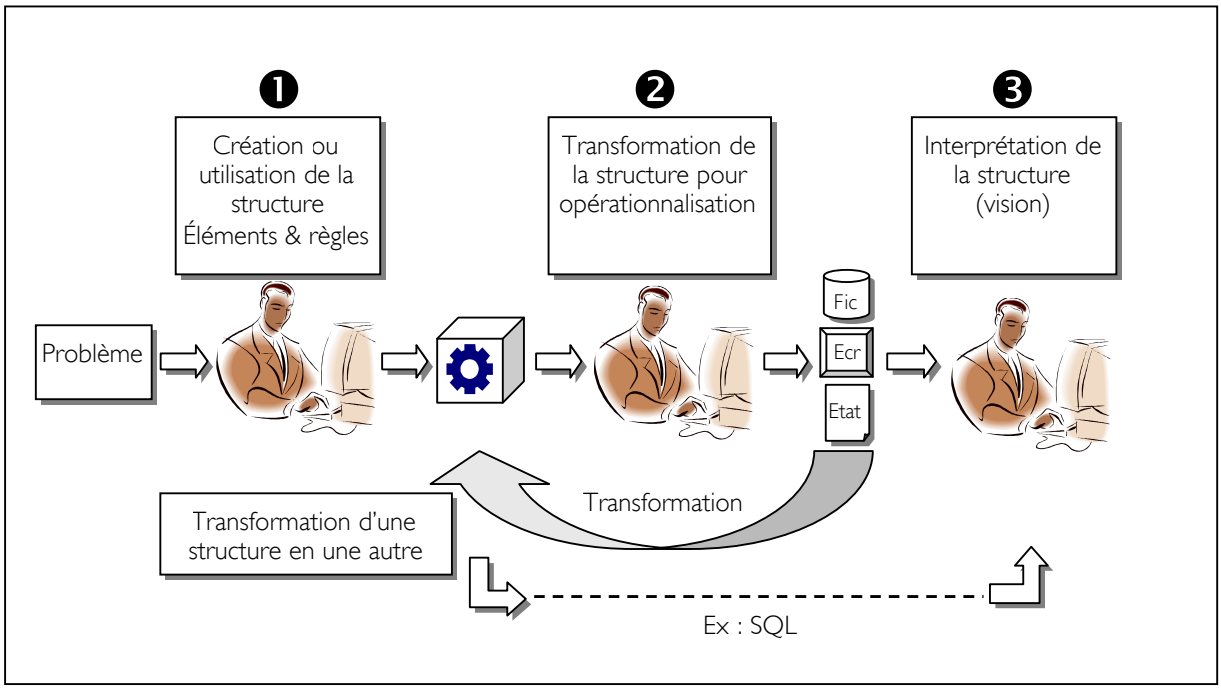


Figure 26 – Création et propagation d'une structure

Ce simple schéma tente de mettre en évidence les transformations ; car si les transformations s'opèrent au sein de la structure, elles s'opèrent en informatique également par le truchement de réinterprétation, de propagation. Le nombre de phases, réduites ici, peut croître en fonction des applications cibles.

Tentons de détailler pour comprendre comment chaque phase peut transformer une structure.

Cette proposition d'entrer dans le détail pour argumenter doit permettre de comprendre comment les structures de représentations de la connaissance, et dans ce projet il s'agit d'ontologie, peuvent être utilisées et restituées aux utilisateurs, mettant ainsi en perspective le fait que l'utilisation de la structure fait ou non partie d'une préoccupation primaire de la conception. Nous y reviendrons plus tard.

Phase ❶ Création d'une structure

1 – Éléments

Le processus de création, n'étant pas ici notre préoccupation, met en jeu des éléments méthodologiques et s'appuie sur des modèles de raisonnement, qui ne seront pas abordés. On pourrait y voir, par exemple, la création des réseaux

sémantiques qui s'appuient sur une imitation du fonctionnement de la mémoire du cerveau humain en le prenant comme modèle. Il faut également que la création du modèle possède une représentation s'appuyant sur une simplification du mécanisme de la mémoire. Ce processus est de passer du réel à une structure informatique résolvant le problème initial. On peut alors se poser une question épistémologique : existe-t-il une adéquation structurelle entre le réel et la structure informatique ? Si oui, pourquoi existe-t-elle ? Car nous sommes capables de trouver d'autres structures répondant également au problème posé. Existe-t-il également, des isomorphismes structurels permettant de passer d'une structure à l'autre ? Si oui, et dans le cas de l'informatique, comment pourrait-on automatiser la modélisation si cette correspondance était naturelle ? Enfin, comment identifier les caractères d'une structure pour les comparer et trouver des isomorphismes ?

On peut aussi constater que les méthodes de conception dont la structure est unique tentent de résoudre tout ou partie des problèmes posés, à l'image d'une programmation objet qui serait la panacée de ce mode. Tout en restant réservé, on peut y voir alors, un effet réducteur du modèle s'appliquant à diverses structures.

Ce qui nous intéresse dans le questionnement précédent, ce sont les rapports qui existent entre les structures, et comment elles peuvent, soit se transformer, soit prendre d'autres formes, étayant l'hypothèse qu'il doit inévitablement rester un invariant structurel permettant le passage d'une structure à une autre, c'est-à-dire les isomorphismes.

Comme l'avait déjà formulé J. Piaget dans son livre « Le structuralisme », la structure est le royaume de celui qui la formalise et dépend donc de l'effet conceptuel à défaut de prendre modèle sur le cerveau humain sous entendant que le cerveau possède un « effet » structurel. Il n'est pas interdit de créer une structure, pour peu qu'elle réponde au moins aux définitions énoncées. Qu'apporterait alors de suivre ces modèles pour créer des structures ? La réponse se trouve dans le formalisme qui reste le seul concept valide pour créer une structure. Le formalisme est donc la somme des éléments constituants de la structure, et c'est à partir du formalisme que dérive le sens. Imaginer un formalisme, c'est imaginer un modèle, avec ses éléments, ses relations, ses règles. A la différence de la définition proposée par M. Serres, on pourrait émettre une réserve sur le fait que les relations sont en nombre fini sur une somme d'éléments non finis. Prenons quelques exemples frappants en informatique : l'ontologie est par définition un ensemble de concepts (ou classes) reliés par des relations qui sont soit des primitives en partant de la relation hiérarchique entre deux concepts (*est un*), soit des relations sémantiques qui peuvent ou ne peuvent pas exister en fonction de l'utilisation de cette structure. Une structure de base de données est constituée d'éléments qui sont mis en relation par un lien sémantique comme « possède » ou « constitué de », etc. Dès qu'il existe un formalisme en

amont, on retrouve la définition de structure. Force est de constater que 2 choses dans le monde peuvent être en relation, sans pour autant savoir de quelle manière.

2 - Relations

Pour que la structure soit complète, il est nécessaire de créer des relations entre les éléments. Si 2 choses au monde ont affaire entre elles, alors il faut les relier sans se préoccuper de la nature de ce lien. Dans un formalisme informatique, nous savons créer le lien qui va relier 2 éléments, mais nous devons également inscrire la nature de ce lien, sans quoi le modèle n'aurait plus de sens. Ce qui se différencie ici est la fermeture des liens qui existent entre les éléments, qui jugule la capacité de nouvelles relations. Il n'est pas certain que le nombre fini de relations soit une réalité, car cela tendrait à dire que nous ne pourrions pas évoluer vers de nouvelles structures. Si un neurone A est en relation avec un neurone B, qui, lui-même est en relation avec un neurone C, alors A peut se relier à C si la nécessité survient, mais tous les neurones ne peuvent pas être mis en relation, d'où un nombre fini, même si l'on estime à un demi-trillion le nombre de relations synaptiques. En ce qui concerne l'informatique, c'est bien entendu différent. Ce qui différencie par exemple l'ontologie d'une base de données, est que l'ontologie décrit ses relations, alors que la base de données ne les décrit pas formellement. D'un côté nous avons un nombre fini de relations formalisées, tandis que pour la base de données elles sont sans limite car portées par l'utilisateur qui les construit. Mais toutes les relations ne sont pas possibles car beaucoup n'auraient alors aucun sens, ramenant le nombre de relations possibles à une grandeur mesurable, donc finie. Le paradoxe tient dans la différence qui se joue dans le réel car, finalement, les 2 formalismes se rejoignent quant aux relations. Si elles ne sont pas formalisées, elles le seront par les applications qui utiliseront les éléments constitutifs, par exemple si nous voulons affecter un cursus à un étudiant, il est nécessaire que l'application relie la table « étudiant » avec la table « cours » et ainsi afficher la relation. On trouve alors des relations explicites qui sont « câblées » dans le formalisme, et des relations implicites que l'on doit révéler lors de l'exploitation dudit formalisme.

Nous savons qu'une structure doit avoir comme qualité de pouvoir partir d'un point pour aller vers un autre, quel que soit le chemin emprunté. Là aussi, dans notre formalisme informatique, il faut que le chemin soit indépendant du résultat cherché, que l'on puisse trouver le point d'arrivée sans la contrainte du chemin le plus rapide ou le plus efficace, car la notion de performance vient souvent altérer ce que la conception préconisait. Ce qui semble être une entorse n'est autre que la redéfinition des relations, ne mettant pas en cause la structure.

3 – Les règles

Les relations étant créées, cela ne dit pas comment elles opèrent sur les éléments et il est donc nécessaire de penser les règles qui vont régir la structure ou encore décrire son autoréglage pour que la structure reste cohérente. En informatique, le concept d'autoréglage ou d'autorégulation est à prendre de manière différente. Si l'on considère qu'une structure est constituée d'éléments, de relations et qu'elle s'autorégule par des lois ou des règles, la structure informatique est un formalisme dont le sens est à venir au travers de ce que nous appelons des instances, ou en d'autres termes des duplications à l'infini du formalisme prenant à chaque fois un nouveau sens, la duplication du sens étant possible. Les règles de composition de la structure sont les algorithmes qui permettent sa gestion et non son autogestion car les règles ne sont pas créées en son sein, mais demeurent externes. La structure peut ainsi être considérée comme typologiquement morcelée, mais conserve son intégrité globale.

La gestion ou la régulation sont alors effectuées par un processus indépendant des éléments et ouvrent ainsi la porte à leur traitement, ce que nous appelons ici règles.

Phase ❷ Propagation de la structure

Dissocié du processus de création d'une structure, le processus de transformation de la structure apparaît dans la deuxième phase comme sensible et certainement le moins discuté, car il met en jeu différents principes qui ne possèdent aucune méthode, aucune réalité scientifique et se base sur un empirisme au sens philosophique du terme. Si les efforts se sont concentrés en amont d'une chaîne de transformations, il faut en chercher les raisons car le résultat qui doit arriver aux yeux de l'utilisateur (percept par défaut), est une phase basée sur l'expérience de chacun afin de Re-représenter la connaissance. « Représenter » eut été le mot convenable, car il s'agissait de présenter à nouveau ce qui est mémorisé, mais représenter est déjà un concept qui possède une définition fixe dans le domaine de la connaissance. Jean Ladrière, dans son article « Représentation et connaissance », fait état d'une double métaphore de la connaissance, l'une est théâtrale et l'autre basée sur la diplomatie.

> « Le concept de représentation, tel qu'il est utilisé dans la théorie de la connaissance, repose sur une double métaphore, celle de la représentation théâtrale et celle de la représentation diplomatique. La première suggère l'idée de la « mise en présence » : la représentation expose devant le spectateur, sous une forme concrète, une situation signifiante, des figures évocatrices, des enchaînements d'actions exemplaires ; et elle rend ainsi présents le destin, la vie, le cours du monde, dans ce

> qu'ils ont de visible, mais aussi dans leurs significations invisibles. La seconde métaphore suggère l'idée de « vicariance » : la représentation est cette sorte de transfert d'attribution en vertu duquel une personne peut agir en nom et place d'une autre, servir de tenant-lieu à la personne qu'elle représente. »
>
> Jean Ladrière

On pourrait dire que transformer une connaissance mémorisée reviendrait à être en lieu et place de quelque chose, être dans un état de vicariance. Re-représenter serait alors se mettre à la place de représenter et ainsi tenter de reproduire à l'identique ce qui est représenté. Si représenter la connaissance semble être déjà une aporie, représenter à nouveau au travers d'une interprétation en est une autre car elle ouvre comme nous l'avons dit sur un processus basé sur l'expérience.

Tout d'abord il s'agit de représenter la connaissance, à savoir de trouver un formalisme capable de mémoriser et de reproduire ce que le réel impose à l'homme, ou vu comme tel par la déformation de la réalité vécue. La première objection est bien entendu ce filtrage aporétique qui s'opère entre un réel et la réalité vécue de chacun. Comment s'opère cette ineffable transformation ? Même si la question est d'importance, elle ne pourra pas être traitée ici, mais comme le souligne C. Rosset dans son livre « Le réel et son double », il existe un ajustement continu entre le réel et un double intérieur assimilé à une réalité.

Le processus qui engendre la structure, ou encore le formalisme de représentation de la connaissance, ne dépasse pas les frontières structurelles de sa régulation qui laisse ainsi une totale liberté d'accès et d'exploitation. D'une manière générale, représenter n'a pas de corrélation avec les utilisations cibles de cette représentation, et ne suggère rien quant à la mise en forme et aux traitements ultérieurs, et c'est une différence essentielle par rapport aux notions de structure. Alors l'exploitation d'une structure, ou encore l'application de traitements exogènes, d'algorithmes, fait-elle ou non partie intégrante de la structure ? Cette interrogation est en fait la question de fond et sera la base de la transformation de la structure, car exploiter une structure revient à lui appliquer des règles de continuité, de transformation qui feront écho à nos définitions précédentes ou, en d'autres termes, trouver les isomorphismes ou automorphismes qui permettront le transfert. Rappelons que si le sens nous apparaît dans sa multiplicité, il peut être le résultat signifié d'une structure signifiante identique. Partons d'une structure dans son sens générique et tentons de voir ce qu'il est possible d'opérer sur elle en reprenant le schéma suivant :

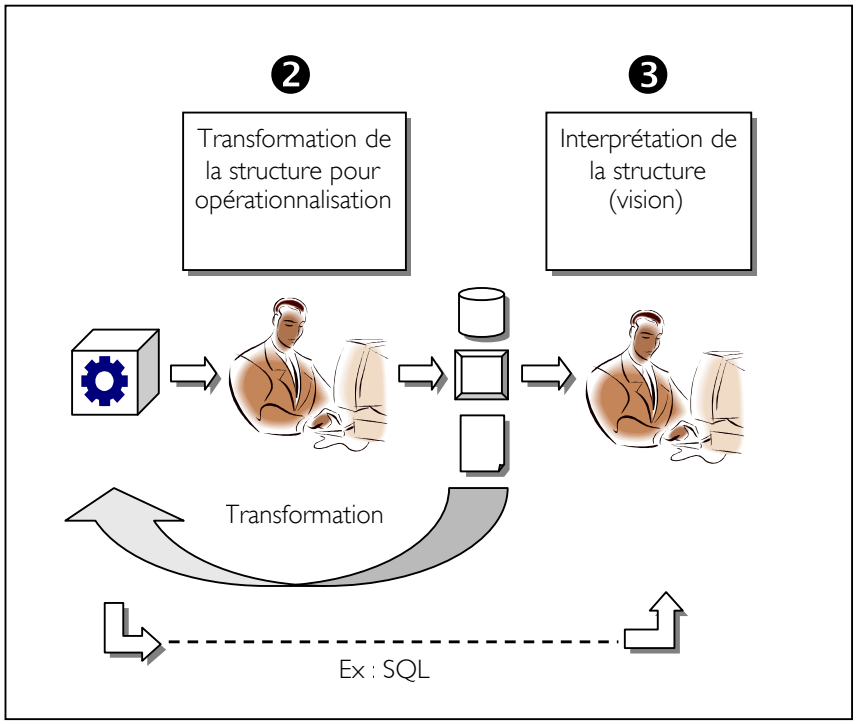


Figure 27 - Transformation d'une structure

Dans le schéma ci-dessus, la structure d'origine peut suivre différentes transformations ou alors être accessible directement, dans le cas d'utilisation de SQL par exemple. Ce qui nous intéresse ici, est de comprendre comment la structure se transforme pour la rendre intelligible et différencier la structure signifiante du sens restitué.

Cette phase est portée par un être humain, comme celle de la création de la structure. Le fait de rendre la structure intelligible à l'Homme doit passer par une phase de transformation qui n'est pas automatique, car si le processus est automatique, il a été créé par l'Homme en programmant le code nécessaire à sa transformation. Une autre solution vient à l'esprit : redonner en l'état la structure sans transformation, pour la livrer en l'état. Mais soulève le problème, que nous verrons plus loin, du formalise sur lequel on se base.

On peut supputer qu'il est aussi sujet à la même aporie relevée plus tôt lorsque nous parlions de représentation. En effet, si la première phase était de représenter le réel, la seconde est aussi assimilable à interpréter un autre réel. Le fait qu'il soit dématérialisé ne change pas ce qu'il a à nous dire. On peut tout à fait comparer cet état de fait à ce que nous appelons la réalité virtuelle qui n'est, semble-t-il, qu'une

autre réalité. Toutefois, il existe là une grande différence car il ne s'agit plus de capturer un réel sans ordre dans son apparition, mais d'intégrer un réel déjà organisé et structuré. L'aporie, si aporie il y a, serait dans sa rupture informationnelle sur ce réel déjà digéré, soit un déficit sur la transmission de la connaissance de la structure. C'est ce qui permet de décupler le temps d'interprétation et d'utiliser ce réel à d'autres fins. Si nous utilisons un requêteur de base de données, nous devons connaître la structure de la base pour y accéder, il n'est donc plus nécessaire de réorganiser le réel qui l'est déjà. Il y aurait alors un isomorphisme entre la structure mémorisée et la structure d'interprétation qui siège en chacun de nous. Il est courant de voir que cette affirmation est fausse, car beaucoup d'êtres humains sont rétifs à accéder à l'informatique et à ses logiques, à ses structures. Ce qui est formalisé n'est donc pas directement intelligible comme tel, sous réserve d'une formalisation directe, mais doit passer par une phase de remise au réel.

Nous entendons par formalisation directe, un formalisme qui n'aurait pas besoin de transcription pour être intelligible. Il est également difficile d'être affirmatif, car tous les formalismes sont assimilables, pour peu que la connaissance de ce formalisme nous soit exprimée. Prenons un exemple simple et courant : il n'est pas rare de voir des utilisateurs accéder aux bases de données directement, car les programmes ne suffisent pas à redonner la richesse informationnelle stockée ou ne créent pas les relations suffisantes à leur exploitation. Les utilisateurs sont donc formés à la notion de structure et l'assimilent tant bien que mal, car il n'est pas rare également de voir que les utilisateurs ne peuvent aller au-delà d'une certaine compréhension des modèles (le sens de la structure).

Revenons sur la question du formalisme.

Lorsque nous parlons de formalisme et prenons pour exemple les ontologies, on peut définir son formalisme par des mots, tout simplement : des concepts hiérarchisés, reliés par la relation « est un », et reliés par d'autres relations sémantiques dont on ne connaît pas la nature, sans omettre les concepts définis. Cette définition très simple n'a pour but que de vérifier que l'image mentale qui devra se construire, devra aussi trouver un réel exploitable pour une opérationnalisation future. Ce formalisme n'est pas théorique, mais renvoie à une pratique ultérieure. L'entrée du graphe, ou de la représentation graphique, va donner une réalité formelle à la définition et mettre ainsi dans l'espace visuel ce qui est retenu dans l'espace intérieur. On pourrait le nommer le formalisme du formalisme, ou disons la représentation visuelle donnant les clés d'intelligibilité de la définition du formalisme à implanter. La définition a-t-elle précédé la représentation ou bien la représentation a-t-elle aidé à la création de la définition ? Ne pouvant revenir aux prémices d'une conception qui est parfois le fruit d'un très long travail, conservons uniquement la représentation graphique du formalisme pour voir son influence sur notre approche.

Dans le cas de nos structures, il faut transformer la structure d'entrée en une représentation de sortie intelligible. Deuxième cas, la structure est transformée pour être stockée de manière différente, sous une autre forme. Intéressons-nous au premier cas.

Le tableau suivant résume les transformations cibles de la structure :

Structure	Accès	Transformations cibles
	Lire	Rechercher
		Extraire vers une autre structure
		Transformer vers une autre structure
		Mettre en forme (afficher, imprimer)
		Calculer, déduire, décider
	Mettre à jour	Modifier
		Ajouter
	Supprimer	

L'accès principal est la lecture qui permet de collecter les données stockées pour les transformer. C'est le processus le plus répandu. A chaque transformation cible, nous aurons une remise au réel différente. L'affichage d'une recherche ne correspond pas, ou pas forcément, à l'affichage ordonné sur un écran. Il y a donc des transformations différentes, mais qui *in fine* redonnent le même sens au modèle accédé. On constate alors que le formalisme graphique de départ est mis à mal, pour être transformé dans une autre représentation visuelle.

Phase ❸ Interprétation de la structure

La troisième phase correspond à l'intelligibilité de la structure visuelle, au modèle cognitif qui sera acquis par un être humain. Comme nous l'avons souligné au début de ce chapitre, si le passage du réel à une représentation de la connaissance s'avérait aporétique, le chemin qui consiste à redonner le réel emprisonné resterait une phase difficile car il mettrait en jeu des mécanismes humains qui sont mal maîtrisés. Cette réécriture fonctionne, là aussi, sur des empirismes, des recettes acquises au fil du temps.

La première loi immuable se résume au fait que visualiser signifie former une image mentale ou un modèle mental de quelque chose (Robert Spence, 2007). Ce principe cognitif n'a donc rien à voir avec les ordinateurs, et regarder l'écran d'un ordinateur s'apparente à créer en permanence des représentations en nous, et à retrouver le sens des choses qui sont indiquées à l'écran. Quelle que soit la nature de ce que nous avons à visualiser, Herbert A. Simons (1996) nous donne une remarque pertinente :

> « …solving a problem simply means representing it so as to make the solution transparent »

Comme l'indique R. Spencer, le mot « simply » est à mettre en relation avec le concept, et poursuit en mettant en évidence que tous les chercheurs se focalisent sur le fait de rendre l'information transparente en recherchant des principes d'encodages efficaces. Nous sommes bien au cœur de la question qui met en rapport en amont le principe de représentation de la connaissance avec son formalisme, et en aval la transparence cognitive désirée. Cependant cette affirmation met en évidence un principe qui abolit et qui ferme d'emblée une hypothétique interaction avec la première phase que représente la conception. Constatons qu'en aucun cas la manière et la méthode de représentation visuelle de la connaissance ne sont prises en compte dans toutes les étapes de la conception. Il existe une coupure radicale entre le processus de création de la représentation et sa Re-représentation, et ce, contre tout processus humain usuel telle qu'une chorégraphie (réécriture visuelle permanente), une peinture (le droit au repentir), un livre (réécriture de passages), une photo (on ajuste la prise de vue, on prend plusieurs clichés), etc.

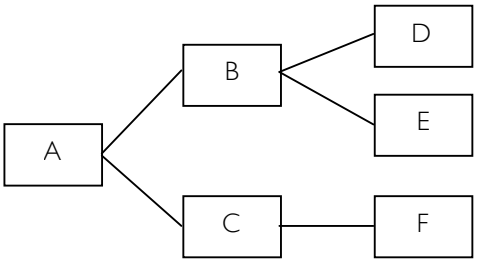
Cherchons les raisons de ce délaissement.

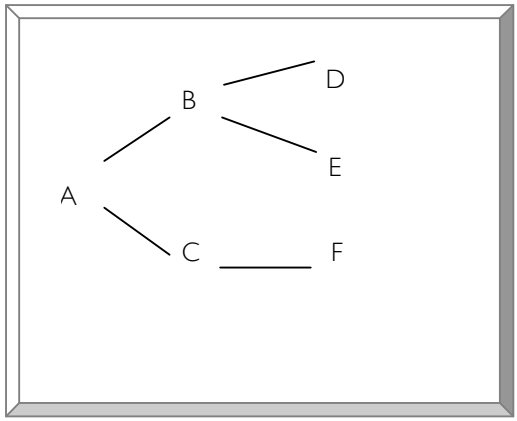
La création du formalisme est en réécriture perpétuelle, jusqu'à un point d'équilibre, et devra laisser sa place au formalisme suivant. Le formalisme prend alors une forme définitive (à un instant) pour être exploité et donc instancié de manière à donner un sens au travers des valeurs qui seront mémorisées. La reproduction du formalisme s'apparente alors à une duplication, une copie conforme d'un canevas. C'est tout du moins ce que pensent les personnes qui l'exploitent, comme par exemple les ingénieurs en développement. Plusieurs solutions s'offrent à cette reproduction :

- Copier exactement le formalisme visuel, graphique faisant foi pour la représentation,
- Copier en interprétant le formalisme visuel,
- Créer une autre organisation visuelle déstructurant le formalisme d'origine.

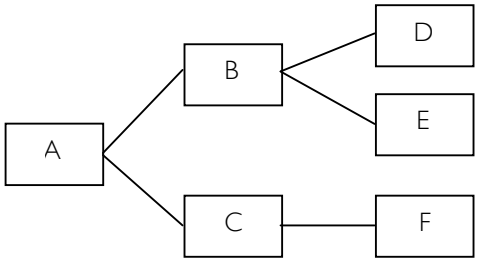
Les écoles de peinture italiennes de la Renaissance avaient déjà intégré un schéma identique ou approchant pour la formation de leurs maîtres, et qui s'étalait à l'époque sur une période de 11 ans. Les futurs maîtres devaient suivre ce schéma initiatique : copier, interpréter, créer. Si nous ne sommes pas dans le même schéma, on peut y voir une analogie sur l'intégration de la structure et de son interprétation.

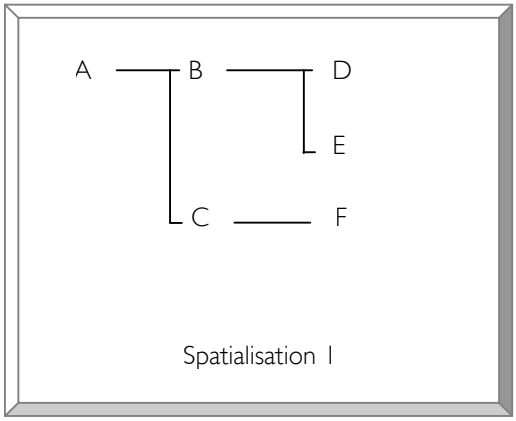
Copier conformément le formalisme visuel revient à le dupliquer à l'identique sur un écran. Prenons l'exemple d'un réseau sémantique :

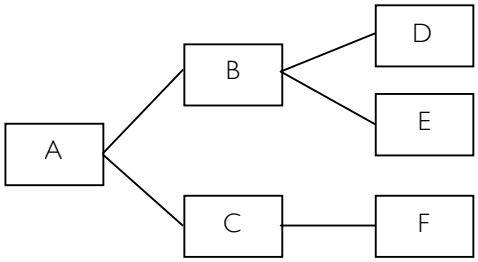


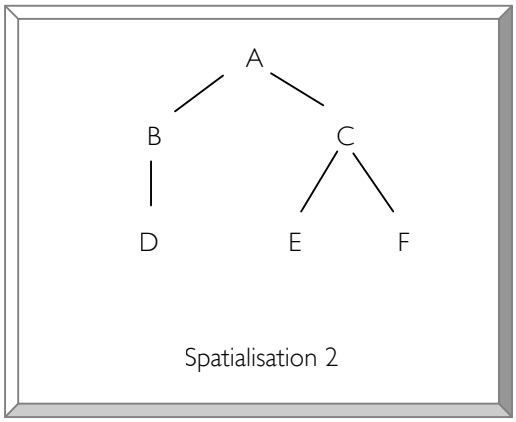


Le formalisme est copié à l'identique. L'objection principale est la suivante : le formalisme visuel ne possède pas de recommandation pour être spatialisé et ne possède pas de sens de lecture sauf s'il est indiqué, soit par une annotation, soit parce que cela correspond à sa constitution, comme le haut d'un arbre. Par conséquent, il est peu probable que l'on puisse recopier un formalisme dont la spatialisation n'est pas recommandée. On passe donc à une libre interprétation de la spatialisation du formalisme possédant de multiples variantes :









Quant à créer une représentation visuelle se détachant du formalisme de base, cela est tout à fait possible. Il suffit de séparer les éléments sur plusieurs écrans et d'indiquer les liens qui les relient entre eux. Et c'est là, dans LES RELATIONS, que réside le point le plus important dans la Re-représentation ou de la représentation visuelle.

Tout semble résider dans les relations qui unissent les éléments visuels qui, comme nous l'avons signalé plus haut, vont créer une image mentale pour construire le sens. Les relations sont ainsi le liant essentiel à la compréhension, et c'est dans le travail qui sera mené sur ces relations qu'il est nécessaire d'insister, que ce soit sur un même écran ou sur une multitude. Nous sommes vite perdus dans un site Web qui n'indique pas le chemin des pages parcourues, et sans cette information, la sollicitation de la mémoire est plus importante allant jusqu'au décrochage de notre mémoire temporaire.

Revenons sur notre recherche d'explications.

Si l'on souhaite reproduire le formalisme visuel, il faut donc d'un côté conserver les éléments (leurs instances) et d'un autre organiser les relations qui les unissent. La représentation visuelle est l'interprétation du formalisme qui va tenter de spatialiser[56] les éléments et leurs relations pour retrouver le sens d'origine, sans distorsion. Inverser spatialement l'exemple précédent, soit le lire de droite à gauche au lieu de gauche à droite, ne change pas le sens, mais change uniquement le travail de création de l'image mentale de l'utilisateur. Faire subir une rotation des lettres à 180° ou encore inverser le bas et le haut reviendrait à faire appel aux capacités de rotation du cerveau en sous-entendant que la reconnaissance aurait été faite auparavant (R. Shepard J. Metzler, 1971). Le temps de décision pour reconnaître un signe est d'autant plus long que la rotation qu'il a subi est important (J. Vauclair, 2000). Une autre question

[56] Spatialiser : action de représenter visuellement dans un espace donné.

s'impose. Si la capacité de rotation est bien une des qualités humaines, existe-t-il alors un ordre de spatialisation ?

C'est bien le formalisme de départ qui conditionne le formalisme visuel de représentation et son interprétation revient à conserver le sens au travers des relations. Mais de quelle nature sont ces relations ?

Lier un élément à un autre revient à dire qu'ils sont dans une relation formelle, à savoir qu'il existe une liaison qui représente la fonction « relier », dont on ne connaît pas la nature (sémantique), faisant ainsi écho aux définitions de structures. Si les éléments semblent naturellement reliés entre eux, leur nature semble plus complexe d'approche. On pourrait prendre, par exemple, la forme visuelle la plus polysémique que représente une flèche. Relier deux éléments par une flèche indique de suite deux fonctions : le lien qui existe et son sens. Le décodage est simple, mais la nature du lien reste cachée si une annotation ne vient pas le préciser. En revanche, le contexte aide beaucoup à ce décryptage, à l'image d'un signe linguistique polysémique en situation. Relier des éléments dans une représentation visuelle revient souvent à transférer, au préalable dans l'esprit de l'utilisateur, la relation sémantique ou à l'inférer, évitant ainsi une série de liens visuels qui surchargeraient la représentation. Le sens de la relation possède alors le statut de relation implicite ou de relation explicite. Si elle est implicite, cela sous-entend qu'elle est inscrite ailleurs et que quelque chose a permis de la créer. La nature des liens est donc essentielle à la construction du sens et doit être sans ambiguïté pour retrouver le sens. La spatialisation de la structure est donc conditionnée par la « qualité » visuelle de ces relations. On peut alors se poser la question de la limite cognitive basse ou haute et mesurer cognitivement la qualité de ces relations. Là également, il n'existe pas de science exacte mais des empirismes, des tentatives qui permettent d'arriver à des résultats pertinents. Il s'agit alors de s'interroger sur cette qualité des liens, de leur nature, comment lier tel et tel élément, ou tel et tel groupe d'éléments. Voici ce que disait Giordano Bruno au XVIe siècle sur les liens :

> Condition du liable
>
> *« Rien n'est lié s'il n'est apprêté de façon appropriée, parce que l'éclair ne se communique pas à toute chose de la même façon. »*
>
> Forme du liable
>
> *« Toute chose liée est, en quelque manière, sensible – et dans la substance de cette sensibilité on découvre une certaine espèce de connaissance, et d'appétit : l'aimant (en son genre) ne fait rien d'autre lorsqu'il attire ou qu'il repousse. Donc, qui veut lier doit en quelque façon introduire une sensibilité dans ce qui est liable ; en effet, le lien suit la sensibilité d'une chose comme l'ombre suit le corps. »*
>
> *Giodano Bruno, Des liens*

Transformation de structure

La transformation est au cœur des préoccupations des processus de propagation des structures. Mais il faut en tout premier lieu éclaircir cette notion de transformation. Cela induit qu'il existe obligatoirement plusieurs structures et qu'il existe un passage possible d'une structure à l'autre. Dans les sciences sociales, les chercheurs essayaient de trouver, au travers de sens différents, une structure de base unique qui serait une explication recherchée et confirmerait ainsi leurs théories. En informatique, nous utilisons le paradigme inverse, nous créons d'abord la structure pour lui donner sens dans sa phase opérationnelle.

Raisonnons uniquement sur 2 différentes structures pour simplifier. Lorsque nous devons passer d'une structure à une autre, cela induit également que les structures sont différentes et qu'il existe au moins quelque chose de commun dans ce passage. Cet élément commun est appelé un invariant. Il est nécessaire de lister ce qu'implique cette transformation et ce qu'elle requiert :

- Les structures doivent être différentes, mais comment peut-on définir cette différence et par quel moyen ?
- La transformation peut-elle être totale, partielle, ou impossible et comment l'évaluer ?
- Quelles sont les règles de transformations ? Est-ce automatique, les règles préexistent-elles, ou faut-il les créer ?
- Existe-t-il des isomorphismes structurels pour passer d'une structure à l'autre ?
- Réorganiser spatialement la structure implique-t-il une perception et une intelligibilité différente de la structure faisant ainsi croire que la structure représentée est différente de la structure d'origine ?

Cet ensemble de questions révèle en premier lieu l'identification des structures et le besoin de savoir si la transformation qui doit s'effectuer d'une structure à une autre est une réalité, ou bien, admettre que ce ne sont pas des transformations locales de la structure.

Prendre une structure de représentation de la connaissance pour la transformer vers un autre fichier ou une édition par exemple, reste isomorphique, sachant que le morphisme inverse est vrai, qu'il conserve son sens dans son formalisme.

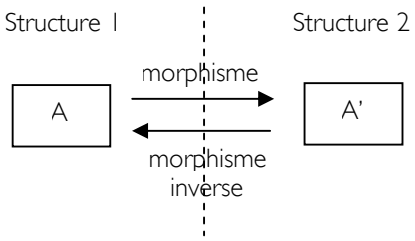


Figure 28 - Morphisme simple

Le morphisme n'est pas forcément une fonction, c'est la relation qui unit 2 objets (au sens large) qui ne sont pas des ensembles au sens mathématique. Le morphisme pris ici est l'équivalent de l'élément structurel.

Si A est équivalent à A' et inversement, que représente A ?

Comme nous l'avons dit, A est un élément, mais dire que A est un élément ne précise pas ce que A contient. A peut donc être un terme ou un concept, une phrase, un nombre, une lettre, etc. Dans la représentation des connaissances, A représente la plupart du temps un objet, un concept ou une propriété. Mais A peut aussi être le résultat de quelque chose, une somme, une synthèse, etc.

Cet isomorphisme implique que le formalisme de la structure 2 (figure 28) puisse recevoir le contenu de A , car en informatique nous devons considérer le typage des informations (numérique, texte, date, booléen, etc).

En augmentant le nombre d'éléments de la structure 1, on ajoute naturellement les relations qui unissent les éléments.

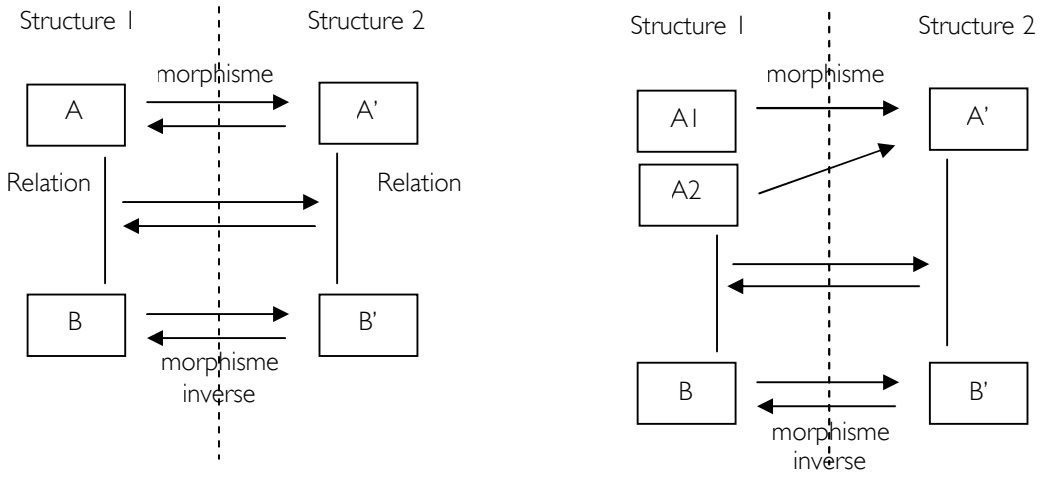
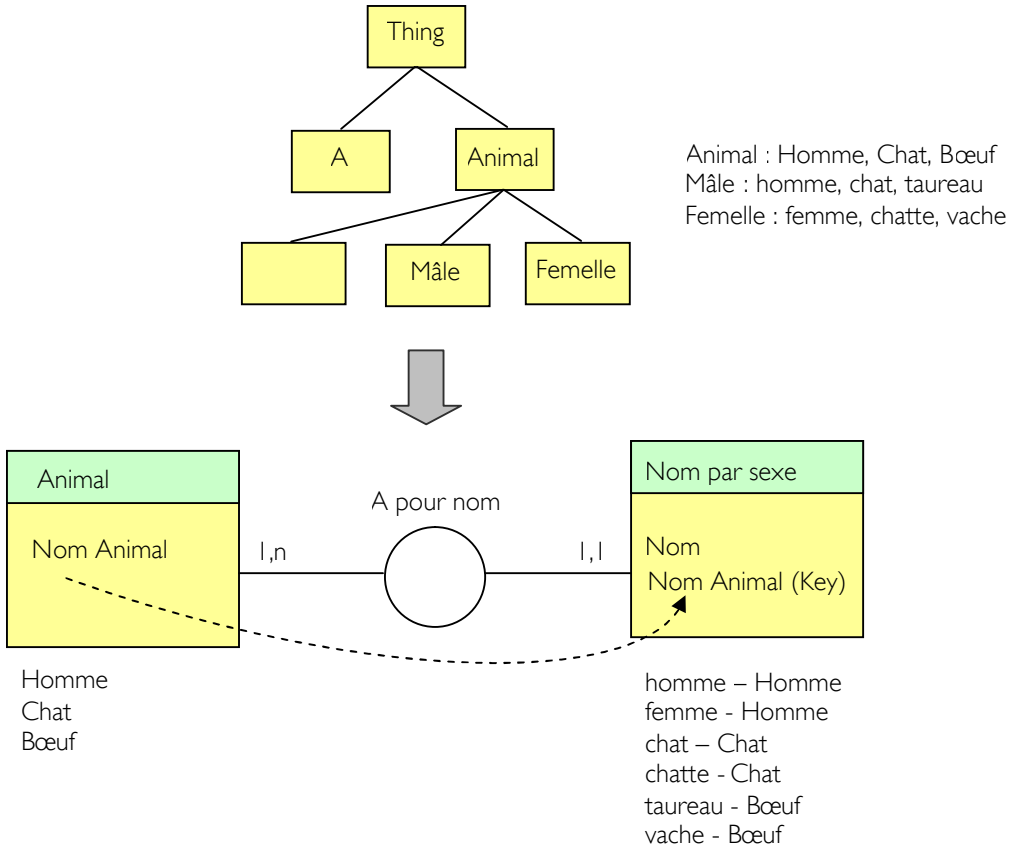


Figure 29 - Morphismes pluriels

Si tel est le cas sur la figure 29 ci-dessus, nous ne sommes pas devant une transformation. Pour qu'il y ait transformation, il est nécessaire que quelque chose de A ou B change ou que la relation change. A' & B' peuvent être dérivés de A, ou encore A' peut être la somme de A et B. Sur la figure précédente à droite, on remarque que A1 et A2 deviennent A'. Dans ce cas l'intégrité de la structure est conservée

Prenons un exemple plus précis. Tentons de comprendre comment nous pourrions passer d'une structure ontologique à une structure entité-relation pour identifier les passages.



Dans cet exemple, on démontre que la réunion des 2 éléments Mâle et Femelle est possible dans un autre élément appelé ici Nom. La difficulté réside dans la conservation du lien avec Animal. Si Nom (dans l'entité Nom par sexe) avait été seul, nous aurions perdu le lien sémantique avec Nom de l'animal, mais il aurait été conservé dans le formalisme de l'entité-relation.

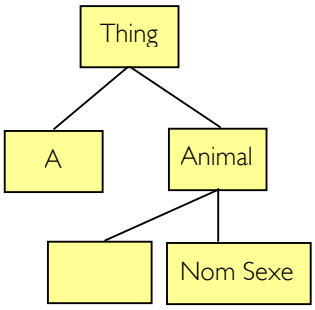
On peut considérer ici que la structure physique est changée lorsque nous comparons l'ontologie à l'entité-relation, mais le lien demeure recomposable logiquement. Cette décomposition puis recomposition est possible grâce aux

traitements qui vont transformer les instances de l'ontologie en instance entité-relation.

Bien que la transformation soit apparemment complète, il manque au formalisme cible une notion qui est propre aux ontologies : Mâle et Femelle sont descendants d'Animal, ce qui implique que Mâle et Femelle sont une fratrie. Ce lien sémantique implicite n'est absolument pas repris dans le formalisme de l'entité-relation et c'est un point important, car nous perdons une partie de la richesse lors de la transformation. Si nous ne savions pas que la structure entité-relation était issue d'une transformation ontologique, nous n'aurions pas cette description qui demeure calculable dans le cas des ontologies.

Réserve : l'exemple présenté est purement théorique et ne prétend pas être conforme à une conception canonique des ontologies.

L'ontologie aurait été alors sous la forme suivante : bœuf



Animal : Homme, chat, bœuf
Nom Sexe : homme, chat, taureau, femme, chatte, vache

On voit bien que le formalisme, quel qu'il soit, ferme de manière hermétique les possibilités de transformations vers d'autres structures, même les plus simples comme dans l'exemple précédent. Nous ne pouvons pas démontrer ici tous les cas de transformations de structure. L'important est que la transformation ne peut s'opérer de manière automatique, et s'appuie sur les traitements pour transformer les instances d'une structure en une autre. La réponse n'est pas aussi certaine que cela, car il existe au travers du formalisme cible la capacité à « plaquer » sur le formalisme de départ, ce qui contraint fortement la conception et implique des jeux d'acrobaties structurels qui n'ont pas lieu d'être, dérivant ainsi les fonctions. On trouve très facilement des applications dont les structures de données sont « dénormalisées » pour être utilisées à d'autres fins. Cette propension à dévier l'outil de sa fonction se retrouve aussi dans l'informatique, car le formalisme ne trouve pas d'adéquation avec le réel ou inversement, et aussi met en cause la capacité du créateur à pouvoir rentrer au chausse-pied le réel dans un formalisme. L'informatique rêve certainement d'un formalisme idéal, d'une structure, où le réel serait enfin emprisonné.

Il manque à cette analyse plusieurs aspects que nous ne traiterons pas ici :

- N structures se regroupent en une structure,
- Une structure s'éclate en N structures,
- Une structure est un sous-ensemble d'une autre structure,
- N structures sont des sous-ensembles d'une autre structure.

Le passage d'une structure vers une autre peut prendre plusieurs statuts en fonction de la complexité, de la richesse du formalisme. Il peut être transformable, ou partiellement transformable et la perte que l'on constate ne se fera pas sur les éléments, mais sur les relations qui unissent ces éléments.

L'auto réglage

Cette partie est beaucoup plus simple d'approche puisque dans nos définitions elle concerne les règles qui régissent la structure et ses frontières ; plus simple dans le sens où nous ne pouvons pas entrer en détail, mais survoler les fonctions.

En informatique, sans scruter l'horizon pour y voir ce qui viendra dans l'avenir, les règles qui contrôlent une structure sont écrites dans des langages de programmation. La structure est divisé en 2 parties : la structure physique où sont stockés ce que nous appelons ici les signifiants, et leurs règles stockées elles aussi, mais dont l'activation se fait par programme. Les règles s'exécutent ainsi pour la gestion de la structure. M. Serres affirmait que le nombre de relations étaient finies et nous en avons déjà débattu plus haut. En revanche c'est bien dans l'hypothèse des relations que se joue la limite du formalisme car, comme nous en avons conscience, l'ordinateur devra effectuer, avec les principes que l'on connaît, des calculs sur la structure : lire, copier, modifier, supprimer, déduire, inférer, etc. Il s'agit alors de leur nature.

Contrairement aux supputations sur l'innéisme de l'esprit humain, la structure informatique est réglée par les relations qu'établissent les programmes. Si ces relations sont formalisées, elles ne sont pas stockées lors de l'instanciation de la structure, sauf dans certains cas, comme dans celui des ontologies où les relations sémantiques explicites sont formalisées et stockées, donc accessibles par programme. Lorsque ces relations ne sont pas stockées, elles sont reconstruites par les programmes et doivent être instanciées dans l'esprit du programmeur. C'est bien par le biais humain que se construisent les règles.

Objection possible : pourquoi a-t-on encore besoin de programmer les relations, alors que les décrire dans un langage quelconque, mais computable, suffirait à un système pour les interpréter ?

On peut prendre pour exemple approchant les « Triggers » des bases de données de relationnelles où les règles sont stockées et se déclenchent en fonction de critères.

On pourrait y voir une autorégulation de la structure où les règles ne sont plus à être interprétées, puis programmées par le tiers humain, mais sont partie intégrante de la structure. Ces règles portent en elles les relations, mais ne sont pas explicitement décrites. Mais l'exemple le plus probant est celui des ontologies où les relations sémantiques sont explicites et donc computables. Nous verrons comment nous les avons utilisées dans le chapitre suivant.

La frontière est en informatique une notion absente. En effet parler de frontière de la structure revient à envisager un espace, ou une masse dans l'espace. L'abstraction nous permet d'envisager la structure comme étant une entité qui grossit en fonction des ses instanciations. La frontière dépend alors du volume occupé par ces instances et recule les frontières d'un volume occupé. Mais ce n'est pas de ces frontières dont il s'agit. Il s'agit des frontières conceptuelles et de la génération d'éléments exogènes à la structure qui ne garantirait plus son intégrité. Il est possible de créer à partir d'une structure une autre structure, avec déperdition ; il est également possible de créer des nouvelles règles, de créer de nouvelles instances d'un élément. Mais il est difficile de créer des éléments comme un concept dans une ontologie ou une table dans une base de données relationnelle. Ces créations nécessitent toujours des interventions humaines, qui doivent contrôler le processus invoqué.

Pour conclure ce paragraphe sur la transposition de la structure au STIC, nous avons constaté qu'il existait des similitudes entre la définition de structure et les structures informatiques. Les éléments sont des espaces mémoires alloués qui deviennent signifiants lors d'une instanciation, mais dont le sens n'existe que dans l'esprit de la personne qui consulte. Le sens est donc exogène. Les relations n'existent pas structurellement, mais sont créées par des algorithmes qui vont créer les liens entre les éléments. Les relations ne sont pas limitées, leur nature non plus. Nous avons vu aussi que le passage d'une structure à une autre se jouait dans la conservation des relations entre les éléments. L'heuristique structuraliste permet de mettre en évidence cette notion de RELATION primordiale pour comprendre et affirmer la transparence cognitive qui se développera lors de la visualisation.

3. Transparence cognitive

3.1. Qu'entend-on par transparence cognitive ?

La transparence cognitive ne s'apparente pas à une discipline scientifique, elle est la constatation d'un désir, d'une conséquence, d'une nécessité. Elle ne s'impose pas comme étant primordiale, on ne l'entend pas ainsi, on pourrait même dire qu'elle est délaissée. Pourtant elle est dans tous les esprits, partout où l'on doit transmettre quelque chose à quelqu'un, c'est-à-dire communiquer, tenter d'émettre un message chargé de signes qui sera compris par son interlocuteur directement en utilisant les fonctions de son corps ou *via* un système de signes quel qu'il soit, mais par l'intermédiaire d'un tiers, d'un dispositif comme une lettre manuscrite, un ordinateur, un téléphone, etc. On parle plus aisément de sémiologie, de cognition, de communication, mais le terme de transparence n'apparaît pas. Pourquoi alors en parler puisque nous pourrions le faire différemment avec d'autres terminologies ? Nous avons vu plus haut que le formalisme idéal qui n'existe pas serait la base de capture du réel ou vécu comme tel. Mais la question sous-jacente n'était pas de savoir comment nous pourrions le capturer, faisant appel à la méthode, mais de comprendre comment nous pourrions le restituer en posant une nouvelle question : quel rapport existe-t-il réellement entre le formalisme aporétique du réel et sa transformation en élément cognitif intelligible par l'être humain dont on ne présuppose pas les capacités d'intellection ? Ces questions difficiles d'approche inscrivent, dans une chaîne qui va du réel capturé à la réalité restituée, une mise en garde qui consisterait enfin à se débarrasser du bruit ajouté par les différentes transformations. L'intelligence artificielle ne s'efforce-t-elle pas à rendre transparent le dispositif que représente la machine ou l'ordinateur, ou tout autre éventualité créée par l'Homme, pour que celui-ci ait l'impression de vivre quelque chose de plus humain ? Interroger un moteur de recherche revient à être contraint, canalisé, apprendre le fonctionnement, déjouer les pièges ou les insuffisances d'un système. Prenons 2 exemples : tapons « Albert Einstein » dans Google, puis « Einstein Albert ». Les 2 premiers résultats sont identiques, et à partir du 3ème le résultat n'est plus le même. Tapons désormais « revenir de Marseille à Paris » puis « Aller de Marseille à Paris », le résultat est totalement différent. Ces problèmes bien connus qui sont le terrain désormais du Web sémantique, s'approchent au plus près du sens intime de la question qui oscille toujours entre dit et non dit, car l'ordinateur ne connaît pas le contexte lors de l'émission de la demande. Pour l'ordinateur, être transparent reviendrait à dire qu'il comprend le sens de notre question, que nous ne lui cachons rien, au lieu de tenter de biaiser en permanence ces systèmes contraignants. Revenons à ce qui nous occupe ici. Il s'agit de comprendre comment mettre en œuvre cette transparence cognitive à partir du formalisme de départ.

Rappelons ce que J. Piaget disait en parlant des structures. C'est au scientifique de trouver le formalisme, et c'est dans ce passage que la transparence joue son premier rôle, même si, avouons-le, cela reste encore une énigme scientifique.

3.2. Passer du formalisme à la représentation visuelle

Ignorons par force le passage de la structure mentale du créateur au formalisme et considérons uniquement ce dernier comme étant générique, même si les formalismes répondent chacun à des problématiques différentes. Pour comprendre ce que représente ce passage listons les principales étapes de ce passage :

- Mise en œuvre du formalisme (structure), création des instances,
- Accès à la structure, lecture,
- Spatialisation (écran, papier autre).

Nous ne discutons pas ici de la création du formalisme, mais nous nous occupons uniquement de rendre transparent ce qui est stocké sous une forme donnée.

Cette simple transformation fait appel à des principes purement informatiques que sont les accès, la lecture, la mise en mémoire, l'affichage, mais elle fait appel également à des connaissances sur la perception humaine que sont la vision, la spatialisation de l'information, la reconnaissance, ce que cela induit, et questionne les évidences et les a priori sur ces étapes.

Commençons tout simplement par discuter des évidences et des a priori qui demeurent des freins aux raisonnements et aux solutions. La rigidité de l'informatique est une évidence pour tout le monde et surtout pour ceux qui l'exècrent. Pour le moment, rien n'est venu au secours des rétifs, des peureux, de ceux qui paniquent, qui rejettent les systèmes dédiés à aider l'homme dans ses tâches. Les dirigeants de grandes sociétés, par exemple, trouvent dans leurs assistantes une main habile pour faire un travail qui côtoie plus le pénible que le plaisir. Nous ne vivons pas encore dans la série de science fiction Star Treck, où il suffit de dire « Ordinateur » et de poser une question pour avoir la réponse dans l'instant, ou encore de donner un ordre. L'aspect sociologique qui existe dans le rapport entre les êtres humains et l'ordinateur est essentiel, surtout qu'il s'agit de représentation, de valeur accordée à quelque chose qui est devenu indéfinissable, tant la complexité qui se cache derrière un écran est grande. La première évidence est-elle donc celle-là ? Que représente la relation entre un être humain et son ordinateur ? A-t-il vraiment le désir de comprendre, de chercher, d'investiguer ? Sans ce désir, tout devient beaucoup plus difficile, à la fois pour celui qui consulte et pour ceux qui créent les programmes informatiques. Sans cette volonté, toutes les théories cognitives sont mises à mal, mais peut-être avons-

nous la possibilité d'alléger cette contrainte, de faire appel à de nouveaux paradigmes. Rappelons qu'il ne s'agit pas de cognition en face à face avec une autre personne, mais d'une personne en face d'un écran d'ordinateur, canalisée, prise en charge dans une route d'où on ne s'échappe que très difficilement. La deuxième évidence est la capacité d'intellection de la personne qui consulte un ordinateur. Il est évident là aussi, que certaines représentations ou organisations visuelles demandent des ressources, des apprentissages, un vécu. Nombre d'utilisateurs « décrochent » et préfère trouver d'autres solutions. Il existe donc un rapport entre la représentation visuelle et la capacité d'y accéder. C'est sur ce point également que les créateurs évoquent la formation. Utiliser un générateur 3D demande d'être formé, rien ne peut venir intuitivement, sauf si le vécu est suffisant pour décoder. Lorsque le créateur d'une interface ou d'une représentation visuelle propose le fruit de sa cogitation, il le fait se prenant comme le référentiel cognitif. Il ne fait appel à aucune méthode d'évaluation pour connaître le rendement cognitif de sa représentation visuelle. L'empirisme l'emporte donc.

Il est naturel de croire que tout est égal, comme on a l'habitude de l'entendre en informatique. Pour faire une nouvelle fois écho à la structure, rappelons que le point d'arrivée ne dépend pas du chemin emprunté. Le système d'exploitation Windows permet parfois 3 manières pour déclencher une action : souris, navigation clavier, raccourcis clavier. *Remarque : les personnes expérimentées préfèrent de loin le clavier à la souris pour des raisons de rapidité d'exécution, ce qui semble désavouer les théories du pointage par engagement corporel.* Si nous considérons que certains d'entre nous rencontrent des difficultés avec l'informatique, pourquoi n'avons-nous qu'une seule possibilité d'utilisation ? Devrions-nous comparer cette affirmation avec la construction d'une automobile où il n'existe qu'une seule manière de commander une voiture ? C'est certainement la première position qui s'est imposée naturellement et qui fonctionne, même si de nombreuses expériences ont vu le jour pour en proposer d'autres. Y aurait-il donc un état naturel à créer ce qui convient le mieux pour une situation donnée faisant appel à ce qui nous est insondable aujourd'hui ? Nombre d'inventions n'ont pas eu besoin de longues réflexions et ont été le fruit d'une image qui s'est imposée ou encore ont été vécues sur le chemin de la sérendipité.

L'usage est donc de croire également que les utilisateurs possèdent le même cerveau, les mêmes capacités intellectuelles. Existe-t-il des différences entre une femme et un homme, entre quelqu'un qui a suivi des études supérieures et d'autres pas, etc ? Si quelques études existent sur la différence entre les sexes, celles-ci sont peu nombreuses pour l'informatique. Citons « Sex differences in object location memory » par exemple de l'équipe de A. Potma de l'université d'Utrech (Postma, 1998). Nous savons qu'il existe des différences dans les capacités humaines et pour reprendre l'exemple de l'automobile, la conduite n'est pas une facilité pour tout le

monde car il existe de nombreux paramètres tels que la synchronisation, l'anticipation, la concentration, la spatialisation, etc. Pour utiliser un ordinateur nous avons besoin de ressources pour mémoriser, spatialiser, opérer des rapprochements, synchroniser, etc.

Ces avertissements ne change pas notre objectif de transformation du formalisme en représentation visuelle, et met en scène dans cette articulation les problèmes suivants pour arriver à notre transparence cognitive :

- Que doit-on afficher parmi une collection d'informations ?
- Que doit-on trier et transformer avant d'afficher ?
- Existe-t-il un sens d'affichage pour construire le sens ?
- Sur quels critères s'appuie-t-on pour construire l'interface ?
- Quels sont les représentations visuelles possibles à notre disposition ?
- Quelles sont les interactions avec l'utilisateur ?

Et indirectement :

- Quels sont les distorsions engendrées par de tels processus ?

Il manque certainement l'essentiel à ce questionnement :

Comment reproduire visuellement le réel qui fut capturé ? Est-il fidèle à ce que nous voulions ou à ce que voulait son créateur ? Par exemple, comment être fidèle à l'interprétation de la 9ème symphonie de Ludwig V. Beethoven ? …puisque Ludwig V. Beethoven est mort et nous ne savons que faire exactement, malgré le formalisme musical qui porte sa création, et d'aucuns diront qu'il ne suffit pas. Devrions alors penser de la même manière pour la connaissance ? En réalité nous ne savons pas comment le réel fut capturé par le filtrage de son créateur, nous n'avons à notre disposition que la représentation de la connaissance sous une forme exploitable. C'est dans l'équilibre entre intention du créateur et attendu de l'utilisateur que se concrétise l'évaluation d'un système, l'intention pouvant aller au-delà de l'attendu, et inversement.

3.2.1. Du formel au visuel : spatialiser

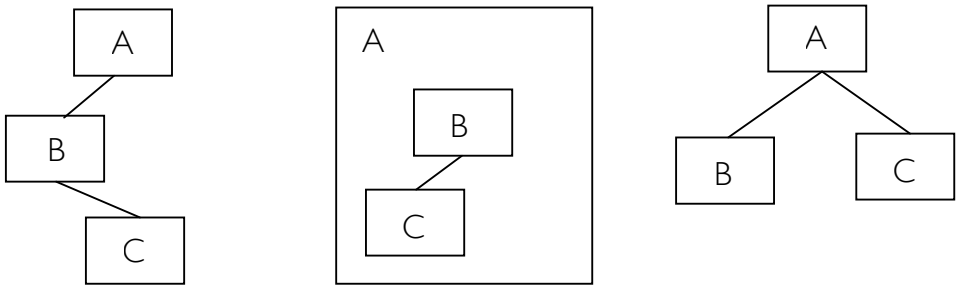
L'opération consiste à passer de la structure formelle à la structure visuelle. Ce passage, comme nous l'avons signalé, ne fait pas l'objet de méthode et ne s'appuie pas sur une réalité scientifique, mais sur un empirisme dont chacun hérite par l'expérience.

Alors quels seraient les critères à identifier pour effectuer ce passage, puisque nous ne pouvons pas intervenir sur le formalisme ?

Identifier le rapport qui existe entre les éléments :

- Sont-ils indépendants ?
- Sont-ils ensemblistes ?
- Sont-ils hiérarchiques ?
- Ou constituent-ils la réunion complète ou incomplète de ces 3 rapports ?

Exemple



Indépendant Ensemble Hiérarchique

Cette identification nous permet de repérer les premières relations primitives qui unissent les éléments. Ensuite les relations qui dépendent du formalisme. Dans une ontologie les primitives sont identifiées par la relation qui unit 2 concepts, qui est hiérarchique. Il n'existe pas d'autres primitives entre 2 concepts. En revanche, le formalisme définit la création de nouvelles relations sémantiques entre les concepts, ce sont des variables du formalisme. Ces éléments variables peuvent être en nombre indéfini et font partie du formalisme.

Rapport	Relations implicites	Relations explicites
Indépendant	Aucune, mais font partie de la structure	Relation non définie En fonction du formalisme
Ensemble	Inclus dans B & C inclus dans A B & C font partie du même ensemble	Relation non définie En fonction du formalisme
Hiérarchique	Fratrie (B & C)	A parent de B A parent de C

Figure 30 - Rapport des relations

L'idée sous-jacente à l'identification est la reconstruction spatiale des relations. Si nous oublions une relation implicite ou explicite, le sens tendra vers l'incomplétude.

Dans toute les représentations visuelles, nous avons vu que c'était à l'utilisateur de construire une image mentale. Nous devons reproduire ce sens à l'aide des relations implicites et explicites et c'est en créant l'image que l'on pourra s'en approcher.

Reprenons la base de données relationnelle et regardons ce qui se passe :

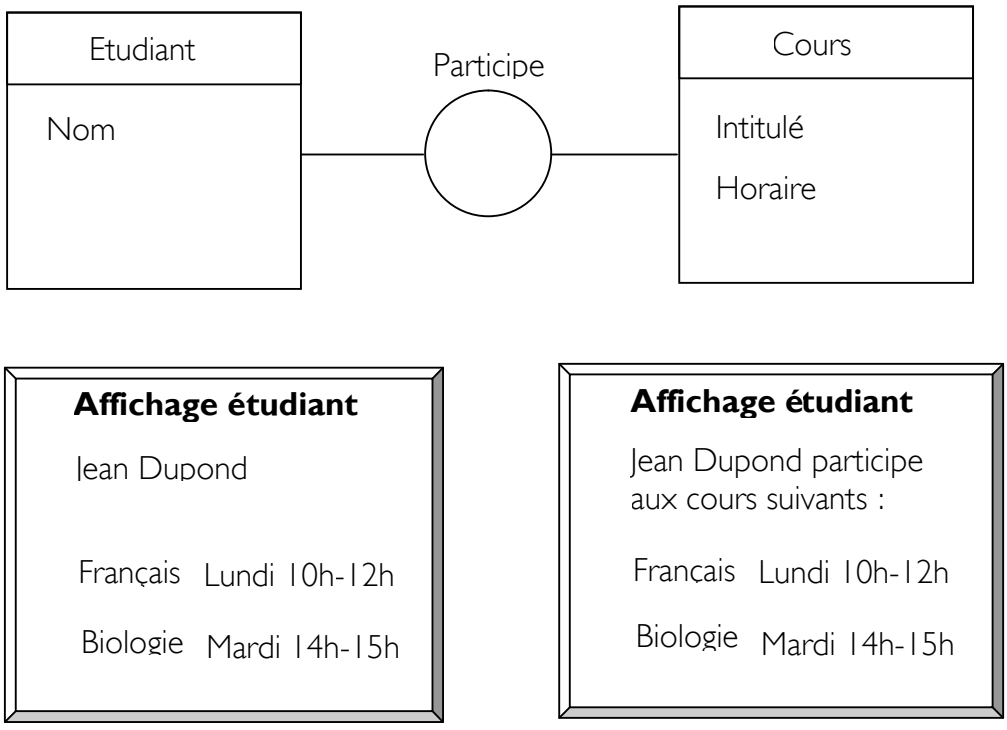


Figure 31 – Spatialisation d'une relation implicite/explicite

La relation « Participe » inscrite dans le formalisme n'apparaît pas dans la représentation visuelle qui ne se perd pas. Pourquoi ? Tout simplement parce que la relation est portée sémantiquement par l'utilisateur, et non pas par la représentation qui ne fait alors que « suggérer » cette relation. Si reconstruction il y a, elle est essentiellement due à l'apprentissage, à la formation de l'utilisateur qui mémorise dans ce contexte les relations. Elle est « exoportée ». Mais elle pourrait être explicite en affichant à l'écran la relation qui unit les champs. En informatique les relations font souvent appel à l'expérience de l'utilisateur pour reconstruire le sens et c'est sur cette base implicite que les représentations visuelles se construisent. Dans le cas contraire nous serions obligés de tout expliciter, ce qui n'est pas envisageable, comme dans la plupart des usages.

Prenons désormais un autre exemple qui concerne les ontologies. Pour créer une ontologie, nous pouvons nous aider d'outils comme Protégé (Standford University). Sans entrer dans le détail, car ce n'est pas un travail sur les ontologies, intéressons-nous à la représentation visuelle de l'ontologie.

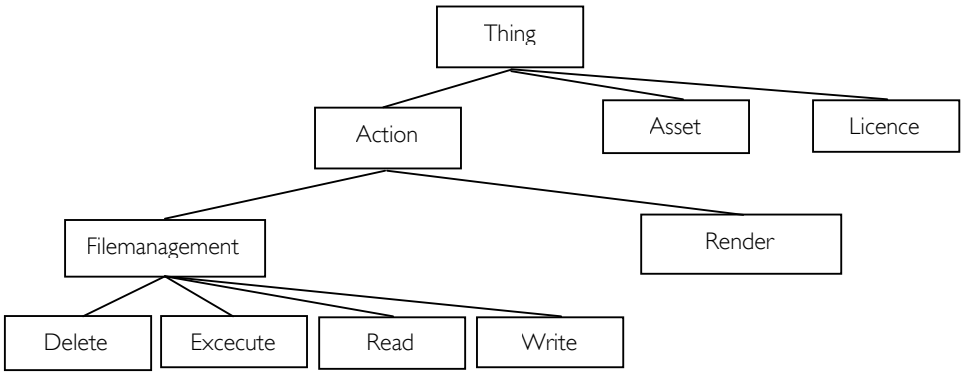


Figure 32 - Exemple ontologie des licences

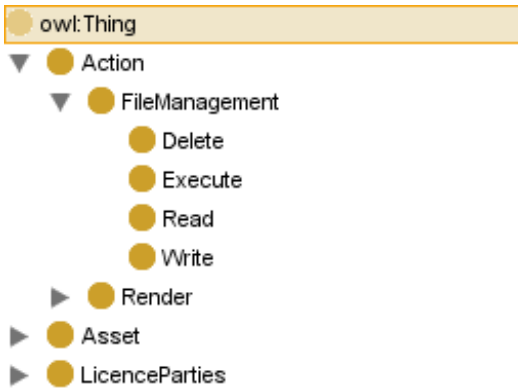


Figure 33 - Ontologie > Licence dans Protégé

En figure 32 (p.141) le formalisme graphique est tout à fait arbitraire mais usuel. Nous avons une relation hiérarchique entre des éléments. Dans notre exemple il s'agit de concepts. Cette hiérarchie est reprise dans Protégé en faisant appel à l'indentation bien connue des informaticiens avec des fonctions de dépliage de l'arborescence. Qu'avons-nous perdu ici ? Rien puisque les primitives font partie du formalisme et qu'elles sont restituées sans ambiguïté, sous réserve que le lien hiérarchique « est un » soit assimilé. La relation implicite que représente la fratrie est également préservée par la représentation. Comme dans l'exemple précédent de l'étudiant, la relation n'est pas sémantiquement explicite, mais elle est reconstruite par l'image qui est créée chez l'utilisateur. Il ne s'agit donc pas d'un automatisme, mais d'une reconstruction faisant appel au vécu, au conditionnement dans l'interprétation. Il existe par conséquent un système de règles qui agit et contraint la lecture.

Ces 2 exemples, simples mais assez génériques, nous mènent à la conclusion que les relations peuvent être préservées par différents moyens visuels pour reconstruire le sens chez l'utilisateur. Une même relation peut alors être représentée parmi une multitude de solutions que nous ne pourrons pas aborder ici, mais que nous tenterons d'identifier. Ceci permettra de mettre en place la transparence cognitive.

3.3. Empirismes et transparence cognitive

3.3.1. Ergonomie

En juillet 1998, l'INRS *(l'Institut National de Recherche et Sécurité)* proposait une brochure intitulée « Présentation de l'information sur écran de visualisation » (INRS, 1998) dont la première version datait de 1993. Le but de cette brochure était d'émettre des recommandations pour la codification des informations à l'écran : mise en page, codage lumineux, codage typographique, codage graphique. En voici la conclusion :

> « *Ces recommandations sur la présentation de l'information affichée visent à améliorer la qualité de l'interface homme-ordinateur et concernent tous les codages visuels de cette information. Les recommandations peuvent varier selon la nature de la tâche ou selon l'expérience de l'utilisateur. Il importe donc de connaître la tâche des opérateurs et de se concentrer avec eux avant d'entreprendre toute modification* »

Cette brochure est le manifeste d'une sémiologie graphique, d'un codage sémiotique qui se base sur l'expérience, sur des faits d'usages. Pourtant issue d'un centre de recherche, on ne s'intéresse pas au contenu qui doit être transmis, on s'intéresse à une restitution générique des informations. Comment peut-on alors ignorer ce qu'il faut représenter à l'écran ? Comment oublier les relations entre les

éléments et leur pouvoir cognitif ? Ces recommandations font plus appel à l'ergonomie qu'à la cognition, car il existe une séparation scientifique qui est difficilement compréhensible du fait de l'indissociabilité des 2 aspects. Si l'on s'en tient à l'étymologie de l'ergonomie, nous trouvons que le terme *ergon* signifie travail et *nomos* signifie règles. Concernant l'informatique, nous nous éloignons de nos préoccupations, car même s'il est évident qu'un poste de travail sur ordinateur implique une position, une visualisation, un engagement corporel avec le dispositif, il n'est pas vraiment question de cognition. Prenons pour exemple le paradigme « d'énaction » développé par Franscico Varela qui défend l'idée que la cognition est d'abord incarnée et tente de dépasser le piège de la représentation. Le monde ne serait ni totalement objectif ou subjectif dans le sens où la représentation serait, soit un filtre, ou bien une projection pure. Si ce que nous touchons, vivons, engageons corporellement modifie notre cognition il est aussi évident que l'ergonomie à une relation directe avec la cognition, et représenter à l'écran pour tendre vers la transparence ne peut se défaire des paramètres que nous venons de citer. Nous touchons là le cœur d'une problématique discutée, qui tente d'allier ergonomie et rendement cognitif, car comme nous l'avons déjà évoqué, il n'existe pas de solution. Le gouffre qui sépare l'absence de méthode pour le rendement cognitif d'une représentation visuelle est aussi important que l'aporie qui tente de passer du réel au formalisme informatique.

3.3.2. Méthodologies ou empirismes cachés

Les méthodes qui permettent de créer des systèmes d'informations sont nombreuses, et celles qui tentent de créer des systèmes à base de connaissances sont inexistantes ou balbutiantes. En revanche il existe de nombreuses méthodes pour gérer des processus, des actions, des interactions comme les méthodes de conduites de projet, de fabrication, etc. L'informatique a généré nombre de méthodes qui se sont occupées de différents objectifs et points de vue, se résumant à la construction d'un seul axe étant la création d'une application mais dont l'approche a varié en fonction du temps. Pendant longtemps, l'informatique a dicté ses vues, ses restrictions conceptuelles pour les imposer aux utilisateurs de systèmes. Mais devant les déconvenues d'utilisation, les méthodes se sont focalisées sur la satisfaction de l'utilisateur pour créer des méthodes de développement rapide, encore appelées « méthode agile ». Les méthodes agiles[57] sont des méthodes permettant de concevoir des logiciels ou des applications ayant pour fondement d'impliquer au maximum les

[57] Méthodes agiles : RAD - Développement rapide d'applications, DSDM (Dynamic Software Development Method), UP - Unified Process, RUP - Rational Unified Process, XP - eXtreme Programming.

utilisateurs tout au long d'une chaîne de développement. Les utilisateurs sont alors impliqués dans la formulation de leurs besoins, non plus comme étant interviewés par l'expert informaticien, mais comme étant l'expert eux-mêmes, décisionnaires. Ils participent à l'élaboration de ce qu'ils souhaitent voir apparaître sur les écrans d'ordinateurs ou sur les états papiers qu'ils devront sortir sur une imprimante. Les méthodes agiles ont donné lieu à un manifeste signé par quelques personnalités connues du domaine issues de l'industrie technologique[58]. Le manifeste se regroupe autour de 4 valeurs et de 12 principes :

Ces 4 valeurs sont :

- « L'équipe - Personnes et interaction plutôt que processus et outils,
- L'application - Logiciel fonctionnel plutôt que documentation complète,
- La collaboration - Collaboration avec le client plutôt que négociation de contrat,
- L'acceptation - Réagir au changement plutôt que suivre un plan. »

Les 12 principes sont :

- « Notre première priorité est de satisfaire le client en livrant tôt et régulièrement des logiciels utiles,
- Le changement est bienvenu, même tardivement dans le développement. Les processus agiles exploitent le changement comme avantage compétitif pour le client,
- Livrer fréquemment une application fonctionnelle, toutes les deux semaines à deux mois, avec une tendance pour la période la plus courte,
- Les gens de l'art et les développeurs doivent collaborer quotidiennement au projet,
- Bâtissez le projet autour de personnes motivées. Donnez-leur l'environnement et le soutien dont elles ont besoin, et croyez-en leur capacité à faire le travail,
- La méthode la plus efficace de transmettre l'information est une conversation en face à face,
- Un logiciel fonctionnel est la meilleure unité de mesure de la progression du projet,

[58] Site web du manifeste http://www.agilemanifesto.org/

- Les processus agiles promeuvent un rythme de développement soutenable. Commanditaires, développeurs et utilisateurs devraient pouvoir maintenir le rythme indéfiniment,
- Une attention continue à l'excellence technique et à la qualité de la conception améliore l'agilité,
- La simplicité - l'art de maximiser la quantité de travail à ne pas faire - est essentielle,
- Les meilleures architectures, spécifications et conceptions sont issues d'équipes qui s'auto-organisent,
- À intervalle régulier, l'équipe réfléchit aux moyens de devenir plus efficace, puis accorde et ajuste son comportement dans ce sens. »

L'objectif est centré sur la performance, mais rien n'apparaît sur la cohérence des systèmes et de leur évolution, des difficultés que sont les rapports entre réalité restituée et réalité formalisée. La transparence cognitive est donc une moyenne de percepts utilisateurs qui font lois et annulent les questions essentielles de la recherche sur cette transparence. Le débat incessant concernant le choix de la méthode n'est toujours pas résolu, mais a trouvé un nouvel axe dans la satisfaction de l'utilisateur derrière la satisfaction économique. Ces méthodes sont hélas connues pour leurs limites vite atteintes en termes de complexité de système d'information et ne font qu'alimenter un vieux débat des approches : Top-down ou Bottom-up. Le choix de la méthode elle-même est empirique, puisque celle-ci est basée sur des croyances ou encore des expériences. L'idée de maîtriser un langage se transpose rapidement à l'idée de posséder une méthode, car l'objectif est bien de l'atteindre et non pas de remettre en question les outils qui permettent d'y accéder. On s'en remet alors à ce qui semble le plus adapté à une situation donnée. Là aussi, l'expérience sera déterminante. La méthode est alors choisie sur une base empirique car comment passer du réel au formalisme ? L'approche objet, malgré ses qualités, ne résout pas les problèmes du passage, car il faut alors décider de ce qu'est un objet, quels sont ses caractéristiques, comment va-t-il se comporter, pourquoi échangerait-il telle ou telle donnée, etc ?

Une question s'impose alors : ce qui est restitué s'approche-t-il au plus près de ce qui est formalisé, ou bien sommes-nous capable de savoir ou d'évaluer si nous sommes en deçà ou au-delà de ce que nous tentions de reproduire ? Malgré la méthode, la transparence s'apparente donc à des tentatives de transparence car il existe des espaces impensables chez les concepteurs qui ne peuvent maîtriser ce qu'ils représentent. Pourquoi introduire ce doute ? Tout simplement parce que la

représentation proposée à un utilisateur n'est pas une certitude quant à sa reconstruction interne, et plus la représentation sera riche et complexe, moins nous pourrons en maîtriser sa cognition. En effet, les liens ou relations souvent implicites sur un écran se construisent loin de la volonté du concepteur. En d'autres termes, représenter visuellement possède une part impensable chez son concepteur car des relations peuvent être créées loin de l'intention justifiées par la nécessité de l'utilisateur. L'intention ou la volonté sont guidées par la méthode et prennent forme dans un empirisme qui s'éloigne du paramètre principal que représente le cerveau de l'utilisateur. Ne pas considérer cette capacité à créer des relations, des liens, des rapports, c'est oublier les mémoires immédiates des être humains et leur potentiel à construire des « cartes » mentales qui ne sont autres que des éléments avec des relations spatialisées.

Prenons un exemple pour comprendre cette affirmation des liens qui se reconstruisent spatialement dans l'esprit de chacun.

Jim Hollan[59] est professeur de sciences cognitives à l'université de Californie, basée à San Diego. Il est le collaborateur du professeur Ed. Hutchins et dirige le laboratoire de « Cognition distribuée et interactive». Le but de ses travaux est de comprendre les caractéristiques computationnelles des représentations interactives dynamiques comme étant une base pour la création d'interfaces qualifiées d'efficaces.

Jim Hollan a développé un logiciel nommé Dynapad dont le but est la gestion interactive des contenus multimédia. Les fichiers multimédias sont représentés par des icônes issus de leur contenu, et leur organisation se fait spatialement. La première caractéristique des objets que sont les fichiers multimédia, est une capacité à varier d'échelle visuellement. Tous les objets ainsi visibles sont redimensionnables en activant un zoom avant ou arrière pour prendre une hauteur sur l'ensemble des objets. (voir vidéo 3)

[59] Site web de Jim Hollan : http://hci.ucsd.edu/hollan/

Aperçu d'un contenu

Zoom arrière

Zoom arrière total

Voir vidéo 2, démo de Dynapad

Les caractéristiques du logiciel Dynapad sont :

- Zoom de très grande amplitude pour visualiser de très nombreux objets,
- Regroupement d'objets à l'aide de la souris en dessinant un cercle autour des objets à regrouper,
- Inclusion/Exclusion d'ensembles regroupés à l'intérieur d'un autre ensemble ou inclure/extraire l'item d'un ensemble,
- Déplacement de chaque objet ou groupe d'objets dans l'espace de travail,
- Organisation spatiale par l'utilisateur,
- Ajout de timeline pour gérer les objets : les trier par date par exemple, changer l'échelle par rapport à l'espace de travail, etc.

Les photos présentées ci-dessus montrent et démontrent 2 principes rarement trouvés dans l'informatique.

- La fonction de zoom permet une navigation adaptée à la création de l'image mentale du l'utilisateur,
- Une seule fenêtre de visualisation évite la rupture des liens visuels pour rester sur un même plan mental.

L'organisation des fichiers multimédia peut tout aussi bien se situer dans une arborescence classique telle que les systèmes de fichiers des ordinateurs de bureau, mais elle ne trouve pas la puissance cognitive d'une visualisation globale s'appuyant sur les capacités mentales des être humains. Les systèmes de fichiers demandent à leurs utilisateurs nombres d'efforts pour retrouver une image par exemple. L'idée est efficace et performante : gommer totalement l'organisation physique des données au travers d'un formalisme hiérarchique pour accéder au sens directement, à savoir au contenu qui fait sens et ainsi se libérer des contraintes structurelles.

Rien dans la méthode ne permet d'introduire aujourd'hui des caractéristiques humaines telles que nous venons de le montrer, et présentes pourtant en chacun de nous. Dire que la dimension psychologique, intellectuelle, perceptuelle ne rentre pas en ligne de compte dans un modèle cognitif, c'est laisser l'informatique dans son statut d'outil et renforcer la barrière qui sépare le concepteur de ses utilisateurs. Il paraît évident que le dialogue devant s'instaurer entre un système et ses utilisateurs ne peut être que situé, adapté, et si transparence cognitive il doit y avoir, elle ne peut se faire que dans une intersubjectivité à venir.

3.4. Visualiser

« L'importance d'un artiste se mesure à la quantité de nouveaux signes qu'il aura introduit dans le langage plastique »

Matisse à Aragon, le 18 mars 1942

3.4.1. Catégories et variables

Visualiser s'impose depuis longtemps comme étant le premier percept pour communiquer avec un ordinateur et nous exploitons ainsi la capacité sensorielle humaine la plus développée, monopolisant une partie de notre cerveau appelé le cortex visuel qui demeure la « machine » parallèle la plus puissante connue. Exploiter les capacités humaines de la vision, c'est le but de la visualisation d'informations. Par exemple pour Tufte (1983) « *Un excellent graphique est celui qui fournit au lecteur un nombre maximum d'idées dans le plus court laps de temps en utilisant le moins d'encre et le plus petit espace possible* » impliquant que visualiser c'est transmettre quelque chose, des informations, de la connaissance dans un espace fini, dans un temps donné.

En revanche visualiser n'est pas la première fonction du cerveau car d'autres facteurs émotionnels viennent la supplanter et en premier vient la peur, qui lorsqu'elle est activée de manière intense monopolise toutes les régions du cerveau. Visualiser est donc pour nous, ici, le percept qui permet de mettre en place la transparence cognitive, de transmettre des informations reproduites sur un écran pour être lues.

Visualiser est un terme si vague qu'il est nécessaire d'en réduire le champ. Nous parlerons ici uniquement de visualisation d'informations, qui d'une manière générale représentent des connaissances pour notre étude. Cette visualisation s'opère sur un écran d'ordinateur dont l'espace est déterminé à la fois par sa surface visible et par sa résolution (DPI nombre de pixels par pouce) qui modifie le nombre d'informations affichées. Cet espace est donc le seul espace de vision, de représentation et on ignore donc ce qui l'entoure. Imaginer que l'environnement change quelque chose dans la perception de l'information ne fait pas partie de notre analyse.

Désormais, il faut déterminer sur un espace de visualisation ce qui est visualisable, ce qui est possible de reproduire sur un écran. L'écran pose certaines questions quant au dispositif lui-même, à sa fonction, à son rapport avec l'Homme.

L'écran est un dispositif technologique qui révolutionna le rapport de l'Homme à la connaissance. Il est certainement comparable au passage de l'oral à l'écriture (J. Goody, 1979), de la copie des moines à l'imprimerie. A chaque fois, ces profondes révolutions modifient le rapport aux signes. Sans détailler tous les avantages de ce dispositif, ce qui caractérise le plus l'écran est l'introduction de la notion temporel dans

la représentation car jamais dans l'histoire de l'humanité le temps n'avait pu être un facteur lié à la capacité de reproduire. Entendons par là la capacité au mouvement, à une continuité visuelle, sans rupture dans les transitions par exemple. Passer d'une fenêtre à une autre n'est qu'un moment temporel, et sous-exploite les capacités des systèmes. Le temps est donc une notion peu présente et ignorée des conceptions car il faudrait alors savoir ce que l'on peut en faire, ce qu'il apporterait à la représentation. Aucun modèle n'en parle, aucune méthode. Dans la représentation des connaissances, la notion temporelle n'est donc pas exploitée visuellement car le signe analysé et reproductible est toujours statique, jamais ou rarement dynamique. L'écran a changé le monde sans aucun doute et c'est grâce à ce dispositif que nous communiquons. Les écrans que nous connaissons aujourd'hui seront différents demain ou disparaitrons de la forme que nous connaissons affirme le professeur M. Kaku de City University de New York, US. De nombreuses découvertes l'attestent comme le FogScreen qui est un écran immatériel fait de fumée dans lequel nous pouvons passer au travers, ou encore des plaques de verres qui envoient une image dans chaque œil pour reproduire une vraie 3D (voir vidéo 3 sur les écrans du futur). On serait tenté de penser que le dispositif n'est qu'un reproducteur de signes, et que seul le signe semble compter. Il suffit de changer la police de caractère d'un texte pour éprouver quelque chose d'indéfinissable, de différent. Le signe déchargé de son enveloppe esthétique aurait-il le même pouvoir cognitif faisant ainsi référence au débat de la forme et du fond ?

Intéressons-nous désormais à notre problématique qui consiste à passer du formalisme à la représentation visuelle ou encore appelé visualisation d'informations.

Visualiser est le résultat d'opérations exécutées par un ordinateur qui va construire une représentation qui n'a pas de sens pour lui, mais va porter un ensemble de signes qui devra être reproduit sur un écran. La représentation binaire de « Chat » devra donc apparaître sur l'écran sous la forme d'une suite de lettres latines. Dessiner un carré revient à envoyer au programme des instructions de dessins pour le dessiner dans la mémoire graphique de l'ordinateur. La principale question reste alors de savoir quelle est la représentation visuelle que nous devons adopter en fonction des données et paramètres connus.

Comme nous l'avons dit plus haut, il ne s'agit pas ici de discourir sur la sémiotique, mais nous pouvons nous arrêter sur quelques principes ou notions. La sémiotique commence avec C.S. Pierce aux Etats-Unis et se poursuit avec les travaux de F. de Saussure en Europe. Plus tard, la sémiologie graphique de J. Bertin par exemple tente de classifier les représentations visuelles en fonction des données qu'elles ont à

reproduire. La sémiotique s'occupe de l'étude des signes et de leurs significations, ou encore de la production, de la codification et de la communication de signes. J. Bertin a défini, en fonction des perceptions auditives et visuelles, une signification des signes :

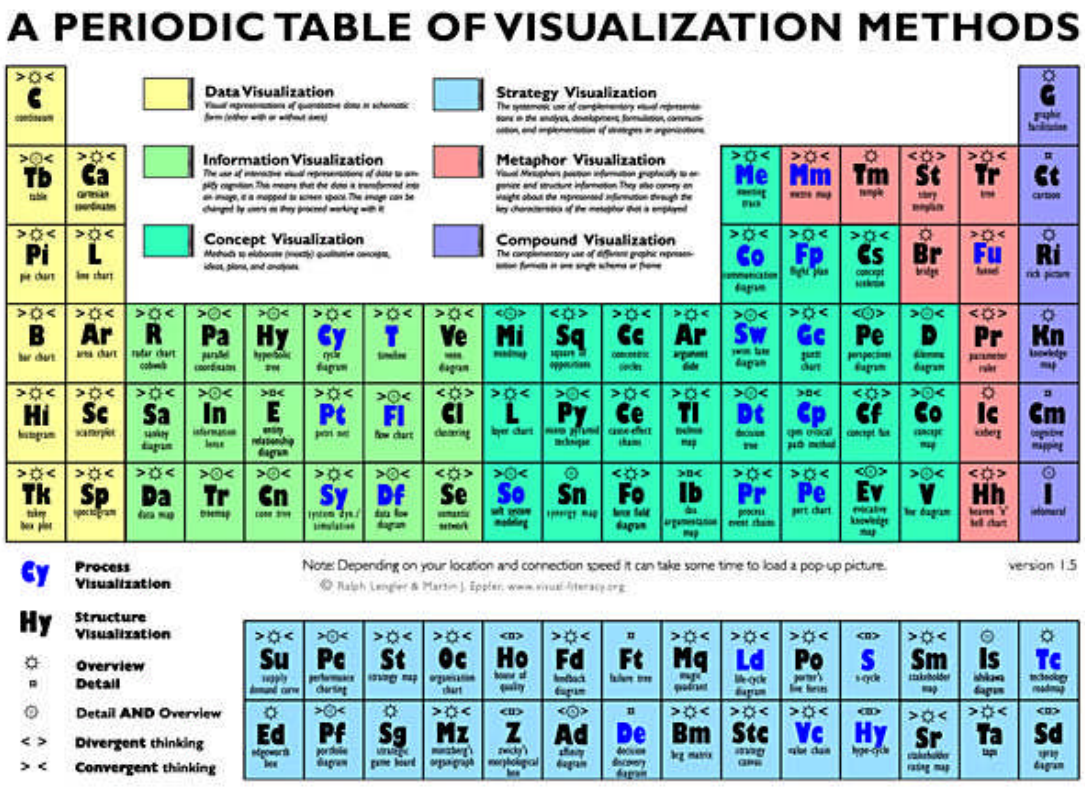
		Audition	**Vision**
Significations attribuées aux perceptions	Le système s'ouvre à toute signification **PANSEMIE**	Musique	Image non figurative
	Le système tend à définir un concept **POLYSEMIE**	Verbe	Image figurative
	Transcriptions des relations entre deux concepts préalablement définis **MONOSEMIE**	Mathématiques	Graphique

Figure 34 - J. Bertin, signification des signes

D'autres formes de catégorisation de la représentation visuelle existent, en fonction des données mais également des méthodes employées. Citons cette table périodique interactive des méthodes de visualisation créée par l'université de Lugano en Suisse[60]. (voir la carte interactive de cette table périodique, document 2 sur le DVD)

[60] http://www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.html

2



J. Bertin fut le précurseur d'une sémiologie graphique basée sur l'expérience, elle inspira. On peut reconnaître à J. Bertin d'avoir proposé une heuristique sur la sémiologie graphique qui influença les chercheurs.

J. Bertin proposa 2 formes de données à reproduire :

- La valeur des données,
- Les structures de données.

Une idée similaire serait de diviser les données en entités et en relations, considérant que les entités sont des « objets » et que les relations relient les entités. Comme le rappel Colin Ware (p23, 2004), les relations sont parfois explicites et elles sont parfois le but de la visualisation, rappelant ce que nous avons dit plus haut sur les relations implicites.

Dans la visualisation des informations on rencontre 3 éléments majeurs qui décrivent une globalité informationnelle : les entités, les relations et les attributs. Les éléments nouveaux sont les attributs qui viennent qualifier les éléments et les relations. Le chat (élément) est blanc (attribut) et chasse des oiseaux (autre élément)

le jour (attribut temporel). Mais il est difficile d'établir ce qu'est un élément et ce qu'est un attribut car suivant la conception ils peuvent migrer d'une catégorie vers l'autre. On parle plus aisément de métadata sur les objets pour les qualifier, ce sont des informations sur les informations. S.S Steven (1946) définit 4 types d'attributs :

- Nominal : c'est son nom, son label, sans ordre ni séquence, dans sa catégorie,
- Ordinal : sa position séquentielle dans un groupe, son ordre,
- Interval : la mesure entre deux valeurs,
- Ratio : la valeur par rapport à une référence.

Pour mettre en place ce que nous appelons « visualiser », il est nécessaire d'en décomposer les phases pour comprendre où nous devons agir. En premier lieu et d'une manière tout à fait générique, la chaîne de visualisation met en place des phases qui rappellent notre exemple de Jim Hollan :

- Vue d'ensemble : obtenir une vue d'ensemble de la collection de données,
- Zoom : naviguer vers les points d'intérêts,
- Filtre : cacher les éléments sans intérêt,
- Détail : choisir des éléments particuliers.

On constate que les logiciels offrent rarement ces fonctions de zoom graphique sur l'information, mais offrent un zoom sur l'information de manière différente. Reprenons l'exemple d'une recherche sur le Web : l'ensemble accessible du Web est la collection de données, nous zoomons en choisissant quel type d'informations nous souhaitons voir afficher, texte, images, news groups, etc, ensuite nous filtrons à l'aide de notre requête, et le détail s'affiche. Ce principe est essentiel, mais a pour défaut premier, la plupart du temps, de cacher la collection de données. Il est difficile de donner une vue d'ensemble car en fonction du nombre d'informations et de leurs complexités relationnelles, nous devons passer par des phases de synthèses pour y accéder. Ce principe s'illustre avec la notion Drill-down pour explorer le détail de données d'une base.

Pour mettre en œuvre la visualisation, nous devons prendre en considération nombre de principes qui sont résumés par le schéma ci-dessous de Colin Ware (Information Visualization, p.368).

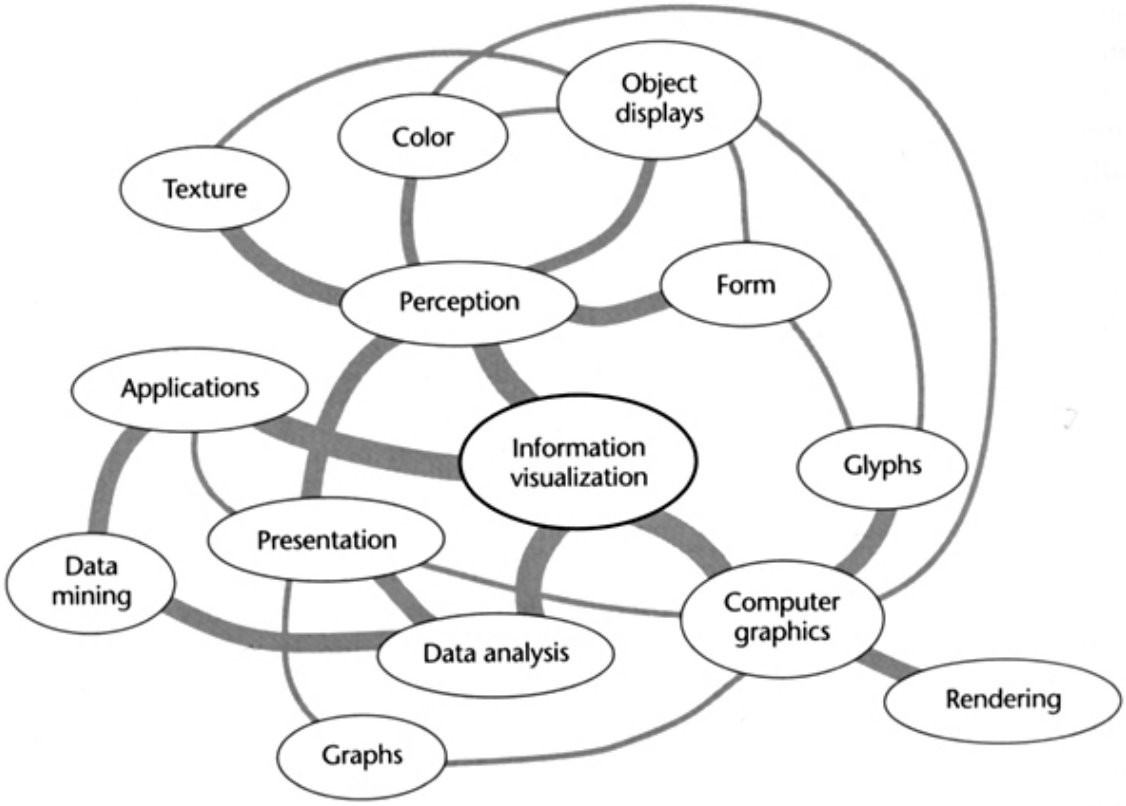


Figure 35 - Carte conceptuelle des liens pour une idée de la visualisation d'informations.

Cette carte conceptuelle mélange des notions différentes, mais donne une idée sur l'importance des liens qui unissent les différents principes répertoriés ici. Ce qui semble se détacher, c'est l'idée de créer une image mentale chez l'utilisateur pour se repérer dans une collection de données. Reprenons alors l'ordre suggéré par Robert Spence (Information Visualization, 2007) qui logiquement découpe les phases de la construction de la visualisation en Représentation puis Présentation. Représentation est l'action de passer de l'information à sa représentation graphique, ou en d'autres termes transcrire en forme graphique ; la présentation consiste à afficher l'information en tenant compte des caractéristiques visuelles de spatialisation, d'ordre, etc.

Lorsque la collection de données est importante, nous avons recours à des synthèses qui permettent de cartographier les informations. Le plus généralement, ces synthèses sont des agrégations. Ne pouvant afficher toutes les informations sur un écran, nous avons recours à des regroupements par catégories. La carte, ainsi créée,

sert de référentiel mental pour se repérer à l'intérieur d'une collection. Cartographier le détail ou des synthèses, permet de prendre connaissance d'une collection. Visualiser l'ensemble donne immédiatement une évaluation du contenu, et contribue au repérage des données. On s'appuie sur des capacités humaines à créer dans nos mémoires des « cartes » dont la spatialisation s'effectue sans effort. C'est bien sur cette notion d'effort qu'il est indispensable d'insister. Nous ne sommes pas tous capables de retenir une grande quantité d'informations : par exemple, cheminer dans un site Web mal conçu est rapidement désorientant et justifie certainement la notion de « Plan du site » (sites Web possédant de nombreuses pages). Le plan du site s'appuie sur l'idée que l'utilisateur créera une carte mentale pour s'orienter dans un système hiérarchique. Donner une vue d'ensemble et, par extension, cartographier une collection est un principe efficient qui diminue considérablement l'effort de mémorisation pour reconstruire cette carte mentale indispensable au repérage. L'image ainsi mémorisée agirait comme une carte permanente et comme une image en tant que telle. Les derniers travaux, relatés par Jocelyne Tiercelin dans une conférence UTLS[61], confirment que tous les travaux menés sur le cerveau à propos de l'image renforcent la conception selon laquelle les images mentales visuelles et les images de la perception visuelle partageraient de nombreux sous-systèmes fonctionnels. Cartographier crée une image mentale et utilise par conséquent des sous-systèmes fonctionnels de la perception visuelle.

Mackinlay (1986) nous indique : « Il n'existe pas de théorie empirique vérifiée des capacités humaines visuelles qui pourrait prouver les théorèmes sur l'efficacité des langages graphiques ». Nous sommes donc au cœur d'une problématique qui constate que le passage entre le stockage d'une collection de données à sa visualisation reste empirique, ne pouvant pas dégager des théories vérifiables.

Que doit-on investiguer pour tenter de structurer un langage visuel ? La première idée est de partir de ce que l'on voit directement, ce que J. Bertin appelle les variables rétiniennes.

Dans sa sémiologie graphique, J. Bertin nous propose un guide visuel qui tente de classifier l'encodage de l'information. Le terme encodage signifie que la forme est porteuse du signe pour coder l'information sous la forme de variables rétiniennes. Il définit 4 tâches principales pour la visualisation d'informations.

Association : comment le signe visuel peut-il être comparé à un autre ?

Selection : comment les signes visuels peuvent-ils être différents, en formant des familles ?

[61] Conférence UTLS 6/07/2004 « Le concept d'images »
http://www.canal-u.fr/canalu/chainev2/utls/page/recherche/?q=tiercelin

Order : comment les signes visuels peuvent-ils être ordonnés ?

Quantity : comment les signes visuels peuvent-ils être proportionnels entre eux ?

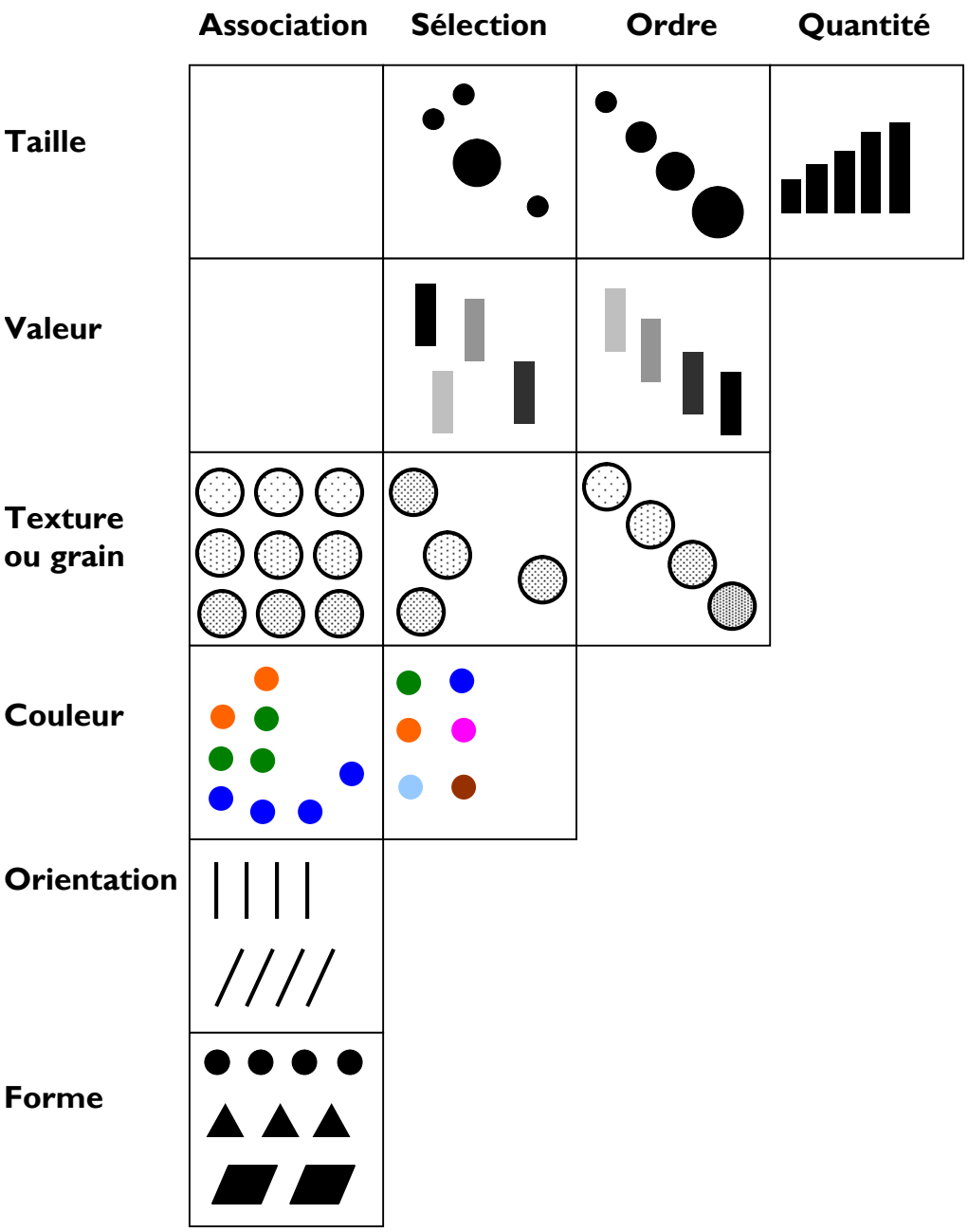


Figure 36 - Niveau des variables visuelles

Cette synthèse, proposée par Colin Ware en figure 36, est retrouvée sous une forme semblable dans la sémiologie graphique de J. Bertin p.96.

Le signe ainsi formé à l'aide des variables rétiniennes soulève un problème immédiat d'iconicité, de relation à ce que désigne le signe. Plus l'icône est abstrait et plus nous nous rapprochons du symbole, à l'inverse nous nous rapprochons du réel.

Les travaux de A. Moles démontrent cette iconicité du signe et interrogent l'encodage de l'information. La représentation doit-elle s'abstraire du réel pour que le signe ne soit plus en relation directe avec ce qu'il désigne ou doit-on s'approcher au plus près de ce que l'on tente de désigner à l'aide de représentations réalistes ?

Cette question du choix potentiel qui est offert à ceux qui vont devoir représenter l'information ne trouve pas de règles édictées. Dans ce cas également, l'encodage visuel est encore moins sujet à une scientificité malgré tous les travaux sur le signe visuel comme ceux du groupe **μ** (Traité du signe visuel). Nous sommes donc confrontés à choisir ce qui nous apparaît empiriquement être la forme visuelle la plus adaptée à ce que nous souhaitons représenter. L'idée sous-jacente serait bien entendu la création d'une grammaire visuelle avec ses règles, sa syntaxe et ses signes, et chaque tentative de représentation ressemble à cette quête de généralisation.

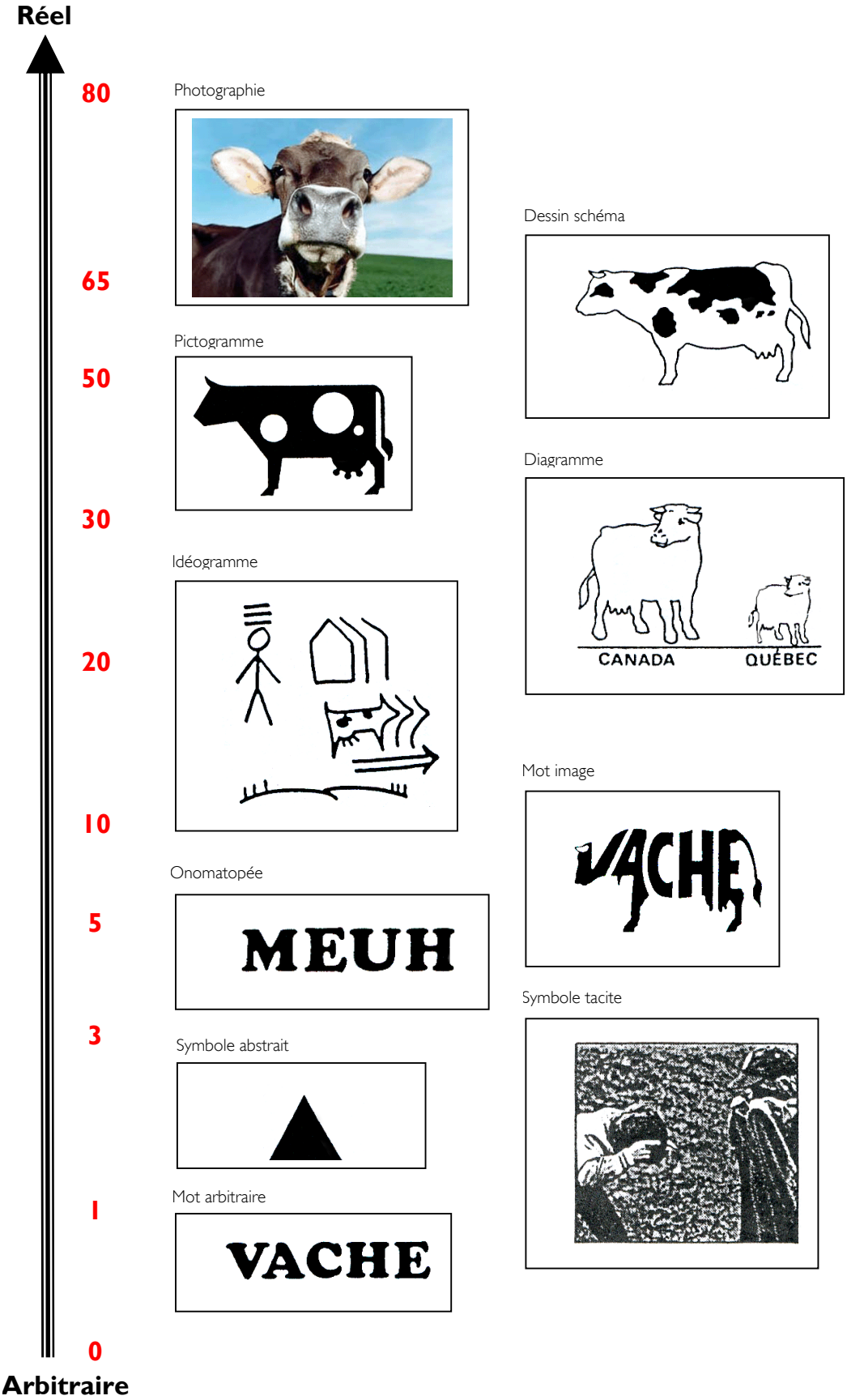


Figure 37 - Illustration du degré d'iconicité d' Abraham A. Moles

Figure 38 - Iconicités : Tableau d'Abraham A. Moles

Iconicité	Abstrac-tion	Définition	Critères	Exemples variés
12	0	L'objet lui-même *Iconicité maximale*	Mise éventuelle entre parenthèses au sens de Husserl	La vitrine de magasin, l'exposition.
11	1	Modèle bi ou tri dimensionnel à l'échelle	Couleurs et matériaux arbitrairement choisis	Étalages factices.
10	2	Schéma bi ou tri dimensionnel réduit ou agrandi	Couleurs et matériaux choisis selon les critères logiques.	Carte à 3 dimensions : globe terrestre, carte géologique.
9	3	La photographie ou projection réaliste sur un plan	Projection perspective rigoureuse, demi-teintes, ombres.	Catalogues illustrés, affiches.
8	4	Dessin ou photographie dits "détourés" - Profils en dessin	Critères de continuité du contour et de fermeture de la forme.	Affiches, catalogues, prospectus, emploi de l'acrographie pour détourer ou régulariser les surfaces.
7	5	Schéma anatomique ou de construction	Respect de la topographie. Arbitraire des valeurs, quantification des éléments et simplification.	Coupe anatomique - Coupe d'un moteur - Plan de câblage d'un récepteur de radio - Carte géographique.
6	6	Vue "éclatée"	Disposition perspective des pièces selon leurs relations de voisinage topologique	Dessins d'appareils ou d'instructions de démontage pour dépanneur.
5	7	Schéma de principe (électricité et électronique)	Remplacement des éléments par des symboles normalisés. Passages de la topographie à la topologie Géométrisation des angles. Prédominance de l'angle droit.	Plan schématisé du métro. Plan de câblage d'un récepteur de TV ou d'une partie de radar. Schéma unifilaire en électrotechnique.
4	8	Organigramme ou bloc schéma	Les éléments sont des boîtes noires fonctionnelles, reliées par des connections logiques : Analyse des fonctions logiques.	Organigramme d'une entreprise - Série d'opérations chimiques.
3	9	Schéma de formulation	Relation logique et topologique dans un espace non géométrique entre éléments abstraits. Les liaisons sont symboliques, tous les éléments sont visibles.	Formules chimiques développées. Sociogrammes. Graphes divers.
2	10	Schéma en espace complexe	Combinaison dans un même espace de représentation d'éléments schématiques (flèche, droite, plan, objet) appartenant à des systèmes différents.	Forces et positions géométriques sur une structure métallique : schémas de statique graphique.
1	11	Schéma en espace purement abstrait et schéma vectoriel.	Représentation graphique dans un espace métrique abstrait, de relations entre grandeurs vectorielles.	Graphiques vectoriels en électrotechnique. Diagramme des objets sonores. Triangle des voyelles.
0	12	Description en mots normalisés ou en formules algébriques. *(Iconicité nulle).*	Signes purement abstraits sans connexion imaginable avec le signifié.	Équations et formules. Textes.

Prenons quelques exemples d'encodage historique de l'information pour illustrer les variables rétiniennes.

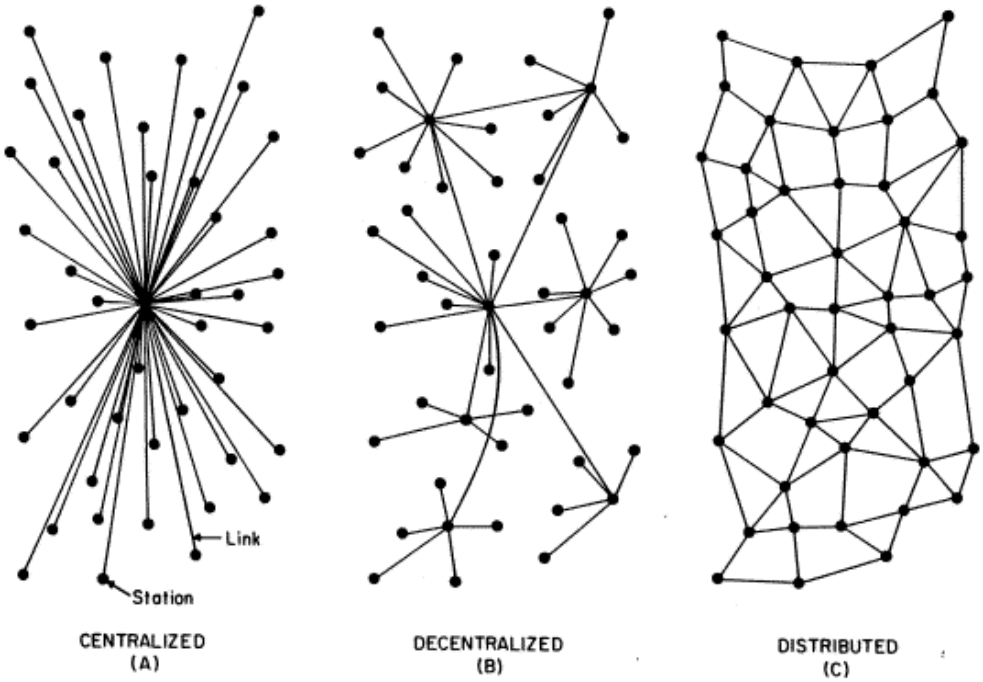
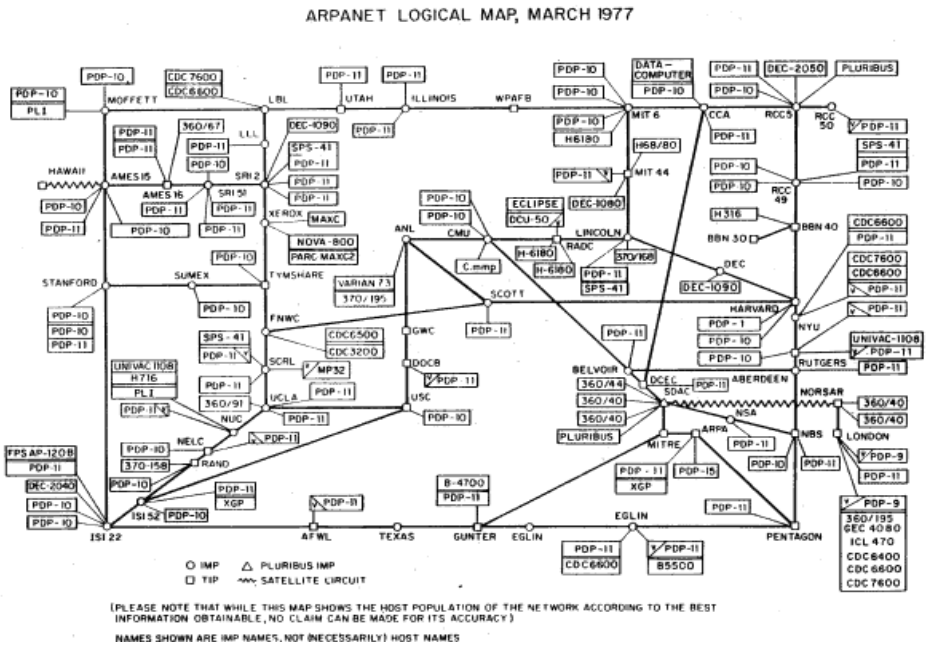


FIG. 1 — Centralized, Decentralized and Distributed Networks

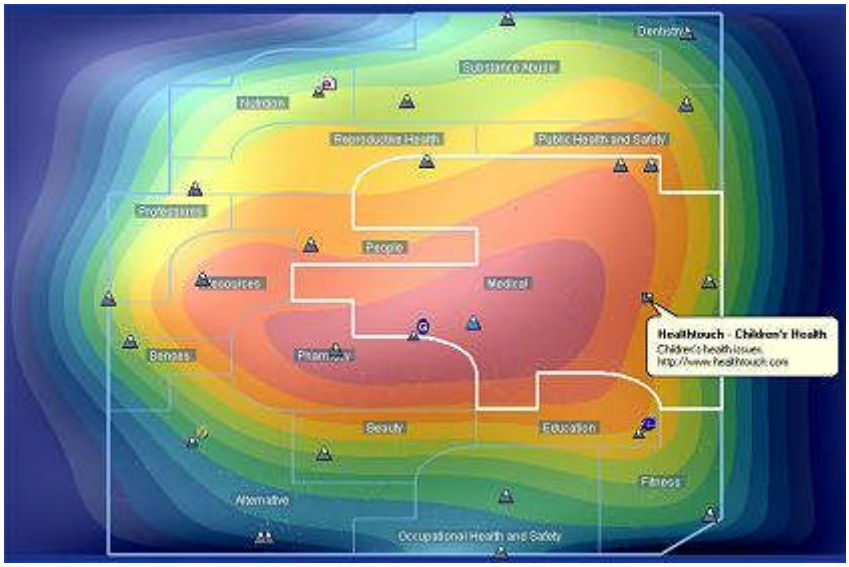
Les recherches pionnières de Paul Baran dans les années 1960, qui envisageait un réseau de communication capable de survivre à une attaque ennemi. Le croquis de gauche montre trois différentes topologies de réseaux décrites dans son mémoire pour la RAND, "On Distributed Communications: 1. Introduction to Distributed Communications Network" (Août 1964). Une structure de réseau distribué offre la meilleure survivance.



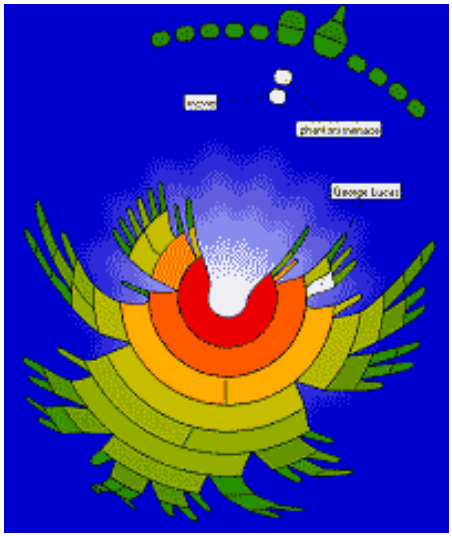
La carte ci-dessus montre la typologie d'ARPANET en Mard 1977. Elle a été scannée par Larry Press à partir du *ARPANET Completion Report*, Bolt, Beranek et Newman, Burlington, MA, 4 Janvier, 1978.

```
Newsgroups: NET.general

After welcoming several new sites to Usenet, I'm enclosing the current map.
Any sites which are missing or wrong please let me know.

                USENET Logical Map
                June 1, 1981
                !-      Uucp links
                :       Berknet links
                @       Arpanet links

                                  pdp
                    (Misc)          ! (NC)        (Misc)
          decvax sii  reed  phs--unc--grumpy  duke34  utzoo  cincy teklabs
             ! !  !    !     !    !             !       !      !      !
             ! +--+----+-----+-+--+-------------+-------+------+      !
             !                 !                                      !
             !               duke                                     !
             !                 !                                      !
             !          +------+---+-----------------------+--------+ !
             !          !          !                       !        ! !
    ucbopt   !  hocsr--mhtsa----research   allegra       harpo-----chico
       :     !          !  !                 !
    ucbcory  !          ! eagle    ihnss   vax135  (Bell Labs)
  (UCB) :    !          !  !        !         !
    ucbvax--++----------+--+--+-----+--+------+--------+
       :    @                 !        !               ! (Silicon Valley)
    ucbarpa @      (UCSD) sdcsvax      !            menlo70--hao
       :    @     sdcattb-----+        !            !    !
    ucbonyx @                 +-----ucsfcgl        sytek sri-unix
            @     phonlab-----+
        cca-unix           sdcarl
```

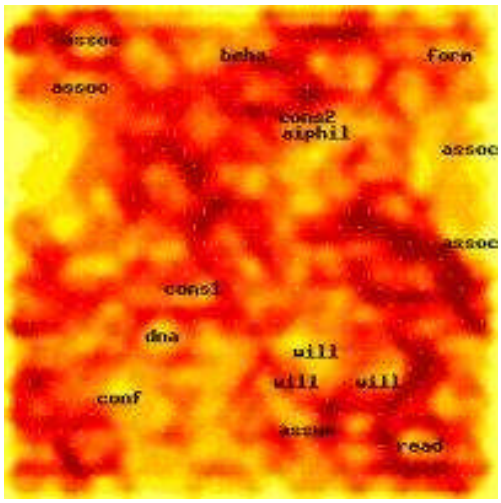
Les représentations graphiques complexes



Webmap une représentation multi-niveau interactive d'un répertoire qui représente plus de 2 millions de site web.



Umap, répertorie les sites web (Trivium)



Il s'agit d'une carte WEBSOM d'un forum de discussion Usenet, produite par le Centre de Recherche sur les Réseaux de Neurones, Université de Technologie d'Helsinki, Finlande.

Les nombreuses représentations visuelles posent la question de la taxinomie. La question posée avant, quant à la forme graphique à adopter, trouve en partie une réponse dans la tentative de créer une taxinomie des représentations visuelles en fonction des variables à encoder ou, comme le nommait J. Bertin, les composantes.

Nous trouvons usuellement l'encodage de 1, 2 ou 3 variables à représenter visuellement, mais le nombre de variables peut dépasser cette base.

1 variable correspond par exemple à la population de la température du 19 septembre 2007 prise toutes les heures : 7,9,13,14,15,16,17,17,17,16,15…

2 variables correspondent à une variable en relation avec une autre variable par exemple : la température du 19 septembre 2007 toutes les heures dans les grandes villes de France : Paris (7,8,9,10,13,15,15,15...) Marseille(10,11,13,15,17,22,23,22,23…)

3 variables correspondent à un niveau supplémentaire de relation entre les variables par exemple : la température du 19 septembre 2007 toutes les heures dans les grandes villes de France et leurs arrondissements : Paris 1er (7,8,9,10,13,15,15,15...), Paris 2ème (7,8,9,10,13,15,15,15...), Paris 3ème (7,8,9,10,13,15,15,15...) Marseille 1er (10,11,13,15,17,22,23,22,23…), Marseille 2ème (10,11,13,15,17,22,23,22,23…), etc.

Au-delà nous rencontrons des états multivariés dont les représentations visuelles deviennent plus difficiles à mettre en œuvre dans un espace d'affichage en 2 dimensions.

Si le choix de la représentation s'avère difficile en se composant sur les empirismes que nous avons évoqués, nous devons en éviter la polysémie. Nous avons vu dans le tableau des perceptions de J. Bertin (figure 34 p.151) que le graphique induisait en nous un caractère monosémique du signe tandis que l'image introduisait un caractère polysémique du signe visuel. Il est donc important de conserver le caractère monosémique. Dans tous les cas, l'apprentissage permettra de créer la relation entre le signe graphique et sa signification sans ambiguïté, et c'est là le caractère monosémique de cette relation. Les variations du signe ne viendront pas rendre ambiguë son interprétation et assure ainsi sa lisibilité. Toutefois l'interprétation d'une nouvelle forme visuelle se base sur l'expérience et le caractère monosémique permet d'inférer sur la base déjà acquise.

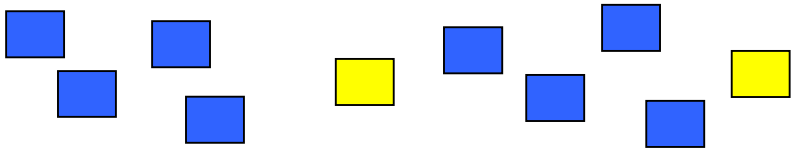
3.4.2. Structures et relations

Notre propos ici est de mettre en évidence les relations qui permettent de joindre entre eux les éléments d'une structure. Si les relations sont explicites ou implicites dans le formalisme, il est nécessaire de les réifier pour qu'elles se manifestent visuellement et donc prennent sens pour l'utilisateur. Dans le paragraphe précédent nous avons vu comment les relations implicites se basaient sur l'expérience, conditionnant la lecture et l'interprétation. Regardons comment usuellement les relations sont réifiées dans les systèmes visuels.

Qu'est-ce qu'une relation ?

> « Caractère de deux ou plusieurs choses entre lesquelles existe un lien. »
>
> « Caractère de deux ou plusieurs choses dont l'existence (ou la modification) de l'une entraîne l'existence (ou la modification) de l'autre, des autres. »
>
> Le Robert
>
> "Relation: a logical or natural association between two or more things ; relevance of one to other ; connection »
>
> Robert Spence

Une relation entre 2 éléments prend de multiples formes visuelles. Par exemple une relation peut être une connexion visuelle entre 2 éléments A ------- B (où A et B sont reliés sans que l'on connaisse la nature de cette relation) ou bien peut être déduite par une codification permettant d'identifier les éléments à mettre en relation.



Les éléments jaunes (en clair) sont à mettre en relation par une codification et une convention de couleur. Le lien n'est plus réifié, mais se construit par un codage, une règle.

Les représentations des relations sont souvent simples et efficientes ; tentons d'en lister les principales :

- Le trait ou la ligne qui relie 2 éléments,
- Cartes ou diagrammes,
- Arbres,
- Hyperbolique.

Regardons plus attentivement, dans le cadre de notre travail, le cas des lignes et des arbres, et examinons également les représentations hyperboliques.

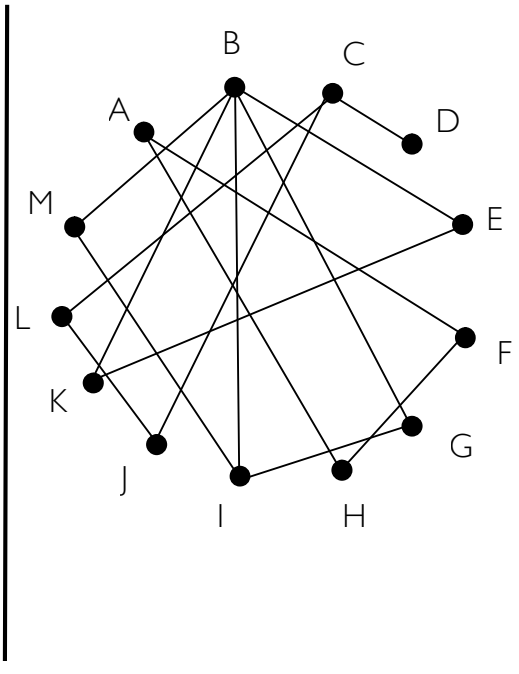
Lignes

Reprenons l'exemple des liaisons téléphoniques de R. Spence (Information visualization, p.73) pour illustrer l'efficience des relations à l'aide de lignes.

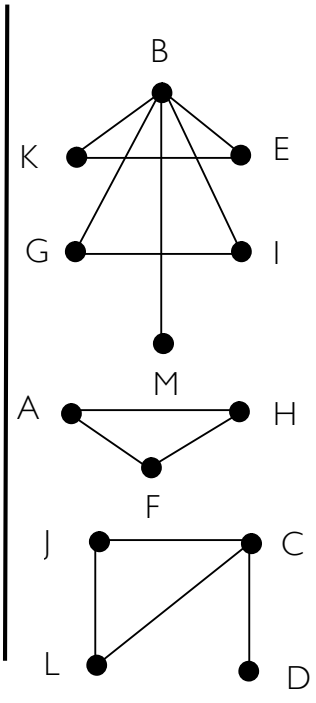
a

Emetteur	Récepteur
A	H
C	L
I	M
B	E
F	H
G	I
I	B
B	M
K	B
G	B
K	E
C	J
D	C

b



c



En colonne **b**, nous distinguons rapidement les liaisons entre chaque émetteur. En colonne **c**, on distingue immédiatement l'absence de relations entre groupes. La réécriture des liens montrent comment on passe d'une structure visuelle à une autre pour optimiser la lecture et donc tend également à diminuer l'effort pour mettre en évidence les capacités de lecture spatiale des données. Visualiser, voir, c'est traiter en un temps très court un ensemble d'informations contrairement à lire qui est une activité séquentielle comme en colonne **a**, et oblige à reconstruire les liens de manière à encombrer la mémoire temporaire du cerveau.

Trop d'exemples ne viendraient pas apporter davantage à la démonstration précédente. En revanche, la ligne peut elle-même être porteuse d'informations, d'attributs, comme nous l'avons vu plus haut.

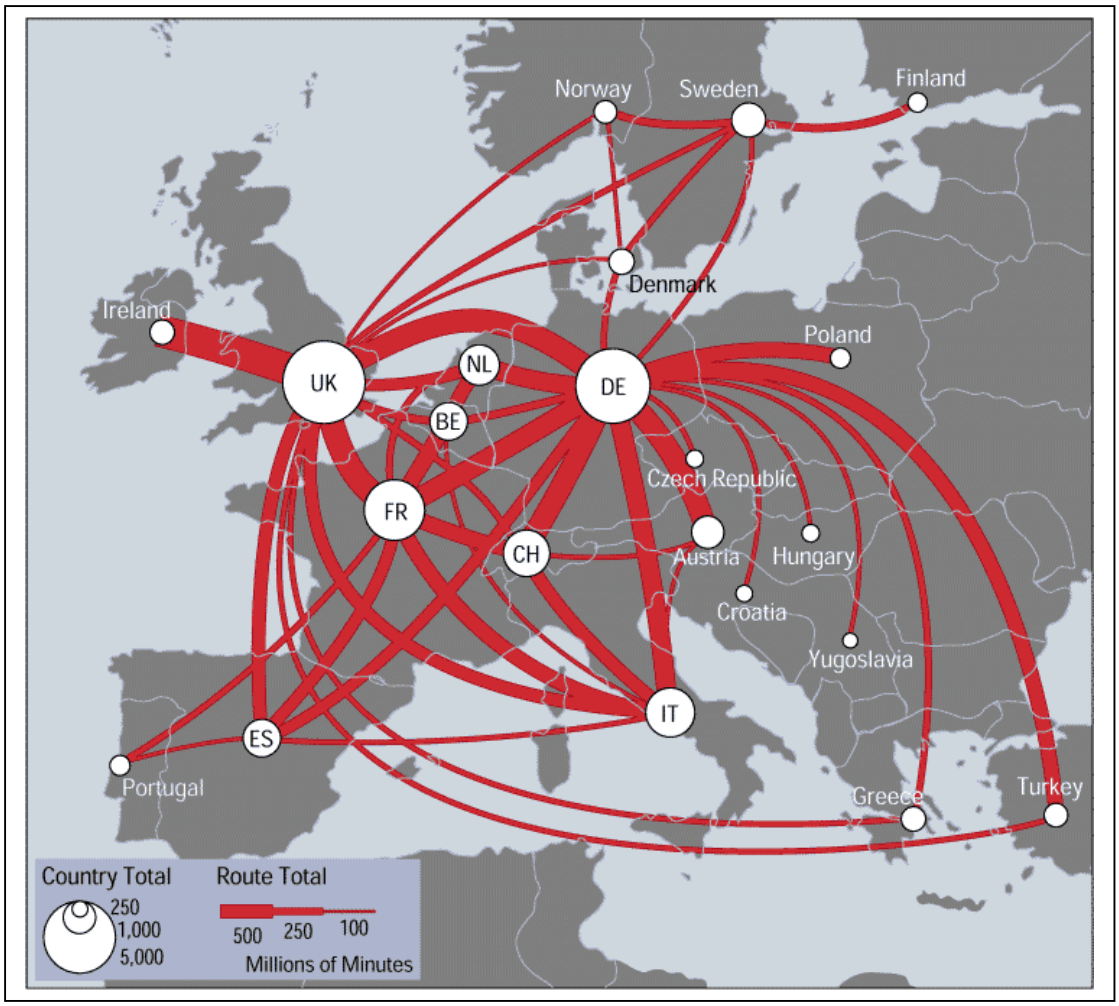


Figure 39 - Les communications téléphoniques en 1995

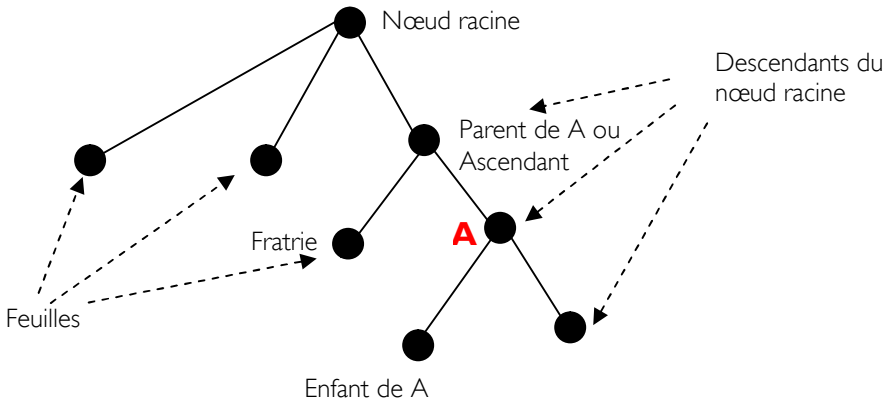
Les traits qui séparent les grandes villes européennes sont proportionnels en épaisseur en fonction du nombre de communications (en millions de minutes).

Notons enfin que la relation n'est pas orientée et qu'une ligne qui relie un élément à un autre peut le devenir. Dans ce cas, le sens en sera changé et devra être acquis dans le contexte, car la flèche comme la ligne ne trouvent pas de sens sans une clé de lecture.

Arbres

Les arbres sont la forme de représentation la plus connue dans les systèmes informatisés car celle-ci illustre les hiérarchies à la manière du système de fichiers d'un système d'exploitation ou encore la visualisation d'un document XML. Ce qui nous intéresse ici est de voir comment une hiérarchie se représente visuellement.

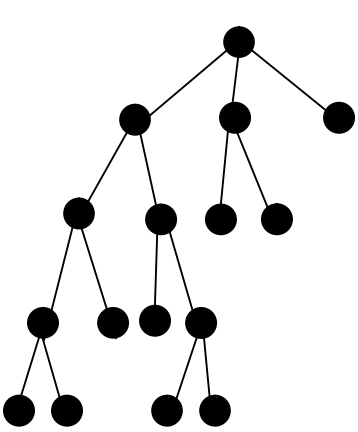
Prenons un exemple d'arbre tout en définissant les termes communément employés qui servent de définition pour se repérer :

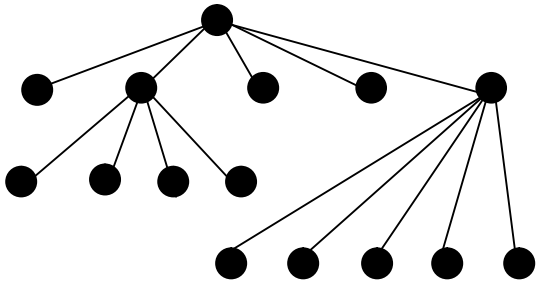


La définition d'un arbre est une connexion de nœuds reliés entre eux, mais qui ne peuvent être en boucle, ainsi en partant de **A** on ne peut revenir directement au nœud racine sans passer par les nœuds intermédiaires.

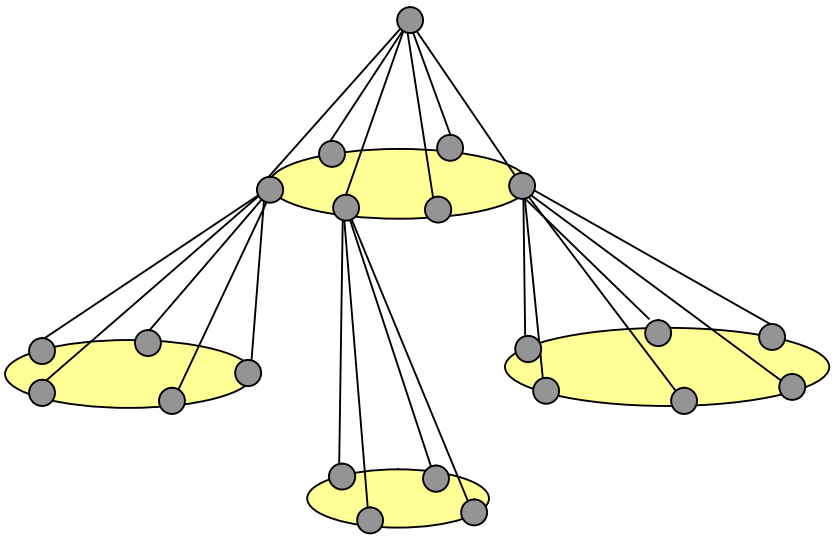
En revanche, les nœuds peuvent être nommés et les formalismes pour visualiser un arbre peuvent différer, sans pour autant en changer la structure relationnelle et fonctionnelle.

Il existe différentes approches pour visualiser un arbre. Celles-ci doivent être employées en fonction de leur utilisation, dont la première contrainte est la volumétrie des nœuds et dont la seconde est leur répartition dans l'arbre. Il existe une grande différence visuelle entre un arbre possédant beaucoup de descendants et peu de fratrie et un arbre possédant de nombreuses fratries et peu de descendants. Cette répartition devra se retrouver à l'écran et suscite des problèmes de spatialisation qui ont été longuement débattus (Robertson *et al.*, 1991, Mackinlay *et al.*, 1991, Jerding & Stasko, 1998 , Hearst and Karadi, 1997).

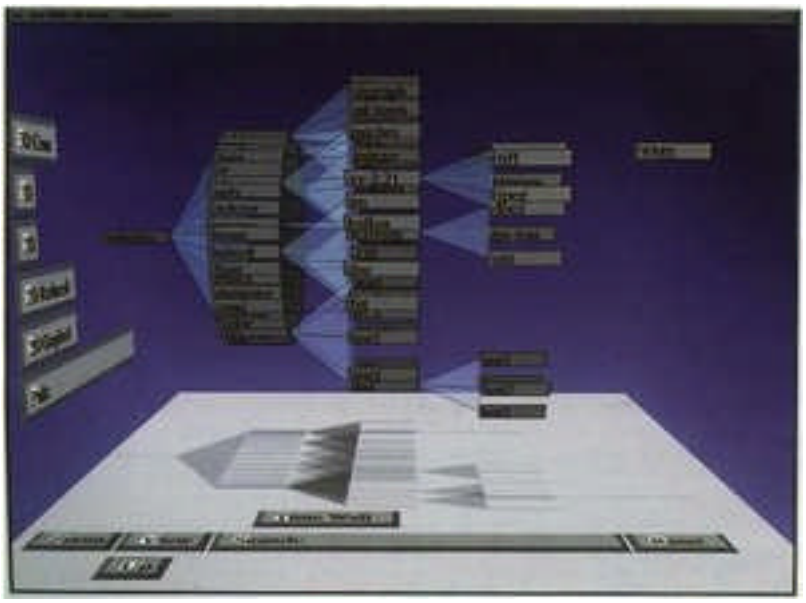




Pour pallier cette difficulté de la répartition volumétrique, l'idée des Cone Trees a été introduite en 1991 par Robertson *et al.* Ces Cone Trees visualisent les arbres en 3D en créant des cônes pour améliorer la spatialisation, mais également l'interaction avec l'utilisateur. En voici un schéma et quelques exemples visuels :



Cone Trees et ses variations :



Cone Tree
Robertson *et al.*
1991

Depuis l'introduction des Cones Trees, il y a eu nombre d'améliorations et de raffinements, mais nous devons constater qu'il n'existe pas d'étude empirique prouvant leur efficacité lors de leur utilisation.[62]

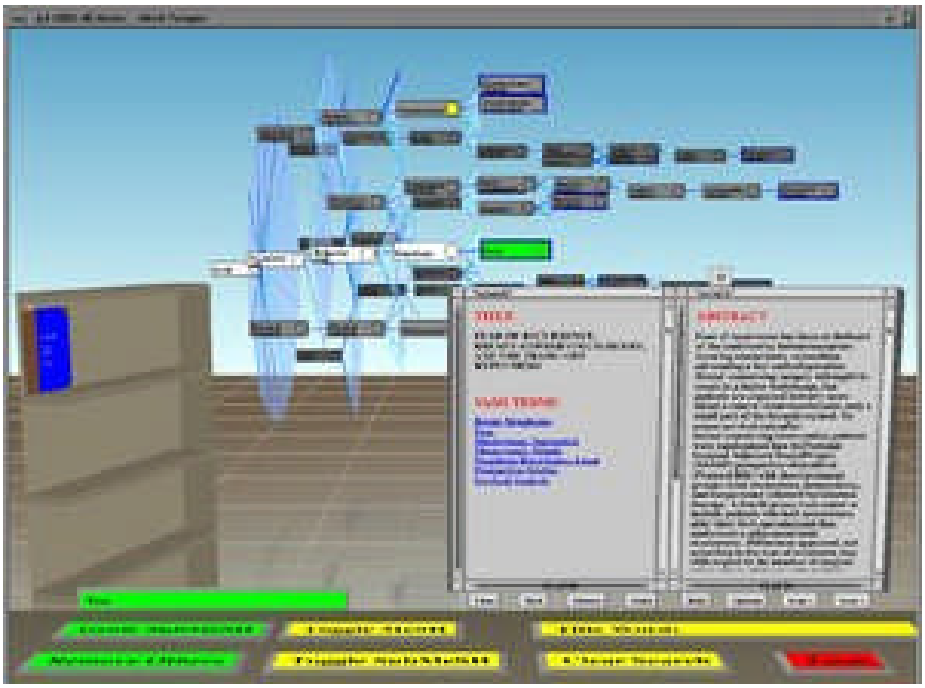
Voici ce que dit Robertson à propos des Cone Trees.

> "The task of managing and accessing large information spaces is a problem in large scale cognition. Emerging technologies for 3D visualization and interactive animation offer potential solutions to this problem, especially when the structure of the information can be visualized. We describe one of these Information Visualization techniques, called the Cone Tree, which is used for visualizing hierarchical information structures. The hierarchy is presented in 3D to maximize effective use of available screen space and enable visualization of the whole structure. Interactive animation is used to shift some of the user's cognitive load to the human perceptual system." [63]
>
> George Robertson *et al.*, 1991

[62] An Evaluation of Cone Trees, Andy Cockburn, Bruce McKenzie, Department of Computer Scienc, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 2002

[63] Robertson et al., 1991] George Robertson, Jock D. Mackinlay, Stuart Card. Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information. In *Proceedings of the ACM CHI 91 Human Factors in Computing Systems Conference*, pages 189-- 194, April 28 - June 5, 1991, New Orleans, Louisiana, June 1991. Association for Computing Machinery

Cat-a-cone est une variation des Cone Trees dont l'amélioration est l'interactivité et l'accès aux documents affichables comme le montre l'image suivante.

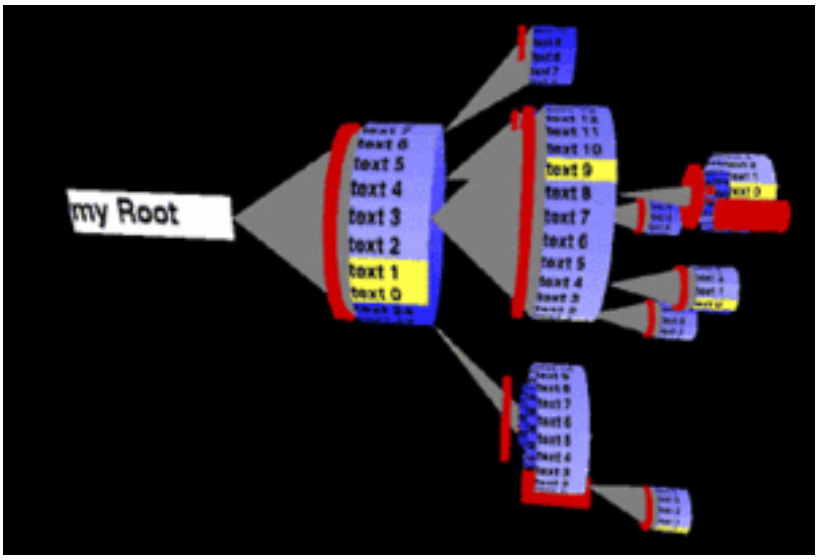


Cat-a-cone
Hearst and Karadi, 1997

"The Cat-a-Cone is a novel user interface that integrates search and browsing of very large category hierarchies with their associated text collections. One key insight is the separation of the representation of category labels from documents, which allows the display of multiple categories per document. Another key component is the display of multiple selected categories simultaneously, complete with their hierarchical context. Shown are the results of a search on category labels Mastectomy and Radiation Therapy in conjunction with the text word "lumpectomy" on a breast cancer subset of the MEDLINE collection. A ConeTree displays category labels and a WebBook shows retrieval results. The lefthand page shows the title and the category labels associated with the document. The righthand page shows the abstract associated with the document."[64]

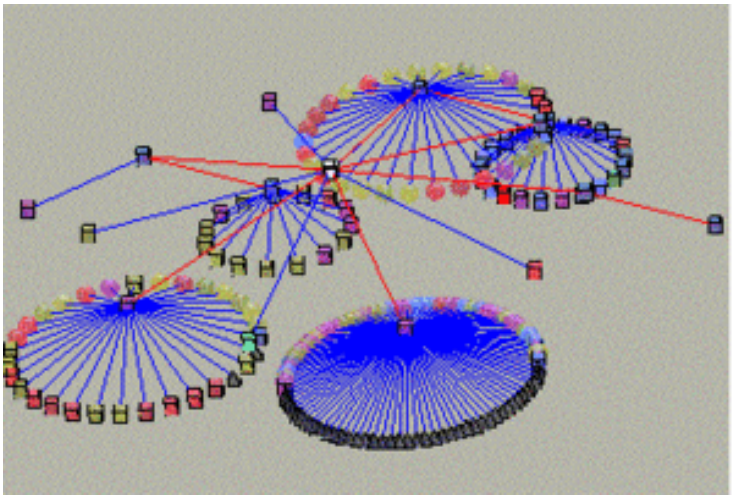
Hearst and Karadi, 1997

[64] Hearst and Karadi, 1997] Marti A. Hearst and Chandu Karadi. Cat-a-Cone: An Interactive Interface for Specifying Searches and Viewing Retrieval Results using a Large Category Hierarchy. In *Proceedings of the Twentieth Annual International ACM SIGIR Conference*, pages 246-- 255, Philadelphia, PA, July 1997



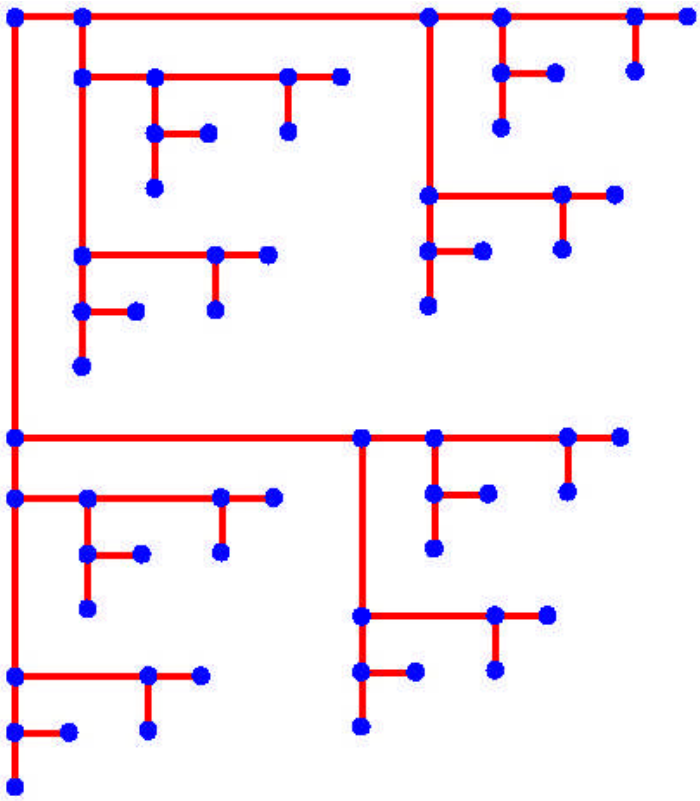
Lyberworld
Hemmje, 1994

Est une autre variation de Cone Trees.



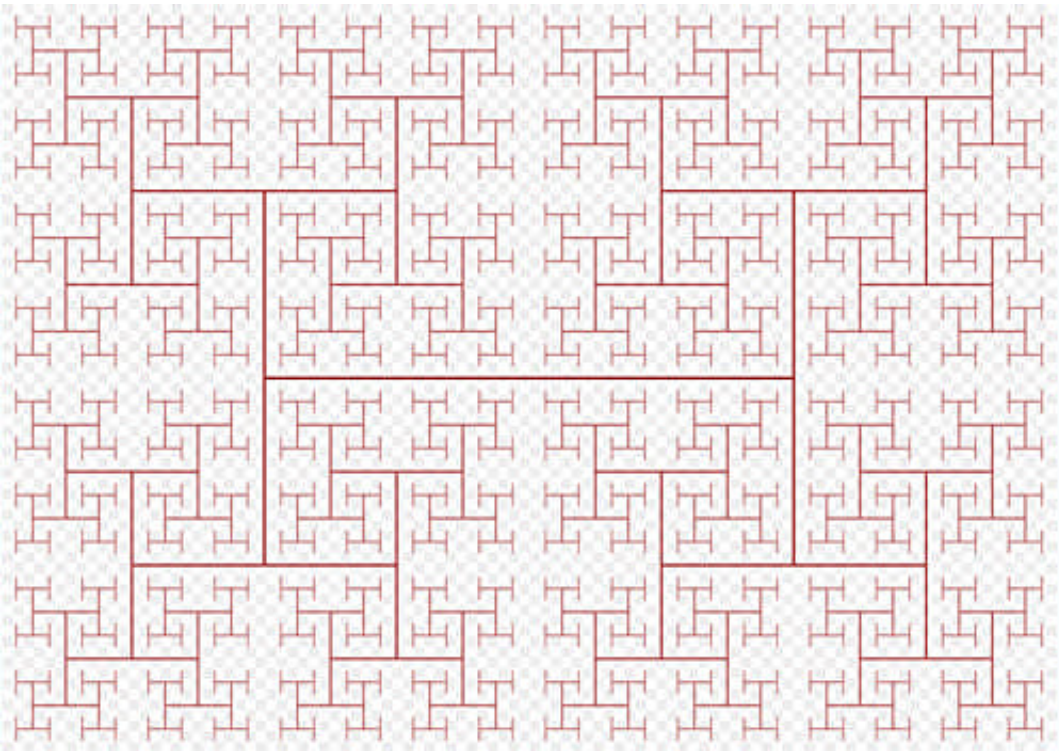
Système de fichiers affiché à l'aide d'un Cone Trees

D'autres propositions pour gérer la volumétrie comme le H-Tree où un enfant est toujours placé verticalement à droite de son père, ou verticalement au-dessous (page suivante).



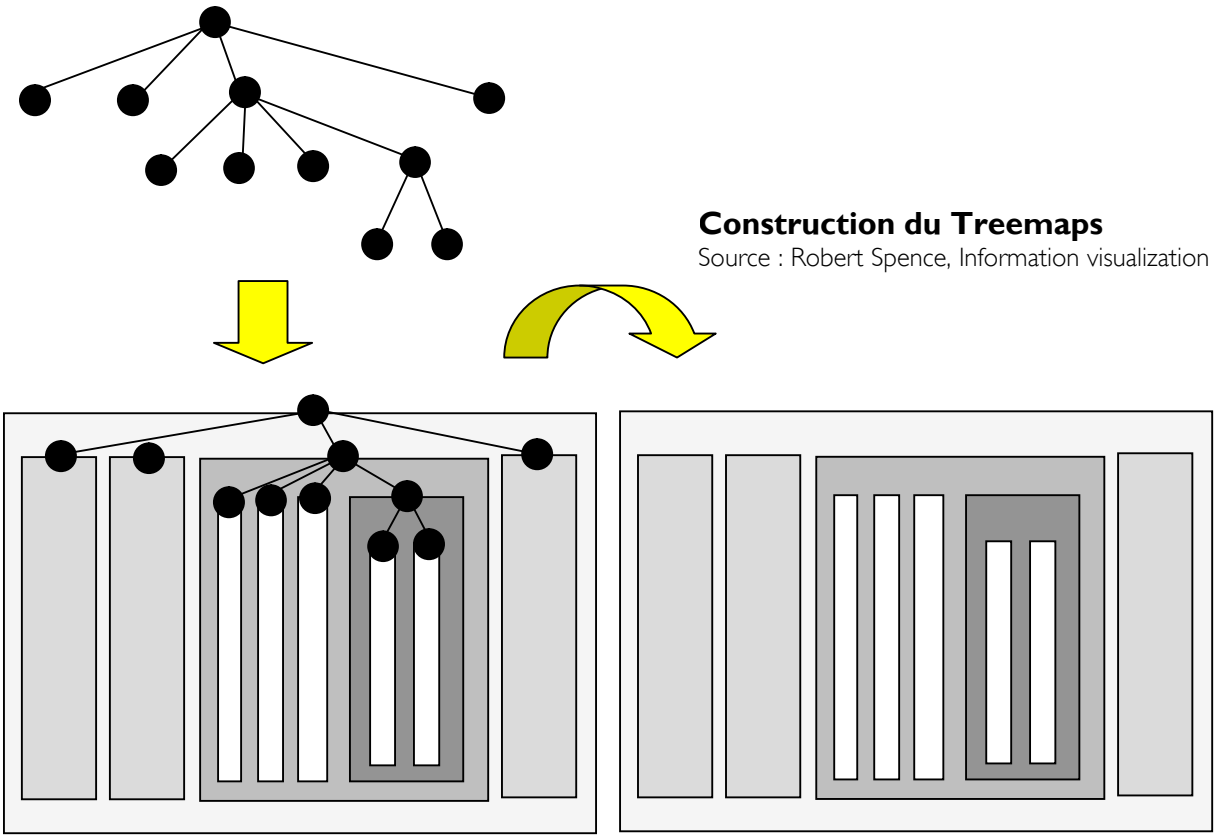
H-Tree
Gestion de plus de 100 nœuds

Référence : http://pro.chemist.online.fr/cours/rep1.htm



Référence : http://en.wikipedia.org/wiki/Image:H_tree.svg

Une autre forme de représentation des arbres est issue de Johnson et Schneiderman en 1991. Ils introduisent l'idée du Treemaps[65] qui se construit à partir du nœud racine qui devient un rectangle, puis descend vers les autres nœuds en incluant au fur et à mesure les rectangles entre eux. La construction s'effectue ainsi :

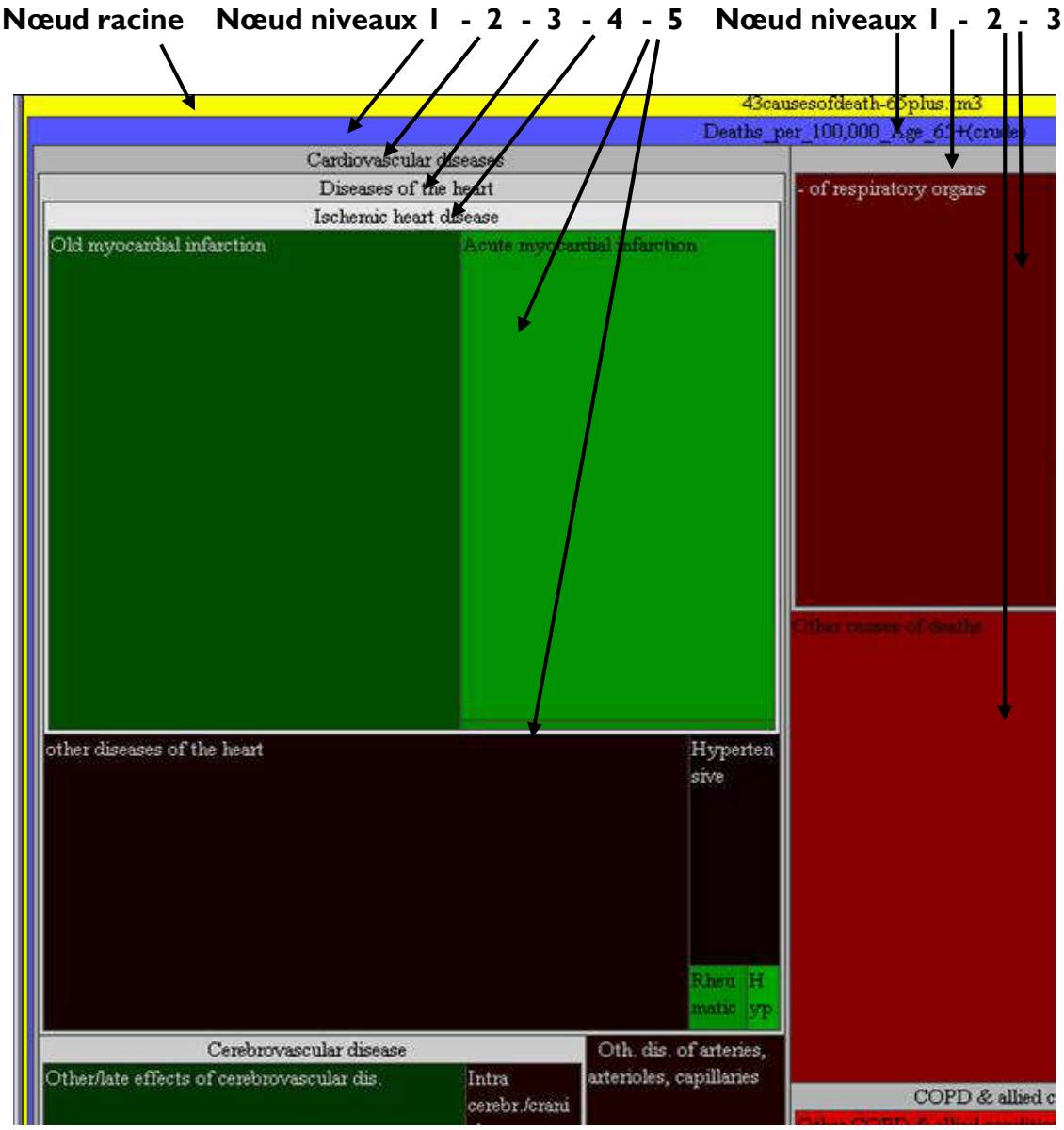


Construction du Treemaps
Source : Robert Spence, Information visualization

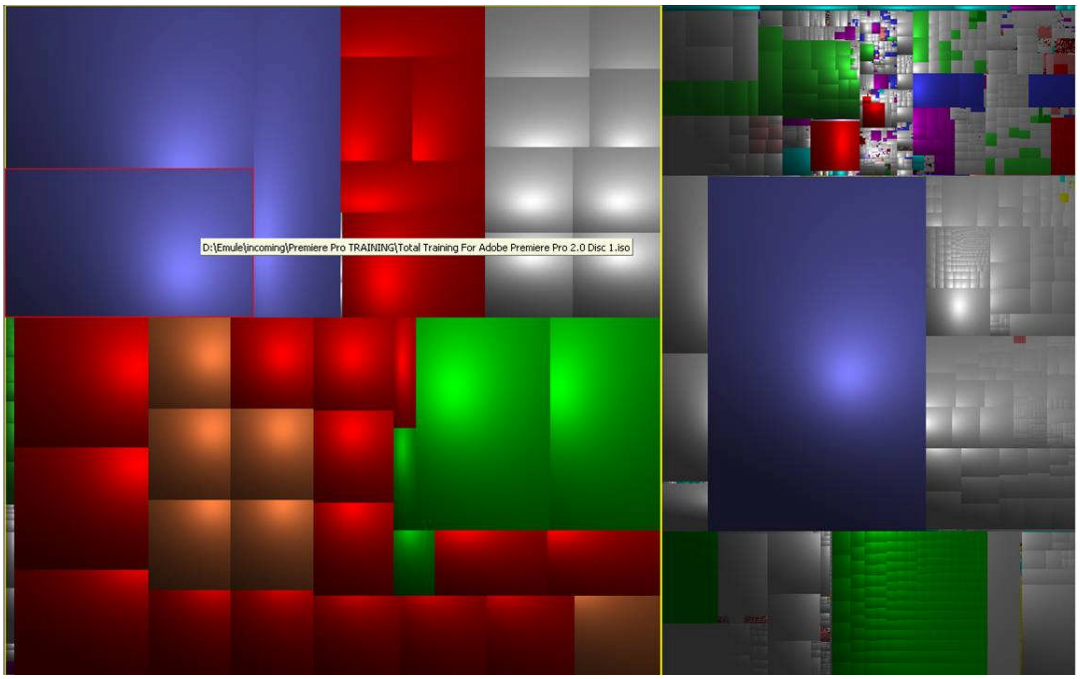
Figure 40 - Construction du Treemaps

[65] Histoire du Treemaps : http://www.cs.umd.edu/hcil/treemap-history/

Exemple de Maptree :

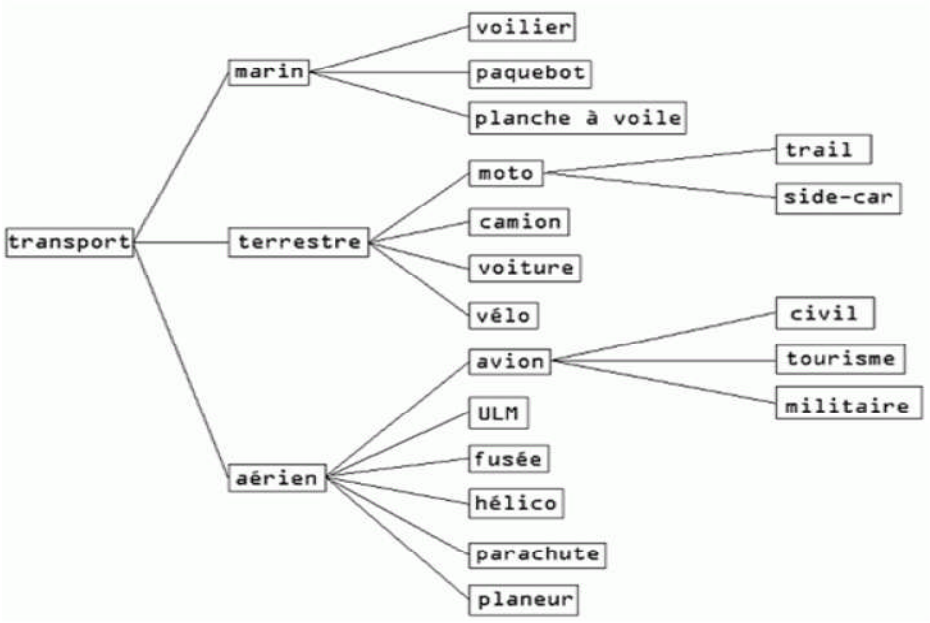


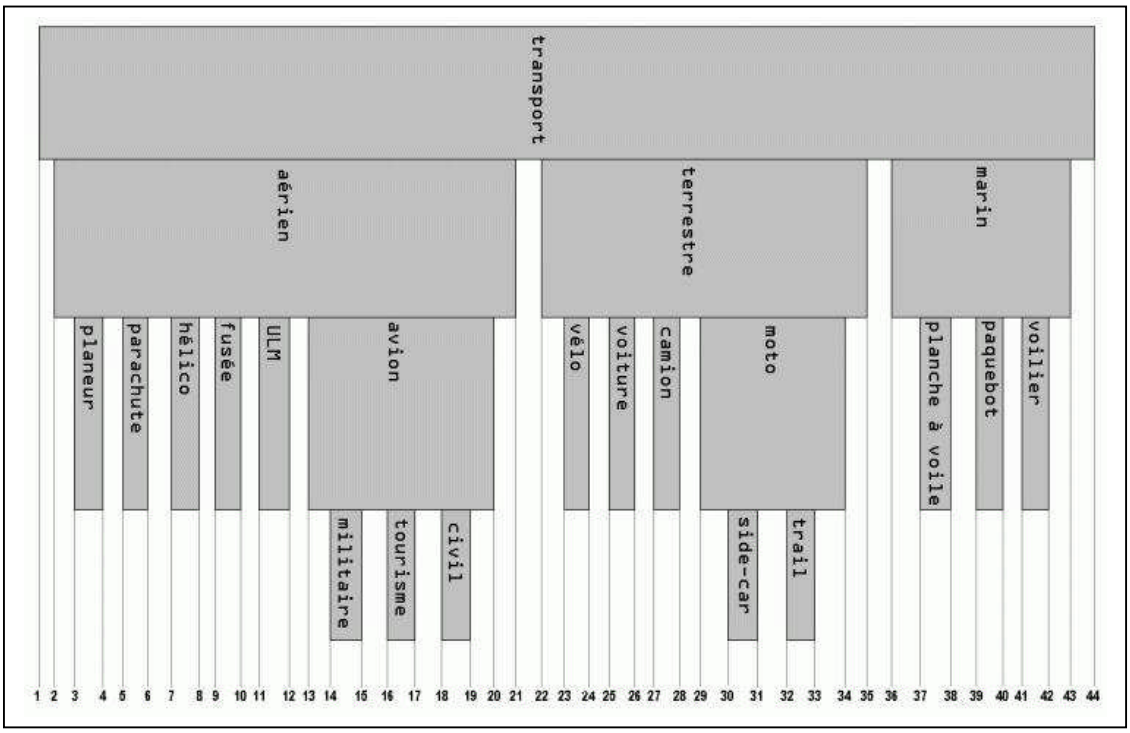
Un autre exemple de Maptree effectué sur un système de fichier :



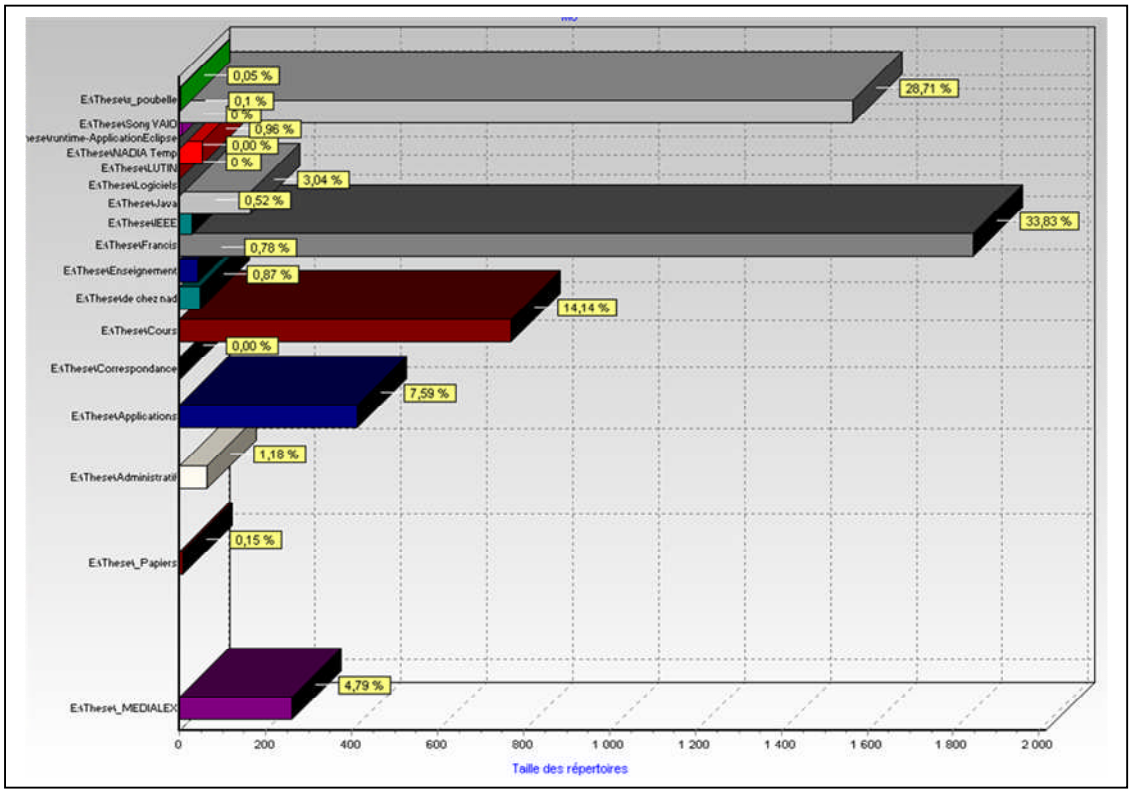
D'autres représentations d'arbres permettent également d'obtenir des résultats similaires, mais sont contraints par la volumétrie basse ou haute.

Les 2 représentations visuelles suivantes sont classiques et atteignent leurs limites dans une volumétrie faible. Elles représentent le même arbre.

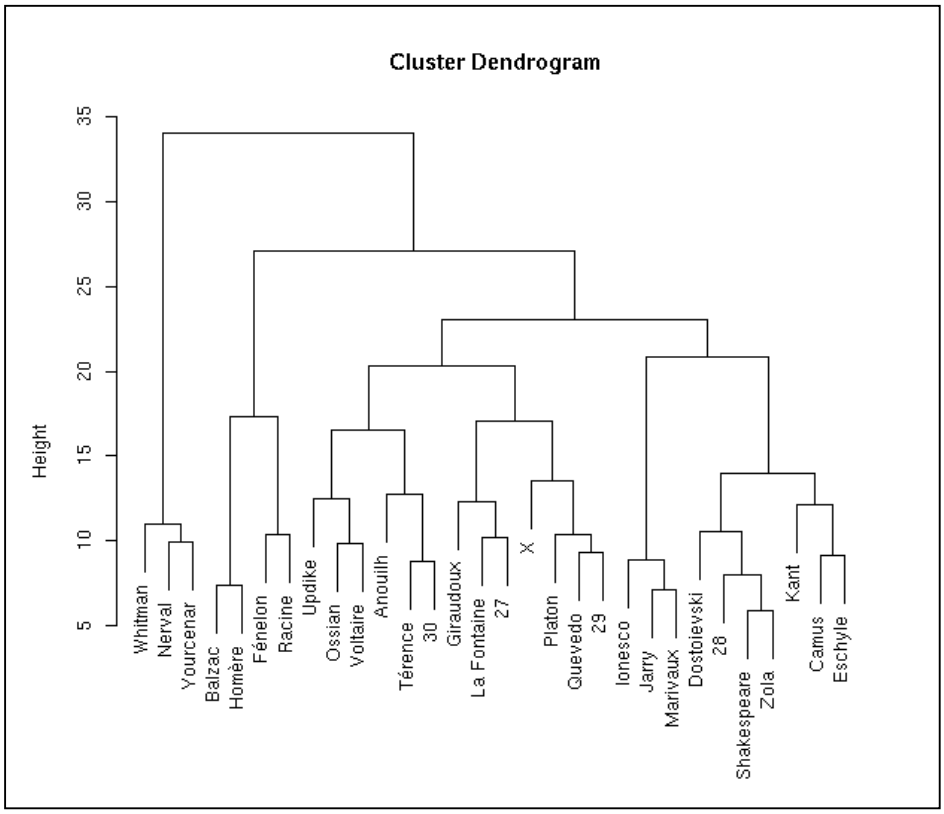




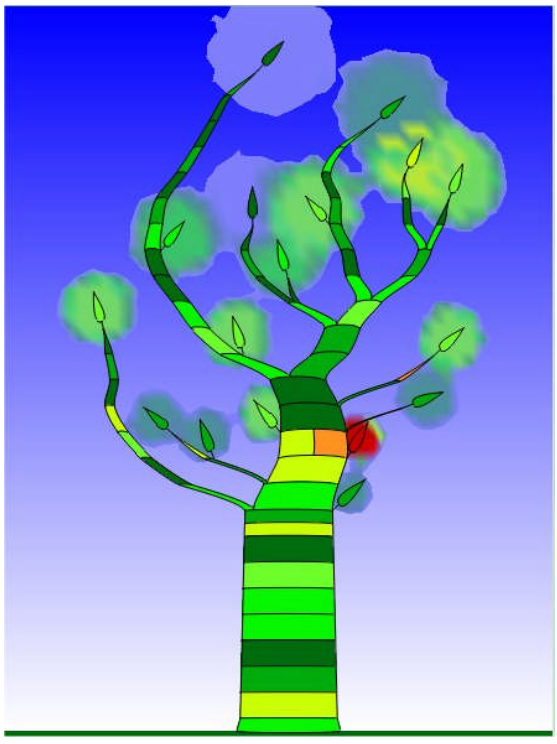
La représentation suivante représente un système de fichiers dont l'arbre a été aplati pour des raisons de lisibilité afin de gérer des écarts importants des volumétries mesurées.



Une autre forme d'arbre binaire appelé Dendogramme :

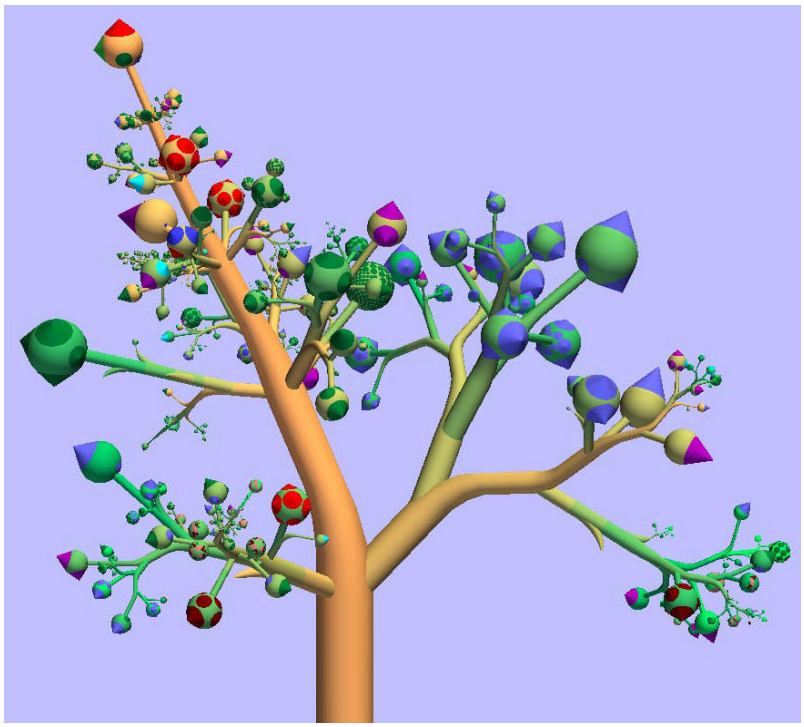


D'autres formes dont l'iconicité s'éloigne de l'abstraction pour être plus réalistes :



Arbre de connaissance
Société Trivium

Outil de gestion du capital humain



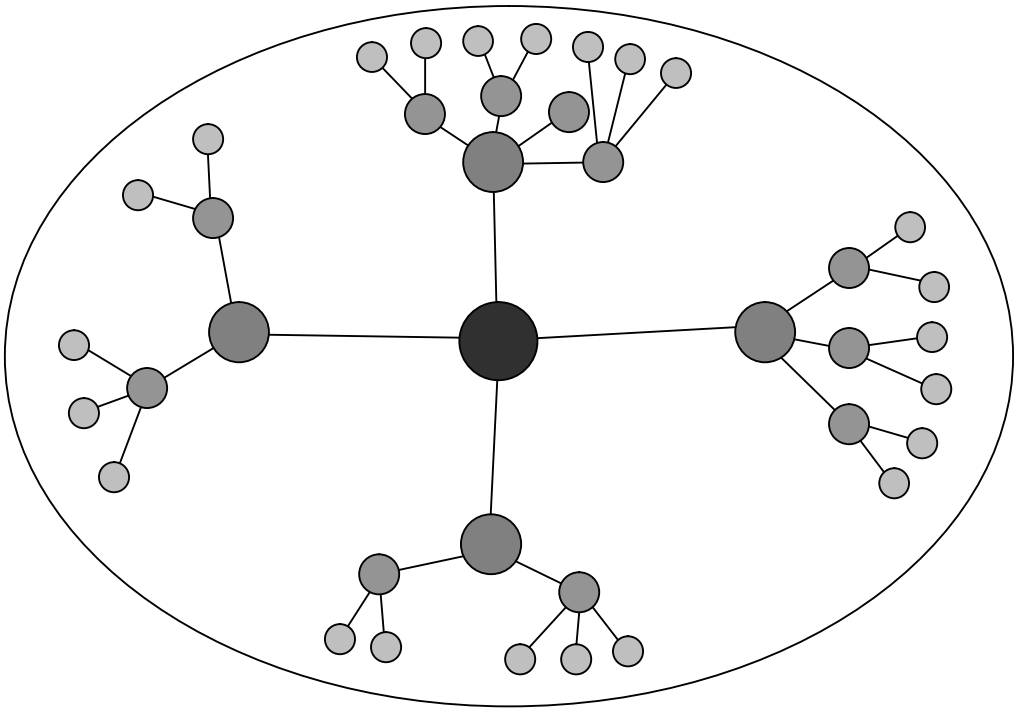
Botanic tree

Botanical Visualization of Huge Hierarchies , Ernst Kleiberg_, Huub van de Wetering,
Jarke J. van Wijk
Department of Mathematics and Computer Science
Eindhoven University of Technology

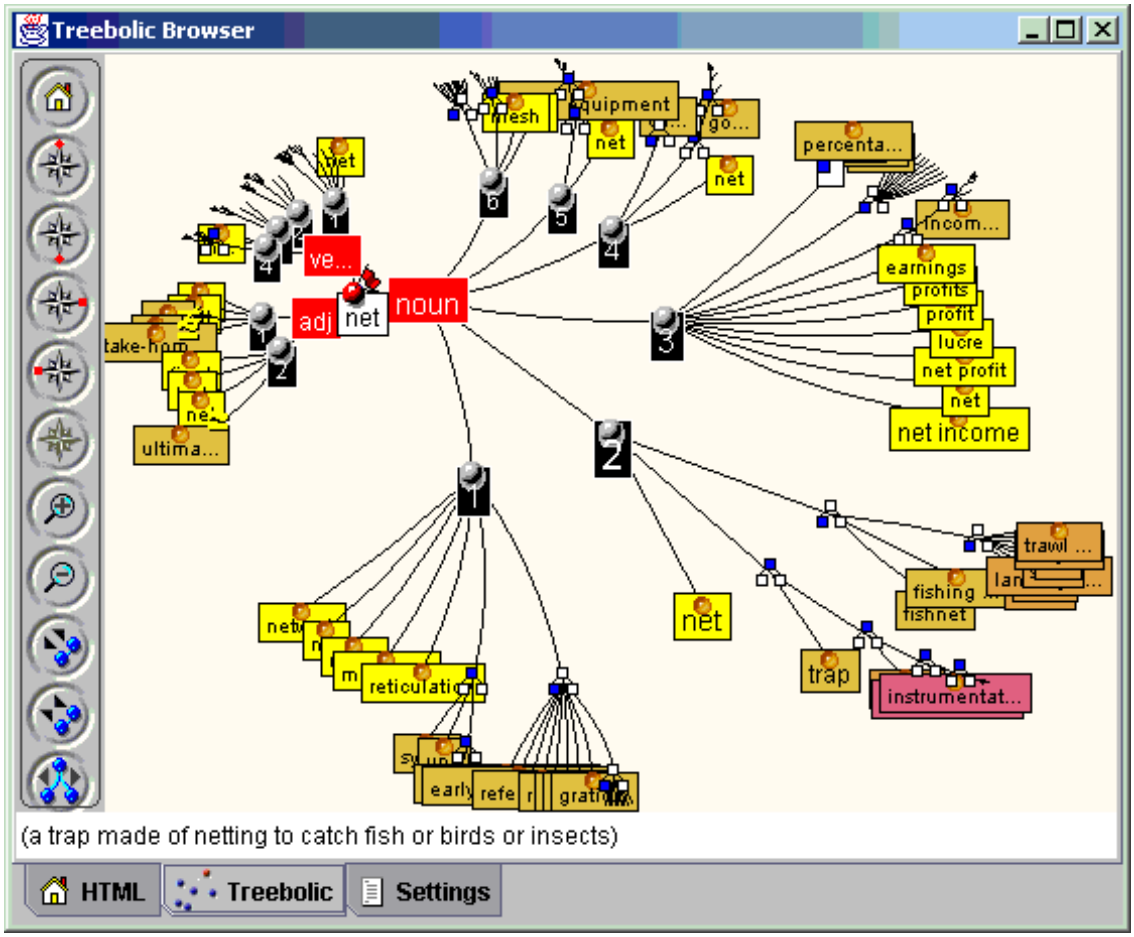
Représentation hyperbolique

Une autre représentation visuelle des arbres s'appelle la représentation hyperbolique, s'organisant autour d'une forme ronde ou ovale. L'intérêt majeur est de pouvoir prendre n'importe quel nœud de l'arbre et de le positionner au centre, ce qui aura pour conséquence de déplier des nœuds descendants et ainsi d'explorer la profondeur de l'arbre.

Forme schématique d'une représentation hyperbolique :



Applet Java nommée Treebolic pour afficher des arbres et s'insère dans les pages Web.



Toutes les représentations que nous venons de citer, sans être exhaustif, visualisent des informations dont la catégorisation s'établit sur le nombre de variables à visualiser. Peu de représentations visuelles spatialisent du texte, des mots, des phrases posant ainsi rapidement des problèmes de synthèses et d'espace affichables. Nous ne pouvons agréger des concepts, les sommer, sauf s'ils font déjà partie d'une hiérarchie préétablie permettant la navigation, comme afficher le terme « mammifères » pour explorer l'ensemble des mammifères. Dans notre projet, nous sommes donc confrontés à spatialiser des concepts sous une forme textuelle, ainsi que des zones de saisie d'information. La carte affichée n'est plus alors une carte monosémique qui relie un code visuel (symbole, icône) à une signification unique, mais une carte de concepts textuels qui devrait être elle aussi monosémique, puisqu'une seule signification possible doit alors être attachée à chaque concept. Tentons de voir comment cette notion e concept existe au travers de quelques réflexions qui mériteraient d'être largement plus investiguées.

3.4.3. Concepts

On pourrait commencer notre approche par ce paradoxe : pourquoi débattre la notion de concept alors que plusieurs définitions existent déjà ? Les concepts sont les représentations mentales qui figurent dans les processus cognitifs supérieurs (catégorisation, raisonnements inductif et déductif, création d'analogies, compréhension linguistique…). La plupart des chercheurs en sciences cognitives supposent qu'ils forment une classe homogène de représentations mentales, ce qui reste à démontrer.

Prenons pour premier exemple la définition de l'Académie française[66], neuvième édition, 1992 :

> « **CONCEPT** (p et t se prononcent) n. m. XVe siècle, au sens de "dessein, projet". Emprunté du latin conceptus, "action de contenir, de recevoir", " réunion, procréation ", puis, en latin chrétien, " conception de l'esprit, pensée ". Idée abstraite et générale. **1**. LOGIQUE. Construction de l'esprit explicitant un ensemble stable de caractères communs désigné par un signe verbal. Le concept regroupe les objets qu'il définit en une même catégorie appelée " classe ". Le concept d'homme, d'arbre, de maison. On définit un concept en compréhension et en extension. La formation des concepts. Concept *a priori* ou concept pur, non tiré de l'expérience. Concept *a posteriori*, empirique. **2**. ÉPISTÉMOLOGIE. En mathématiques, notion

[66] Dictionnaire de l'Académie française en ligne http://atilf.atilf.fr/academie9.htm

> rigoureusement définie qui sert de fondement ou de principe. Le concept de cercle, de triangle, de nombre, d'ensemble, de sous-ensemble. Dans les sciences expérimentales, idée explicative découlant d'une théorie générale et que l'on vérifie par l'expérimentation. Les relations entre les concepts de pesanteur, d'énergie, de masse. **3.** Par affaibl. Notion abstraite que l'on a ou que l'on se fait personnellement d'une chose, d'une qualité, d'un projet. Son concept de l'honneur diffère du mien. »

Première certitude : le concept est une création de l'esprit. Cette création de l'esprit se construit à partir du signe verbal, à partir d'un mot ou d'un ensemble de mots. Habituellement la notion de concept se définit sur deux axes que sont l'intension (compréhension dans la définition de l'Académie française) et l'extension. L'intension représente une propriété commune à un ensemble ou à une collection d'individus tandis que l'extension représente cette collection d'individus. La formation du concept s'opère lorsque l'intension I appartient à l'extension E, quelque soit E (de la collection). Un chat possède des caractéristiques formant une collection dont les propriétés ou intensions peuvent s'identifier : taille, quatre pattes, oreilles, poils, forme des pattes, etc. L'ensemble identifiable se regroupe donc sous la forme du concept de chat. Mais un chien possède exactement les mêmes propriétés à première vue si l'on reste vague et celles-ci ne suffisent donc pas à différencier un chat d'un chien. Il faut alors caractériser ce que l'on entend par propriétés. Ces propriétés sont elles-mêmes des concepts qui possèdent leurs propriétés. Les poils que possèdent un chat et un chien sont différents par leur nature et cette évidence perceptive classe donc les poils d'un chat et d'un chien dans des registres différents. Il serait alors possible de toucher un tissu imitant les poils d'un chat et de le reconnaître. Cette propriété appartient alors au chat mais n'est pas suffisante pour dire que c'est un chat. Il faut donc un ensemble de propriétés pour définir un concept, c'est tout du moins la démarche qui semble nous venir à l'esprit. On voit alors de suite la limite de cette approche : comment peut-on définir un concept par intension en s'assurant que la collection « intensionnelle » est complète et surtout, comment peut-on définir la complétude de cette collection ? Il existe donc une limite immédiate à cette notion intensionnelle qui encapsule dans le concept un nombre fini d'intensions. Cette notion de finitude est indispensable au concept, car elle permet d'appréhender rapidement de quoi il s'agit et surtout d'éviter de se retrouver devant l'incapacité de définir des propriétés qui ne feront que parasiter. En quoi serait-il important de spécifier la composition moléculaire du poil du chat pour définir que nous avons à faire réellement à un chat ? Ce surdosage intensionnel n'apporte donc pas d'information supplémentaire pour affirmer ou infirmer le concept. On se retrouve alors devant une collection possible de propriétés dont il faudra faire le tri pour éliminer les candidats qui ne seront pas déterminants à la construction du concept. On peut aussi remarquer que si une occurrence extensionnelle venait à ne pas trouver son concept, il faudrait alors

augmenter l'intension de l'un des concepts pour l'englober ou en créer un nouveau. Si un chien naissait avec des oreilles de chat, il faudrait alors augmenter le principe intensionnel du chien pour admettre qu'un chien possède des oreilles ressemblant à celles d'un chat, mais on ne pourrait alors pas augmenter les propriétés du chat pour dire que les oreilles d'un chat suffisent à dire que c'est un chat !

La création du concept s'effectue soit à priori, soit à postériori, c'est donc soit le résultat de l'esprit et de sa computation, soit le résultat d'une observation. Par observation, on entend expérience sensible du réel qui va, par le truchement de la computation, analyser des similitudes pour en dégager une synthèse. Il est nécessaire à l'être humain de ranger et de classer le réel pour accéder plus rapidement à la mémoire et, dans ce cas plus précis, à la mémoire dite sémantique. Si rien ne pouvait se synthétiser en nous, cela sous-entendrait que chaque percept ou objet du réel devrait trouver une définition et devrait ainsi multiplier les connexions entre ces mêmes objets, faisant oublier la capacité humaine d'abstraction et de synthèse.

> « La **mémoire sémantique** est le système par lequel l'individu stocke sa connaissance du monde. C'est une base de connaissances que nous possédons tous et dont une grande partie nous est accessible rapidement et sans effort. C'est la mémoire du sens des mots, celle qui nous permet de se souvenir du nom des grandes capitales, mais aussi des coutumes sociales, de la fonction des choses, de leur couleur ou de leur odeur.
>
> C'est aussi la mémoire des règles et des concepts qui permet la construction d'une représentation mentale du monde sans la perception immédiate. Ce contenu est donc abstrait et relationnel, et il est associé à la signification des symboles verbaux. »[67]

Prenons un second exemple qui donne une vision plus historique et tente ainsi de cerner davantage la notion de concept. L'emploi du terme « notion » vient renforcer l'idée que le concept ne possède pas de frontières encore stabilisées.

> « **CONCEPT** n. m. est emprunté (1404) au latin *conceptus* " action de contenir ", avec son sens chrétien abstrait de "pensée, conception". Le mot est le participe passé, substantivé, au masculin, de *concipere* (-> concevoir). A la différence d'*idée*, qui appartient au langage commun, *concept* " idée générale " est un terme technique ou d'usage didactique. Son acception philosophique date de 1606 (Descartes), mais ce qu'on peut appeler le "concept de concept" doit beaucoup, dans son usage contemporain, à Kant, qui en a fait un schéma dynamique pour la pensée, et non plus une configuration statique. Les termes *idée générale*, *concept* et *notion* dépendent dans leurs emplois, des domaines (philosophie, sémantique,

[67] Institut des neurosciences de la santé mentale et de la toxicomanie http://lecerveau.mcgill.ca/

terminologie) et des différentes théories. » (Dictionnaire historique de la langue française. Le Robert, 1992)

En revanche, pour fixer en nous cette notion qui devrait être érigée au statu de définition, cela interroge la notion même de définition.

"Il y a deux types de définitions, la définition par référence à la chose que le signe dénote (définition référentielle, définition ostensive) et la définition par le moyen de signes appartenant à un système construit, à une langue artificielle ou métalangue (définition sémantique, définition logique). " (Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage, Larousse, 1999)

On constate deux types de définitions de la définition. La première consiste à faire référence à une chose du monde : je désigne un chat par exemple, je fais donc référence à un objet. La seconde consiste à définir le signe à l'aide d'un système de signes déjà construit, et pour reprendre notre exemple du chat : « Petit mammifère familier à poil doux, aux yeux oblongs et brillants, à oreilles triangulaires et griffes rétractiles, qui est un animal de compagnie » (Le Robert). Mais ces deux définitions de la définition semblent semer la confusion et méritent un éclaircissement quant à la notion de signe dans la langue.

« Définir un mot ou un signe stable dans un langage – langue naturelle ou non -, c'est, soit mettre en rapport ce signe avec d'autres, au même niveau sémiotique (et on parle par exemple de synonymie périphrastique, ce qui convient à la définition du dictionnaire), soit avec les signes d'un métalangage construit, ce qui peut être le cas en sciences, parfois en philosophie ou dans n'importe quelle théorie soucieuse de sa terminologie. " (Alain Rey.- " Polysémie du terme *définition* ». La Définition. Centre d'études du lexique. Paris, Larousse, 1990, p. 14)

Définir ne doit pas se limiter à désigner une chose du monde réel, mais doit trouver un système de signes ou encore de concepts pour arriver à une différentiation. Si les définitions d'un dictionnaire restent polysémiques, la définition d'un concept ne peut être que monosémique, car sans cette condition, les concepts ne pourraient pas exister.

« **DEFINITION** : Opération mentale qui consiste à déterminer le contenu d'un concept en énumérant ses caractères; résultat de cette opération sous la forme d'une proposition énonçant une équivalence entre un terme et l'ensemble des termes connus qui l'explicitent. » (Le Robert)

Le concept est donc défini par ses propriétés qui varient en fonction de leur définition. Il existe des concepts plus généraux que les autres, comme « animal » est plus général que « mammifère ». Cette généralisation ou encore cette intension est inversement proportionnelle à l'extension[68]. Un animal possédera moins de propriétés qu'un mammifère et encore moins qu'un dauphin ou encore que les intensions nécessaires à définir un animal seront moins nombreuses.

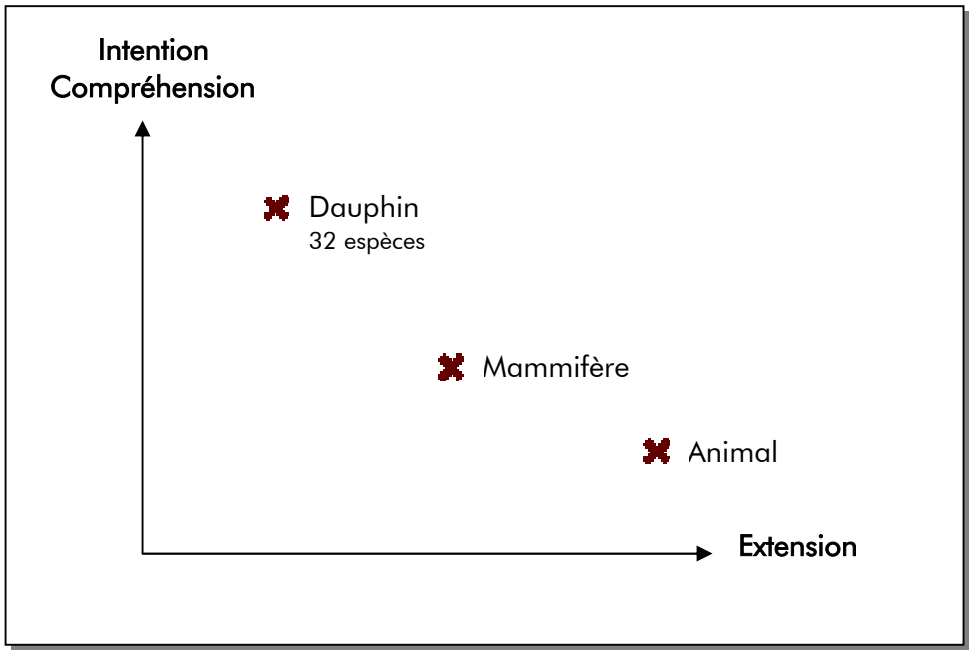


Figure 41 - Concepts Intension/Extensions

Si l'on admet qu'il existe un concept plus général que le concept courant que l'on étudie, alors on peut déduire aisément qu'il existe certainement un concept racine (Thing dans Protégé) dont l'intension serait nulle et, par conséquence, son extension. Cette vision du degré zéro conceptuel est quelque peu déroutante, mais elle est reprise dans les systèmes de modélisation des ontologies. L'aporie, si elle existe, est certainement de croire que les concepts sont organisés en hiérarchie alors qu'ils peuvent être organisés en réseau, ce qui alimenterait une théorie connexionniste, bien que, nous ne sachions pas comment ces connexions fonctionnent lorsqu'elles sont sollicitées. Mais cette idée ne semble pas résister à la réalité. En effet, on constate par l'observation que l'ensemble des concepts sont organisés en hiérarchie, et que cette hiérarchie arrive à son point le plus élevé en définissant un concept générique comme Êtres Vivants pour désigner à la fois les Hommes, mais aussi tout le règne animal. On retrouve ainsi un ensemble de concepts élevés dans la hiérarchie ne pouvant aller au-

[68] Jean-François et Arlette Richard, 1995

delà d'une limite conceptuelle qui est limitée par l'intension. On peut aussi argumenter autrement. Lorsque l'on s'élève vers les concepts de hauts niveaux, dont l'intension est faible, il est possible de relier un concept de haut niveau que l'on qualifie d'éloigné à un autre concept de haut niveau : ainsi Êtres Vivants pourrait être sous Nature qui comprend tous les Êtres Vivants. Dans ce cas nous serions devant une anomalie conceptuelle mais défendable. Nature est un mot fortement polysémique qui peut contenir les Êtres Vivants mais dont la polysémie nous pousse à croire qu'il serait plus adapté dans une hiérarchie parlant par exemple d'environnement. L'exemple qui vient d'être pris sert à démontrer que les hiérarchies des concepts ont été le fruit de la conceptualisation humaine, tous les concepts ne sont pas hiérarchisables entre eux, mais possèdent des relations en dehors de ces hiérarchies. Le mouvement artistique surréaliste par exemple, avait parfaitement assimilé cette notion de relation, puisque ses membres avaient réussi à mettre en relation ce qui ne l'était pas dans ce que l'on pourrait appeler « pensée conventionnelle », ou structure de pensée conventionnelle, prouvant ainsi que tout peut être mis en relation. La fameuse phrase inattendue de Lautréamont (Isodore Ducasse) « la rencontre fortuite d'un parapluie et d'une machine à coudre sur une table d'opération » démontre que les relations entres tous les concepts sont potentiellement exploitables et que les conventions syntaxiques des relations relèvent alors d'une organisation qui met en place des processus de convention pour permettre aux humains de se comprendre.

Il reste une dimension plus difficilement abordable. Les concepts, comme nous l'avons dit précédemment, doivent trouvés une définition au travers un système de signes déjà construit pour occuper une place différenciée dans notre système de représentation. Mais les concepts sont légions et ne sont pas tous définissables comme en sciences.

L'animal et le concept

Nous avons abordé plus haut la définition de concept, ou plutôt tenté d'en donner un aperçu non exhaustif, cette question étant discutée et discutable, car elle fait appel à un fonctionnement de notre cerveau qui nous est inaccessible par notre système perceptif et, par conséquent, difficilement analysable. La notion de concept est donc à mettre en relation avec d'autres facultés humaines comme penser, représenter ou encore créer une image mentale. L'être humain est un mammifère et certains mammifères autres que l'homme pensent également, forment des représentations, possèdent un système cognitif, etc. L'homme est donc assimilé à un vertébré à sang chaud et se distingue par ses capacités uniques dans le règne animal. Cette position ou cette assimilation de l'homme et de l'animal enterre définitivement la vieille querelle de l'animal-machine relégué à un fonctionnement mécanique de l'organisme. Condillac

dans son « Traité des animaux » doutait déjà que l'animal ne fût qu'une machine sans vie, sans âme, sans pensée : « Il serait peu curieux de savoir ce que sont les bêtes, si ce n'était pas un moyen de savoir ce que nous sommes ». Par conséquent l'être humain est un sujet d'étude au même titre qu'un autre animal ce qui justifie d'explorer les travaux des différentes disciplines s'occupant de ce règne. Cet angle permet de voir comment la notion de concept existe au côté des représentations, de la pensée et elle est analysée par des éthologues, des ethnologues et des psychologues.

Ce qui différentie les êtres vivants possédant un système cognitif de ceux qui possèdent d'autres systèmes, c'est la capacité à former des représentations et dont la différence a été établie par le terme « intensionnalité » par les philosophes. Cette intensionnalité, par définition, est l'aptitude de certains états internes à porter sur des propriétés du monde extérieur ou encore la capacité d'utiliser les informations du monde extérieur pour l'appliquer à des situations nouvelles et ajuster le comportement (J. Proust).

Si représentation il y a, avons-nous affaire à ce que l'on appelle une représentation mentale ? Selon Fred Dretske (1986), est mental un état qui remplit ces trois conditions :

> 1. « Il existe une covariation régulière entre cet état et une situation externe donnée. Dretske appelle « indication » ce type de relation, en vertu de laquelle l'état interne *porte une information* sur la situation ou la propriété externe (ou les *indique*). »
>
> 2. « L'indicateur interne (l'état neuronal porteur d'une certaine information) a la *fonction* d'indiquer la situation externe. On dit dans ce cas que l'indicateur *représente* la situation. En parlant de fonction, Dretske entend souligner qu'un mécanisme de sélection a conduit un certain état neuronal – lié par exemple à la fonction visuelle – à être réactivé chaque fois qu'un certain type de forme visuelle était traité. »
>
> 3. « Les états internes à valeur représentationnelle ainsi déterminés doivent enfin être vrais ou faux, « sémantiquement évaluables ». En d'autres termes, dès qu'une représentation mentale est acquise, elle doit pouvoir être appliquée de manière véridique ou erronée. »

Comme on le comprend, la notion d'erreur dans le troisième point est une dimension intéressante, car si nous construisons des représentations mentales, celles-ci n'en demeurent pas moins vérifiables et nous prouvent que l'esprit doit croire et agir en fonction de ses croyances et ainsi les vérifier, faisant écho aux travaux de Clément Rosset sur le « Réel et son double ». Nous sommes donc en permanence dans une réévaluation du réel qui doit trouver une conformité avec les réalités construites ou, en d'autres termes, des représentations mentales. Cette possibilité de repérer les

erreurs, adjointe à la capacité de modifier notre état interne, est intimement liée à la capacité de former ou de créer des représentations.

Le philosophe Donald Davidson (1982) soutient la thèse que les organismes vivants dépourvus de langage étaient dépourvus de concepts. Il part de l'idée qu'utiliser des concepts, c'est posséder des pensées sémantiquement évaluables. Pour les animaux dépourvus de langage, et là il serait utile de préciser exactement ce que recouvre le terme de langage, la résolution des problèmes qui se livrent à eux sont le fruit d'une prédétermination qui est innée et s'adapte localement, mais elle n'est pas le résultat de la computation d'une logique interne sur une base de connaissances. On ne pourrait donc pas utiliser un concept sans en connaître ses propriétés. La pensée de Davidson s'affirme en nous disant qu'il faut pouvoir partager l'application du concept avec un autre sujet, d'en tirer une évaluation. Davidson appelle cette pratique la triangulation : Sujet-Objet-Interprète. C'est donc dans la communication intersubjective que deux locuteurs s'entendent sur les propriétés d'un objet et ainsi se normalisent. Ainsi, chaque concept possède des conditions d'utilisation ou d'application qui va déterminer ultérieurement la vérité du jugement correspondant. Davidson comme Descartes affirment que c'est un langage commun qui fonde la rationalité intersubjective et développe la pensée conceptuelle chez les êtres humains, mais n'infirment pas l'idée que les animaux ne le possèdent pas. Bien au contraire, même si les animaux ne possèdent pas de langage symbolique, ils possèdent, certainement, une forme de pensée conceptuelle plus modeste. Cette forme de pensée inclut trois dispositions :

> 1. « Quand un organisme possède le concept X, il est disposé à décider si quelque chose est ou non un X et à agir sur cette base. »
>
> 2. « Un concept acquis peut être appliqué à des cas nouveaux et en conjonction avec les autres concepts déjà maîtrisés (ce qu'on appelle « généralisation »). »
>
> 3. « Les concepts forment une structure inférentielle (une théorie) et peuvent être modifiés par l'apprentissage. »

Arrêtons ici l'investigation du monde animal. Tirons une rapide synthèse de ces travaux :

- Un état mental est indispensable à la construction des représentations. Il doit pouvoir évaluer les états externes et pouvoir se modifier de manière interne pour s'adapter,
- Les concepts sont des objets portant des propriétés dont le partage se fait à l'aide d'un langage symbolique, vérifiant ainsi leur véracité dans la communauté.

En conclusion, le concept existe au travers de capacités mentales mentionnées ci-dessus, mais existe aussi grâce au langage symbolique partagé sans lequel nous ne pourrions pas construire de définitions, donc de concept. Si l'on ne pouvait pas définir un concept, il resterait dans un mode référentiel, délaissant ainsi toute la capacité inférentiel[69] du cerveau humain. Gilles Deleuze pensait que la philosophie se définit comme étant une création de concepts, et non comme une contemplation passive ou encore comme étant une simple réflexion.

Citons l'optimisme de Michel Foucault sur la formation des concepts :

> « Former des **concepts**, c'est une manière de vivre et non de tuer la vie ; c'est une façon de vivre dans une relative mobilité et non pas une tentative pour immobiliser la vie ; c'est manifester, parmi ces milliards de vivants qui informent leur milieu et s'informent à partir de lui, une innovation qu'on jugera comme on voudra, infime ou considérable : un type bien particulier d'information. [...] au niveau le plus fondamental de la vie, les jeux du code et du décodage laissent place à un aléa qui, avant d'être maladie, déficit ou monstruosité, est quelque chose comme une perturbation dans le système informatif, quelque chose comme une "méprise". À la limite, la vie – de là son caractère radical – c'est ce qui est capable d'erreur. [...] Et si on admet que le **concept**, c'est la réponse que la vie elle-même a donné à cet aléa, il faut convenir que l'erreur est la racine de ce qui fait la pensée humaine et son histoire. L'opposition du vrai et du faux, les valeurs qu'on prête à l'un et à l'autre, les effets de pouvoir que les différentes sociétés et les différentes institutions lient à ce partage, tout cela n'est peut-être que la réponse la plus tardive à cette possibilité d'erreur intrinsèque à la vie. » (Michel Foucault, « La vie : l'expérience et la science », *Dits et écrits*, t. 4, Paris, Gallimard, 1994, pp. 774-5).

Pour tenter d'être un peu plus complet sur cette question, citons la conclusion d'un article du jeune philosophe Edouard Machery qui apporte une réflexion intéressante sur la notion de concept ou plutôt sur la notion de comment se passer du concept, et démontre que cette notion est une vieille idée généraliste qu'il faudrait abandonner pour laisser place à des processus différenciés plus complexes.

> « Il est sans doute utile de reformuler l'argument développé dans cet article. Les trois théories psychologiques des concepts postulent l'existence de trois types de représentations mentales, les exemplaires, les théories et les prototypes. J'ai admis que ces entités théoriques avaient peu en commun. La recherche sur une compétence psychologique importante, à savoir la composition des concepts, montre qu'il faut postuler l'existence de ces trois types de représentations mentales (pour des données empiriques concernant d'autres compétences cognitives

[69] Le terme inférentiel est un néologisme

> supérieures, voir Machery ms). Par conséquent, les représentations mentales qui figurent dans les processus cognitifs supérieurs ont peu en commun. Même si l'on admet la notion la plus vaste d'espèce naturelle, à savoir la notion causale, les concepts ne forment donc pas une espèce naturelle. Les conséquences de cette position sont importantes. Tout d'abord, les psychologues des concepts et des fonctions cognitives supérieures opposent depuis plus de trente ans leur théorie des concepts préférée aux théories défendues par leurs adversaires. *L'argument développé dans cet article montre que c'est une erreur.* Les concepts ne sont ni des prototypes, ni des exemplaires ni des théories. Certains concepts sont des prototypes, d'autres sont des exemplaires, d'autres encore des théories. Les différentes théories des concepts ne sont donc pas contradictoires. Elles portent en fait sur différentes classes de représentations mentales. *Il est temps que les psychologues mettent fin à des controverses qui n'ont guère lieu d'être.* Deuxièmement, la notion de concept est inutile pour formuler des généralisations empiriques à propos des représentations mentales. C'est une manière inadéquate de classifier nos états mentaux si nous cherchons à étudier scientifiquement la cognition humaine. Au lieu de chercher à formuler des généralisations sur la classe des représentations mentales qui figurent dans les processus cognitifs supérieurs, en d'autres termes sur les concepts, il vaut mieux chercher à étudier les propriétés d'autres classes de représentations mentales, à savoir les prototypes, les exemplaires et les théories (et, éventuellement, d'autres classes encore). Les chercheurs en sciences cognitives et les philosophes de la psychologie devraient enfin se résoudre à renoncer à la notion de concept. *La psychologie scientifique n'a guère besoin de cette vieille lune.* »

On constate que la notion de concepts n'est pas stable, mais qu'elle semble avoir obtenue en informatique un consensus entre intension et extension. Le débat passionnant qui existe trouve une raison principale à son existence et se résume pour l'informatique à comprendre comment emprisonner formellement un concept et le restituer à un utilisateur, ou encore à une machine pensante, pour qu'il puisse reformer la même représentation mentale que celle intentionnellement émise. L'objectif n'est pas ici de voir, toutes les facettes de la construction mentale de la représentation, des concepts, mais de tenter de mettre en évidence la spatialisation des concepts et son influence sur la compréhension de l'utilisateur.

Pour résumer, la spatialisation des concepts est intéressante car elle forme au même titre qu'une carte, une image mentale qui apporte immédiatement une lisibilité au contenu au lieu de mettre en œuvre une lecture séquentielle qui ne fait qu'encombrer la mémoire et sollicite la création d'images difficilement construites et difficilement accessible.

3.4.4. Vision et analyse

Voir ou visualiser implique des processus conscients ou inconscients, qu'il s'agisse de forme graphique ou du texte formant des concepts. Voir, en l'espace d'un instant, quelques carrés rouges sur le fond d'un écran, c'est reconnaître ces carrés sans autres sens. Voir le mot « Play » dans le même laps de temps ne signifie pas plus que ce qui est dit dans le contexte évoqué. L'image que nous nous faisons lors d'une visualisation se fait de manière instantanée, en quelques dixièmes de secondes. C'est ce que l'on appelle la vision préattentive ou préconsciente qui existe entre 30 et 300 millisecondes. Ce phénomène s'opère malgré nous et, au-delà de cette limite, la vision dite consciente prend le relais pour analyser chaque partie de l'image. La vision pré attentive est très importante car elle imprime directement une carte en mémoire qui est décryptée sans effort. Les exemples seraient nombreux, comme avoir peur lorsqu'un objet arrive sans crier gare, accéder à un site Web qui nous révulse en un instant, ou encore éviter la portière d'une voiture qui s'ouvre lorsque nous sommes à vélo. Les données scientifiques sur ce phénomène sont peu nombreuses, mais nous savons que cette phase préconsciente est déterminante dans l'acquisition. Visualiser des concepts sous forme textuelle est plus difficile à interpréter rapidement et nous ne possédons pas de modèle d'évaluation pour mesurer ces performances du cerveau. Le laboratoire Lutin[70] de La Villette tente de trouver des modèles liés au suivi du regard, ou encore appelés Eye-tracking, afin de comprendre pourquoi nous regardons telle partie de l'écran et non pas telle autre. Si l'on pouvait dégager des modèles qui mettent en évidence les relations spatiales avec les variables rétiniennes, on pourrait mettre en évidence des modèles conceptuels graphiques pour augmenter cognitivement les interfaces. Chacun sait que mettre en gras un mot attire l'attention, ou encore changer une phrase de couleur. Pour le moment la vision préattentive fait surtout l'objet de recherches sur la forme graphique et non sur le texte ou les phrases, et limite dans notre étude l'investigation.

Test de vision préattentive, vidéo 10 à 18.

Conditions de test :

Les vidéos correspondent à une capture d'écran d'un test de vision pré attentive. Le but est de déceler les changements en fonction de 4 paramètres : couleurs, formes, temps, nombre d'objets. Les vidéos vont de 100 ms à 1 seconde. Ces enregistrements ont pour but de démontrer que le cerveau est capable de déceler des changements dans un temps très court sur des variations simples. Il est pratiquement impossible de déceler des différences de 2 couleurs et sur 2 formes différentes, sur 20 éléments dans une période d'affichage est de 100 ms et même au-delà.

[70] http://www.lutin-userlab.fr/

D'autres caractéristiques essentielles de notre cerveau sont à considérer, comme le « Change Blindness », ou plus précisément la difficulté que nous rencontrons à percevoir le changement dans une image. Elle a mettre en relation avec la vision préattentive qui « imprime » une image, et dont le changement est difficile à percevoir en cas de légère modification. Prenons l'exemple de R. Spence. Il nous faut quelques secondes avant de repérer le changement du fond de l'image, l'œil est obligé de scruter partie par partie de l'image pour analyser les différences.

Figure 42 - Exemple d'image pour illustrer le "Change Blindness"

Ces différentes caractéristiques de l'esprit humain font l'objet de recherches qui mettent en évidence que nos processus d'acquisitions sont complexes, comme le montre la carte schématisée du cerveau d'un macaque en figure 25 (p.110) de ce chapitre. Ignorer ces principes reviendrait à renoncer à l'évolution des interfaces cognitives.

Test de vision Change Blindness, vidéo 20 à 23.

Les vidéos montrent des différences entre 2 images. Il nous faut quelques instants, plusieurs secondes, pour remarquer les changements. Sur la vidéo 23, il faut se concentrer sur les joueurs qui se lancent une balle.

Lorsque nous parlons de visualisation, nous ne pouvons ignorer les caractéristiques innées de notre cerveau, et les travaux engagés depuis un dizaine d'années donnent raison à l'idée que si nous comprenons comment les mécanismes visuels sont connectés à nos capacités cognitives, on pourra alors envisager de penser nos interfaces d'une autre manière, trouver d'autres paradigmes, ou encore inclure dans la boucle conceptuelle la représentation visuelle.

3.5. Conclusion

Cette partie théorique apporte des éléments conceptuels pour la mise en œuvre de solutions qui sont proposées au chapitre suivant.

Nous sommes partis du structuralisme comme heuristique pour tenter de créer un parallèle entre les définitions de structures issues des sciences sociales et les structures informatiques. Nous avons abordé une boucle structurelle où nous passons d'une structure interne générant des structures externes pour être réinterprétée par des structure internes à l'être humain au travers de son percept le plus développé qu'est la vision. Les différents cheminements que nous avons présentés mettent en avant un principe qui consiste à mettre en valeur les relations entre les éléments, surtout lorsque les relations sont implicites, à savoir non exprimées sémantiquement, mais existent dans le formalisme. La transparence s'exprime alors dans ce respect de reproduire les liens qui unissent les éléments d'une structure pour tendre vers une absence de distorsion du sens, car c'est dans la « qualité » que se jouera cette continuité, cette transparence. L'identification des invariants que représentent les concepts et les relations, reste la clé de la continuité du sens lorsqu'ils devront être spatialisés afin d'être visualisés. Les phases de propagation des structures ne sont plus des phases de distorsion, mais deviennent des phases de conservation du sens se reposant sur la propagation des invariants.

Chapitre III : SOLUTIONS

Solutions pour le projet Medialex

1. Introduction

Le chapitre II a posé théoriquement les bases pour mettre en œuvre ce que nous avons appelé la transparence cognitive en partant du formalisme de départ pour le transcrire visuellement et ainsi propager la connaissance. Nous allons désormais aborder les solutions que nous proposons pour le projet Medialex afin de mettre en œuvre cette transparence cognitive en partant de notre modèle ontologique, qui est le formalisme dans notre cas, pour arriver à la génération des licences qui ont été expliquées au chapitre I.

La mise en œuvre de solutions pose le problème du choix et de la méthode et doit se justifier pour éclairer notre démarche. Nous n'aborderons pas la question de la construction de l'ontologie différentielle qui, dans le projet Medialex, concerne l'UTC et fait l'objet d'une thèse. Nous prenons l'ontologie comme entrée de manière à « transporter » le sens, la connaissance vers l'utilisateur. Le but principal est la génération des licences, et nous devons passer par plusieurs phases avant d'atteindre ce but. Ce sont ces différentes phases qui vont être développées ici.

Première phase

Il est nécessaire d'entrer en relation avec l'utilisateur afin qu'il puisse créer une licence. Cette mise en relation doit prendre corps sous la forme d'une interface ou d'un programme mettant en œuvre ce dialogue. Comme tout programme interactif, il sera sujet aux contrôles, à la validation. Cette licence sera alors considérée comme une licence générique, ne pouvant être exploitée directement sous cette forme. Elle pourra être sauvegardée, puis modifiée.

Deuxième phase

A partir de la saisie des licences, qui est sauvegardée sous la forme d'une licence générique, nous devons générer les licences dans le REL cible qui, pour le moment sont XrML & ODRL. Ce passage de la licence générique à la licence cible implique une transformation sémantique et structurelle. La transformation sémantique n'est pas concernée par ce travail et c'est l'UTC qui en a la charge, seules les transformations structurelles seront considérées ici. Mais c'est surtout la transparence cognitive de ce passage structurel qui nous intéressera.

Voici le schéma du processus général que nous allons traiter :

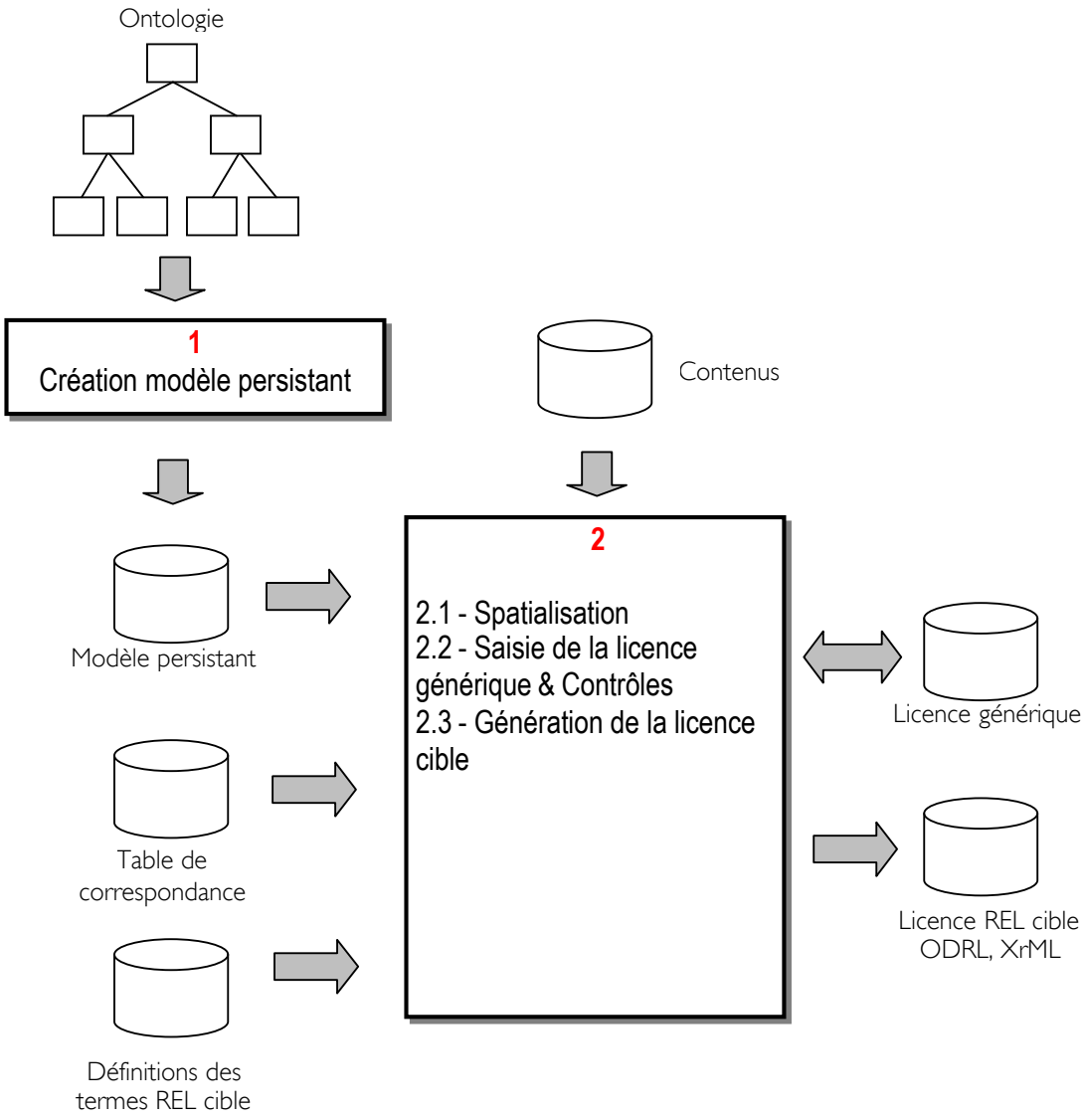


Figure 43 - Schéma général du processus de construction des licences

Réserve : Le Chapitre III ne traite pas des problèmes liés à l'interactivité et à sa problématique, mais tente plutôt d'aborder des problèmes lié à la visualisation comme étant le principal percept cognitif.

2. Ontologie, dialogue et traduction

2.1. Ontologie comme formalisme

L'ontologie du projet Medialex est une ontologie différentielle juridique qui possède 2 caractéristiques principales : décrire le domaine de l'univers des licences et décrire un modèle d'action pour la génération des licences.

Comme nous l'avons dit dans l'introduction, nous ne détaillerons pas le processus de création de l'ontologie, mais nous pouvons en rappeler les avantages classiquement connus pour notre projet :

- une hiérarchisation des concepts en créant une relation de dépendance entre concepts, c'est-à-dire une subsomption des catégories, dont la dépendance est « est un » et qui reste sémantiquement pas aussi simple qu'il n'y paraît et qui devra être explicité à l'utilisateur,
- un engagement sémantique pour définir les termes, attestés par la communauté du domaine,
- un engagement sémantique devant lever toute ambiguïté à l'aide de la sémantique différentielle (F. Rastier *et al.*, 1994),
- une représentation de la connaissance qui permet son traitement automatisé par les ordinateurs et qui reste interprétable par l'homme directement,
- un standard de représentation qui ouvre des perspectives d'intégration vers d'autres ontologies et donc une capitalisation de l'effort,
- un maillage de relations entre concepts, donnant une richesse sémantique inexistante dans les autres conceptions, laissant une grande expressivité.

Le formalisme ontologique fournit des primitives que nous allons exploiter pour construire notre application. Il s'agit des éléments recevant les concepts et les relations hiérarchiques entre ces éléments. On parlera alors de concepts et de relation. Il existe toutefois une autre forme de relations, appelées relations sémantiques entre les concepts. Ces relations sont à l'origine de notre modèle d'action pour la construction de notre futur dialogue.

Examinons le formalisme ontologique : ses concepts et ses relations.

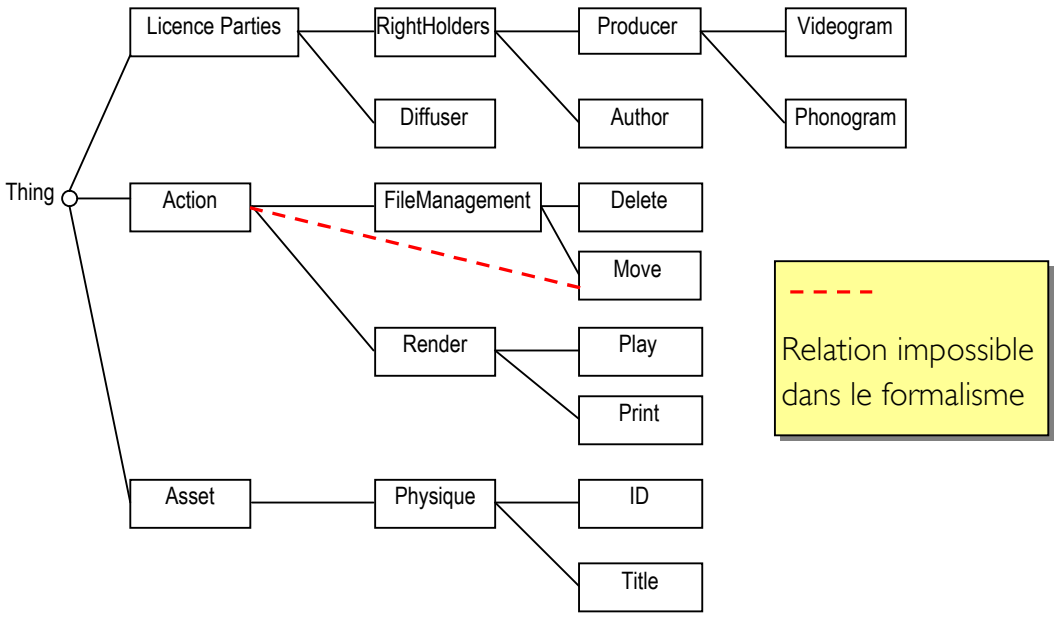


Figure 44 - Représentation du formalisme ontologique (horizontale)

Prenons l'exemple ci-dessus en figure 44 comme référence pour explorer le formalisme.

On constate que nous avons un nœud racine, nommé « thing », qui n'est pas un concept. Les concepts de premier niveau sont reliés à l'entité « thing ». Les concepts de niveau inférieur sont également reliés entre eux. Comme pour tout arbre, il n'existe pas de boucle de retour d'un concept vers un concept de niveau supérieur à celui de son ascendant direct, comme par exemple « move » vers « action ».

La représentation graphique proposée ici est tout à fait empirique et ne repose sur aucune préconisation. Ce formalisme aurait pu tout à fait être organisé dans le sens de la verticale comme dans l'exemple de la figure suivante. Ce que nous devons retenir est la construction de la structure ontologique, ou en d'autres termes la conservation des primitives : concepts et relations.

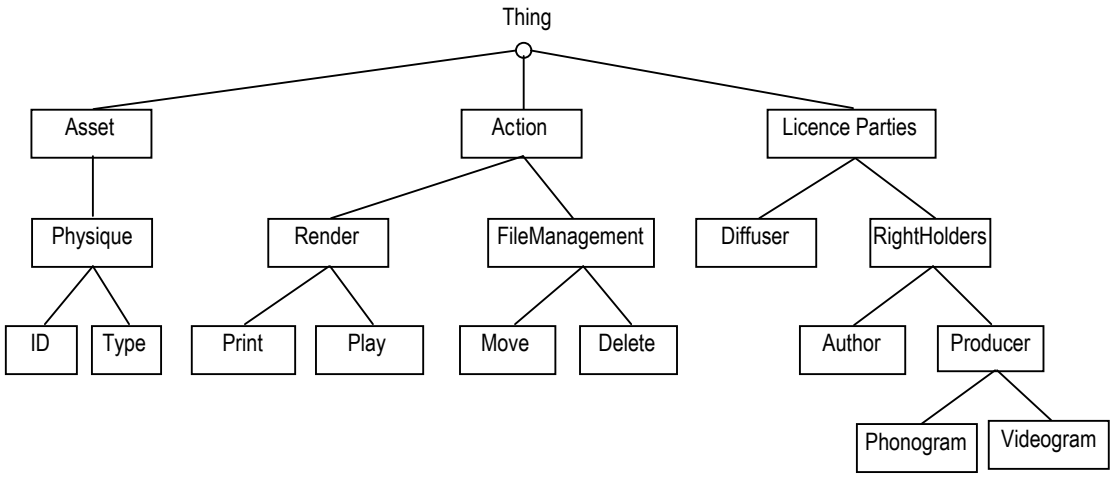
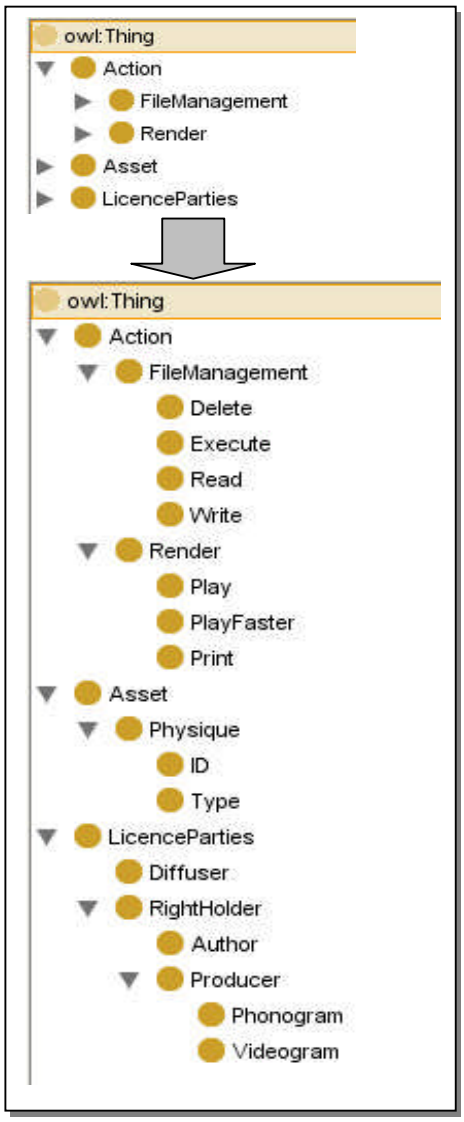


Figure 45 - Représentation du formalisme ontologique (verticale)

Le formalisme ontologique se représente également dans les outils de conception d'ontologie comme Protégé[71] (*Standford University*). L'indentation symbolise ici la relation hiérarchique au même titre qu'une visualisation de système de fichier, et propose un raffinement visuel qui, à l'aide de flèche permet de savoir s'il existe des concepts descendants pour un concept donné.

Cette représentation verticale est la plus usuelle et la plus simple pour une organisation spatiale des concepts et des relations.



[71] http://protege.stanford.edu/

Représenter visuellement, comme nous l'avons fait en figure 44 (p.198), arrive immédiatement aux limites spatiales de représentation et nous contraint d'éviter cette solution pour déplier un arbre ontologique possédant de nombreuses branches. Il est donc préférable de trouver des solutions par indentations pour que la structure ontologique soit lisible. Cette solution revient à créer la carte mentale dont nous parlions plus haut. Il existe d'autres solutions graphiques de visualisation dans Protégé, où l'ontologie est graphiquement reproduite comme en figure 46.

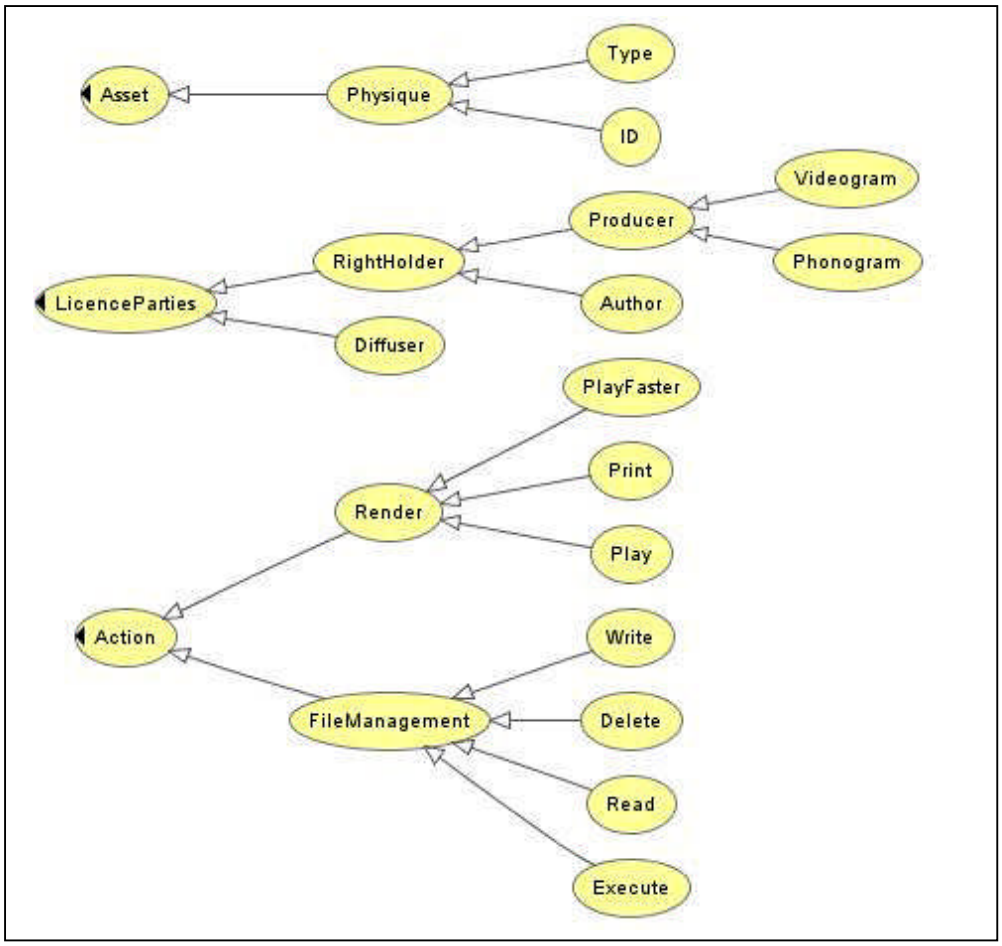


Figure 46 - Représentation graphique dans Protégé

Alors pourquoi avoir besoin d'une visualisation spatialisée, alors que l'ontologie est lisible par indentation ? Il va être difficile d'apporter une réponse précise à cette question car, comme nous l'avons vu, nous n'avons pas à notre disposition de modèle empirique permettant de prouver que la représentation par indentation est cognitivement moins performante qu'une représentation spatialisée avec une réification des relations (flèches entre les concepts). Ne pouvant apporter de solution définitive, qui est de plus soumise à la contrainte de la volumétrie, la spatialisation possède un meilleur rendement car les liens visuels sont réifiés, matérialisés par la ligne et fournissent une « carte » générale qui permet une navigation beaucoup plus aisée. Les indentations trop nombreuses brouillent rapidement la vision pour arriver à une confusion visuelle.

La seconde étape est l'apport des relations sémantiques dans l'ontologie. Elles sont matérialisées par une relation entre deux concepts dans l'exemple de la figure 47 ci-dessous.

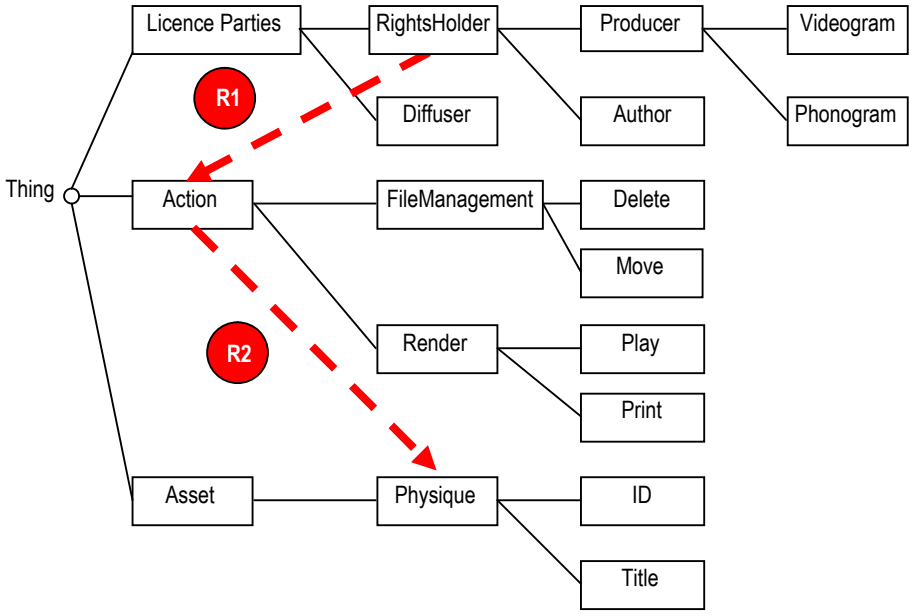
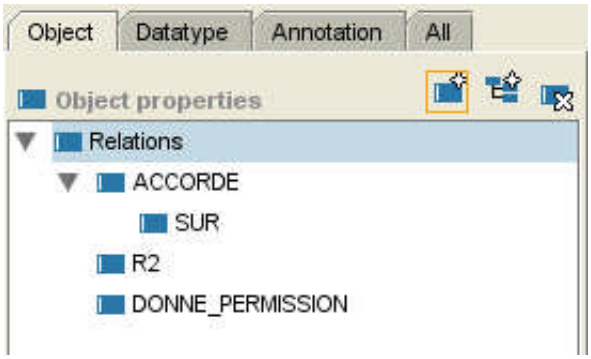


Figure 47 - Représentation du formalisme ontologique (relations sémantiques)



Les relations sont également organisées en hiérarchie (arbre)

Deux arbres formels viennent donc construire une ontologie : l'arbre des concepts et l'arbre des relations sémantiques. Viennent s'adjoindre aux arbres des propriétés dont nous discuterons plus loin.

2.2. Passer à une idée de dialogue

Si l'ontologie nous sert d'outil conceptuel de formalisation, elle ne prescrit pas ce que nous pouvons en faire puisqu'elle décrit le monde dans une réalité construite.

Notre idée est de conserver l'ontologie comme un référentiel de concepts uniques, qui devra rester sémantiquement constant tout au long de la chaîne de diffusion. Cette position, qui ressemble tout à fait à un parti pris de départ, est une heuristique pour proposer une approche différente dans la construction d'un dialogue avec l'utilisateur.

Pour construire notre dialogue, nous nous appuyons uniquement sur l'ontologie et sur l'engagement sémantique pris en amont. Cet engagement, qui est partie intégrante des principes d'élaboration d'une ontologie (Bachimont, 2000) et dont le résultat est l'ontologie elle-même, doit alimenter notre idée de transparence cognitive en propageant ce que, sémantiquement, l'ontologie déclare. Prendre les concepts, le nom des relations, les annotations ou commentaires tels quels à partir de l'ontologie, c'est garantir à la conception une continuité jusqu'à l'utilisateur. On peut rapidement opposer cette démarche à celle d'une conception classique. Dans une conception classique, il est fréquent que les tâches soient séparées, comme la conception d'une

base de données, puis la création des traitements, etc. Créer une application revient donc à passer par plusieurs phases de réalisation dont chaque passage est potentiellement générateur involontaire de bruit ou de distorsions, ces distorsions étant dues à une mauvaise analyse, à un manque de documentation, à l'absence du concepteur, etc. Il donc nécessaire de reconstruire le sens pour créer à partir d'informations peu faibles. Pour contrer ces faillites du sens, une idée déjà expérimentée dans les systèmes experts serait de « confier » le sens qui permet la construction de l'application à l'ontologie ; celle-ci deviendrait alors le support d'une connaissance qui serait indépendante du domaine cible.

On ne sait pas, par exemple, quelles sont les méthodes de développement des REL XrML et ODRL. Un schéma conceptuel d'ODRL nous indique une conception objet et un simple schéma fonctionnel XrML ne nous en dit pas plus sur les méthodes employées. Peu importe, car ils agissent de manière conventionnelle pour construire les REL que nous venons de citer. Décrire le monde dans une phase de conception n'est pas identique à décrire le monde d'un point de vue de la connaissance dans l'ontologie. Notre idée est donc de changer de position quant à la conception d'une application à partir de l'ontologie. Au lieu de recréer une application à partir de l'ontologie en désolidarisant l'ontologie de l'application cible, nous proposons que l'ontologie soit porteuse des règles de construction de l'application à l'aide des primitives existantes. Il s'agit alors du modèle d'action de la construction du dialogue pour la génération des licences.

La construction du dialogue est donc le but de l'application cible, mais les règles de construction sont édictées par l'ontologie elle-même, issue de la conception.

Comme nous l'avons décrit, ce sont les relations sémantiques qui devront être exploitées pour construire ce dialogue, et qui devront être reprises pour être affichées sur l'écran de l'utilisateur. Dans cet engagement, nous restons conformes à notre but de transparence cognitive, qui consiste ici à respecter l'engagement pris en amont.

Par exemple, en figure 47 (p.201) l'ontologie comporte 2 relations sémantiques R1 et R2. Si nous devions construire l'application sans utiliser les informations de l'ontologie, nous pourrions construire comme bon nous semble le dialogue avec l'utilisateur, soit en partant du nœud racine, soit en ne prenant que les concepts feuilles. De plus, quel ordre devrions-nous logiquement adopter pour construire ce dialogue ? Difficile de croire qu'il existerait une documentation pour donner un ordre de construction du dialogue, puisque dans l'ontologie il n'existe pas d'ordre, de tri, seuls les concepts ou les relations se retrouvent devant d'autres concepts ou relations dans l'arbre visionné sur un outil comme Protégé. Cet ordre n'a pas de valeur en soi

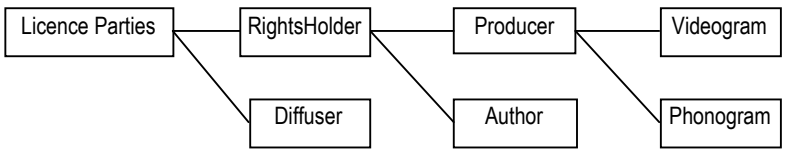
car il n'est pas issu de principes de conception. Si nous prenons désormais les relations sémantiques comme étant les descripteurs d'une construction d'un dialogue, alors nous savons en premier lieu que les relations partent d'un concept situé dans l'arbre pour arriver vers un autre concept dans l'arbre. (appelés Domaine et Range dans Protégé). La propriété de ces relations est de s'appliquer à tous les descendants du concept de départ et du concept d'arrivée. R1 s'applique à RightHolders et à tous ses descendants et s'applique à Actions et à tous ses descendants, ainsi Producer (branche RightHolders) aura une relation R1 avec Delete (branche Actions).

2.3. Construire le dialogue avec l'utilisateur

Si nous reprenons l'exemple simplifié de notre ontologie en figure 47 (p.201), nous pouvons relier nos concepts entre eux par des relations pour donner un sens aux actions à mener pour construire une licence. Par exemple, les ayants droit doivent émettre des droits d'utilisation, ou encore des restrictions d'usage, pour un type particulier d'œuvre. Un détenteur de droits « Right Holder » accorde des droits de jouer « Play » et d'imprimer « Print » pour une œuvre unique « ID ». Cette simple construction met en œuvre plusieurs principes :

- les relations sémantiques entre concepts ont un sens qui partent du « Domaine » vers un « Range », elles sont donc orientées,
- les relations s'appliquent à tous les descendants des deux extrémités de la relation,
- les relations ne sont pas forcement un verbe d'action, mais peuvent être une préposition comme « sur », « vers », etc.

Pour que l'utilisateur puisse générer une licence, il doit agir et entrer au clavier un nom ou une valeur ou encore indiquer son intention en opérant une sélection ; il interroge ainsi la notion d'instance clonant le concept en éléments du réels. Le concept « RightsHolder » par exemple, ne désigne pas nominativement quelqu'un puisque ses concepts descendants vont le qualifier de manière précise.



Le concept « Videogram » est l'enfant de « Producer » et de « RightsHolder » et c'est donc bien sur le concept « Videogram » que l'utilisateur agira et entrera une donnée pour créer une instance. Les concepts parents sont alors présents pour préciser ce que recouvre le terme « Videogram ». Le principe adopté est de donner en zone de saisie les concepts feuilles ou concepts terminaux de l'ontologie, les concepts parents étant présents pour préciser le sens. Cette position n'est pas une règle absolue, car si nous éprouvions la nécessité de la changer, un simple paramétrage suffirait pour donner accès aux concepts parents, c'est une convention.

Pour instaurer un dialogue, il est donc nécessaire de générer une spatialisation qui portera à l'écran un chemin de lecture pour construire le sens, créant ainsi une image ou une carte dans l'esprit de l'utilisateur et une interaction pour dialoguer au travers des règles.

Pour construire dynamiquement l'interface utilisateur, nous passons par trois étapes préliminaires :

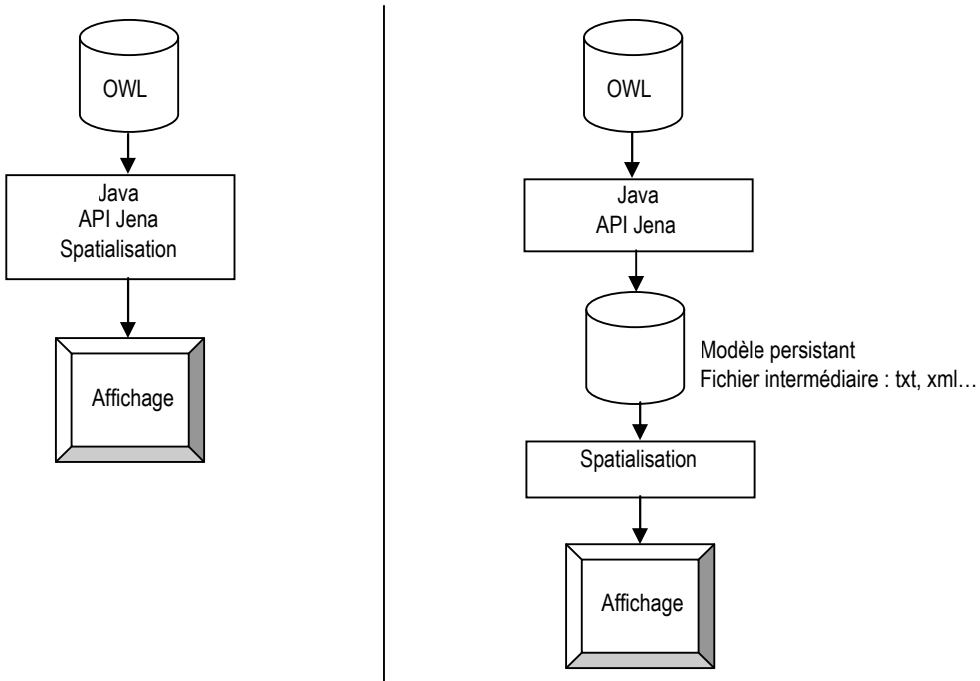
- mise en place d'attributs exogènes dans l'ontologie pour la construction de l'interface,
- l'exportation de l'ontologie en fichier OWL (*Ontology Web Langage*),
- création d'un modèle persistant pour construire l'interface.

Précisons que l'ontologie ne peut être une représentation stable des connaissances, surtout lorsqu'elle est construite sur un domaine qui se renouvelle en fonction de l'évolution de la société qui, dans le cas du projet Medialex, s'appuie sur les lois et le marché. Il est nécessaire d'envisager une ontologie qui évoluera dans le temps et de penser à la génération des licences et à leur propagation en tenant compte de ces évolutions. Cette constatation implique, dans les phases de développement classique d'une application, une modification de la dite application en cas d'évolution, car les écrans de saisie sont des objets statiques qu'il faut modifier par une intervention manuelle humaine. Les systèmes basés sur une construction dynamique des interfaces sont rares, car posent des problèmes de spatialisation et de contrôles croisés difficilement gérables.

Avant de comprendre pourquoi il est nécessaire d'introduire des attributs exogènes, le choix d'exporter l'ontologie en fichier OWL DL nous permet d'exploiter ce fichier OWL avec des outils et des logiciels standards, mais surtout de conserver la richesse expressive de l'ontologie, même si nous n'exploitons pas tous les raffinements du OWL DL dans la construction de notre dialogue. Rappelons que OWL est un

format de fichier récent puisqu'il fut recommandé par le W3c en 2004[72]. Nous ne discutons pas ici des caractéristiques de OWL, nous exploitons sa sémantique et sa syntaxe pour construire notre dialogue.

Pour élaborer notre modèle applicatif, au moins deux manières d'exploiter l'ontologie peuvent être envisagées pour construire l'interface : la première est qu'une seule application lise l'ontologie à partir du fichier OWL et effectue ensuite un travail de spatialisation des informations en tenant compte des attributs (détaillés plus loin) ; la seconde manière est de scinder en deux parties ce processus pour isoler en premier lieu la création d'un modèle persistant de l'ontologie et en second lieu créer le programme de gestion de la spatialisation et du dialogue. La seconde solution a été retenue pour que le programme de gestion soit plus performant. Le programme de gestion n'a plus qu'à interpréter les lignes où se trouvent toutes les informations nécessaires à la construction de l'interface. Ce n'est plus un travail de reconstruction de l'ontologie, mais uniquement d'interprétation du programme de spatialisation.



Solution 1 **Solution 2**

Concrètement, pour construire l'interface qui servira de modèle de dialogue, il faut partir des relations (Object Property). Pour réaliser cette opération, nous nous appuyons sur les API (*Application Program Interface*) de Jena[73] (Laboratoire HP) dont

[72] Spécifications de OWL : http://www.w3.org/2004/OWL/

[73] http://jena.sourceforge.net/

les classes procurent un ensemble de méthodes pour explorer et exploiter une ontologie. Les API Java de Jena FrameWork procurent une boîte à outil complète pour lire l'ontologie à partir des classes, des Objects Properties (Relations) ou des DataType Property (Propriétés). Malheureusement, lorsque les API de Jena FrameWork lisent l'ensemble des Objects Properties, la liste retournée ne correspond pas à l'ordre dans lequel nous l'avons saisie dans l'éditeur d'ontologie Protégé. Cette caractéristique est primordiale car tout se base sur la construction sémantique des relations dont la suite logique est donnée par la conception pour donner un sens à la construction spatialisée. Cet ordre émane de la conception et n'est pas le fruit du hasard ; il est le résultat du modèle d'action devant être implanté lors la construction du dialogue avec l'utilisateur. La spatialisation de l'information doit avoir un sens, puisque nous lisons du haut vers le bas (de manière habituelle) notre écran pour le construire. L'ordre des relations à donc une grande importance et nous oblige à entrer dans l'ontologie des attributs exogènes qui seront interprétés par nos programmes. Cette prise de décision qui paraît étrange, voire incongrue, est une résolution d'un problème qui se présente, et théoriquement n'a aucune incidence directe sur la structure ontologique puisque la solution est intégrée dans la structure formelle ontologique.

Nous utilisons les RDFS:comment des Objects Properties pour codifier l'ordre de construction en entrant le mot « PRIOR#xx » (tout autre terme étant possible) où xx est le numéro d'ordre d'affichage partant du haut vers le bas de l'écran. Ainsi, sur la première relation que nous voulons voir apparaître, nous devrons ajouter un RDFS:comment à la relation : `<RDFS:comment>PRIOR#01</RDFS:comment>` (syntaxe OWL) et ainsi de suite pour les relations suivantes. Ces attributs sont alors interprétés pour mettre les relations dans l'ordre désiré.

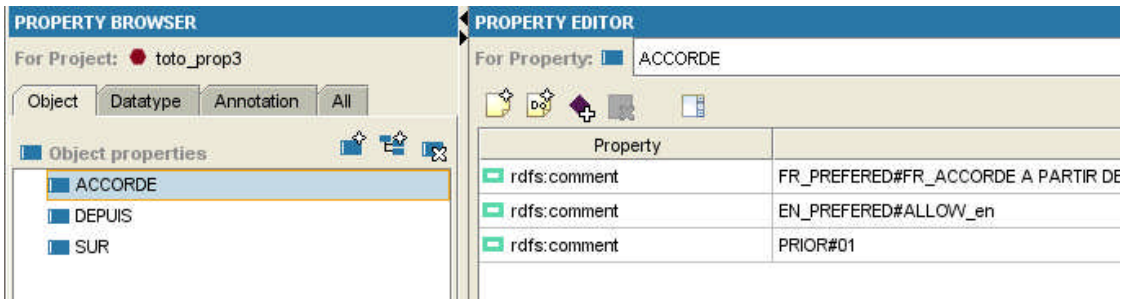


Figure 48 - rdfs:comment dans Protégé pour les ObjectProperties

Le code OWL de la relation « ACCORDE » entre 2 concepts avec l'introduction d'un commentaire rdfs.

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="ACCORDE">
    <rdfs:subPropertyOf>
    <owl:ObjectProperty rdf:ID="L0"/>
    </rdfs:subPropertyOf>
    <rdfs:range rdf:resource="#Action"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#LicenceParties"/>
   <rdfs:comment rdf:datatype= "http://www.w3.org/2001/XMLSchema
   #string"
    >PRIOR#01</rdfs:comment>
  </owl:ObjectProperty>
```

Une deuxième raison nous oblige à enrichir l'ontologie de ces informations. Les relations sémantiques qui unissent les concepts sont identiques ou différentes des relations qui serviront à la construction de l'interface. Elles peuvent être identiques, mais cela laisse une liberté de construction à notre application si nous souhaitons les différencier. Cet acte presque anodin nous prouve que stocker une représentation dans un modèle réutilisable génère des questions quant à la manière de la construire et de la réinterpréter. Pour élucider l'impossibilité de reconstruction ordonnée des Objects Properties, la réponse se trouve dans le fait que les relations ou arbres de relations n'ont pas d'entité supérieure « Thing » et donc ne se rattachent à rien.

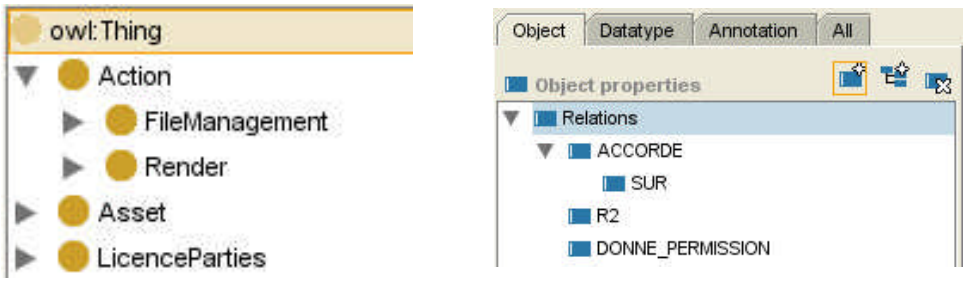


Figure 49 - Les relations ne possèdent pas d'entité Thing

Précisons maintenant le mécanisme de construction. La relation, ou Object Property, part du Domaine vers un Range. En premier lieu, il faut lire tous les concepts enfants à partir du Domaine et vérifier qu'il n'existe pas de relation partant de ses concepts enfants. Si nous rencontrons une nouvelle relation, il faut alors repartir de

cette nouvelle relation pour lire le Range cible, lire tous les concepts enfants de cette nouvelle relation et, ensuite reprendre la lecture des concepts suivants lorsque l'on sort de cette nouvelle lecture. Il s'agit alors de relations intriquées illustrées en figure 50. Il faut répéter cette même opération de lecture pour le premier Range lu, lire tous les concepts enfants et détecter de nouveau toutes les relations intriquées.

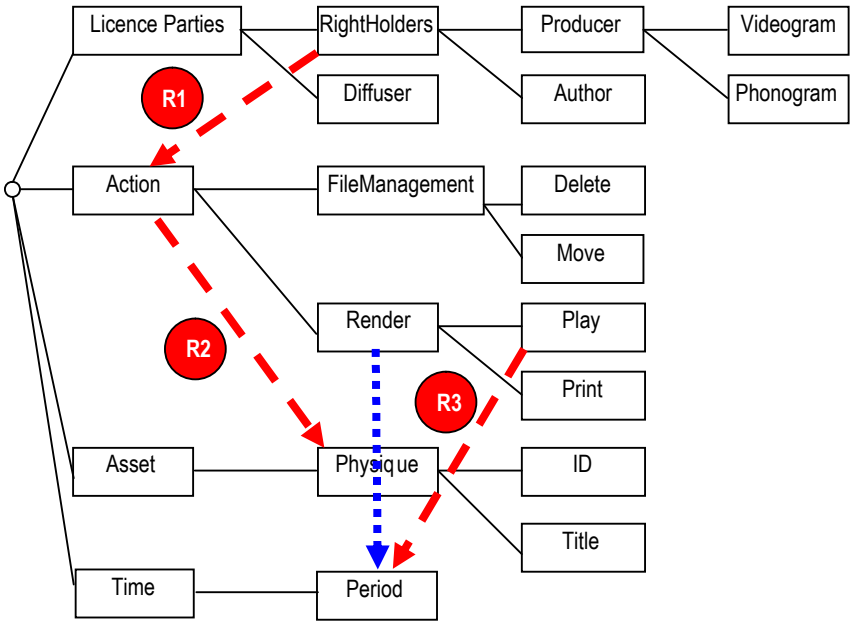


Figure 50 – Lecture des relations intriquées

Pour chaque concept nous devons vérifier s'il fait l'objet de DataType Property et, suivant notre proposition, il ne peut concerner que les concepts feuilles ou terminaux. Pour que l'utilisateur puisse indiquer sa volonté de sélectionner un concept, on se trouve devant deux situations distinctes et complémentaires pour lui signifier cette possibilité :

- le concept ne possède pas d'attribut et nous lui donnons la possibilité de le choisir à l'aide d'une case à cocher,
- le concept possède des attributs (DataType Property) et donc un type de donnée qui se transforme à l'écran par une zone de saisie : String, Integer, Float, Date, etc.

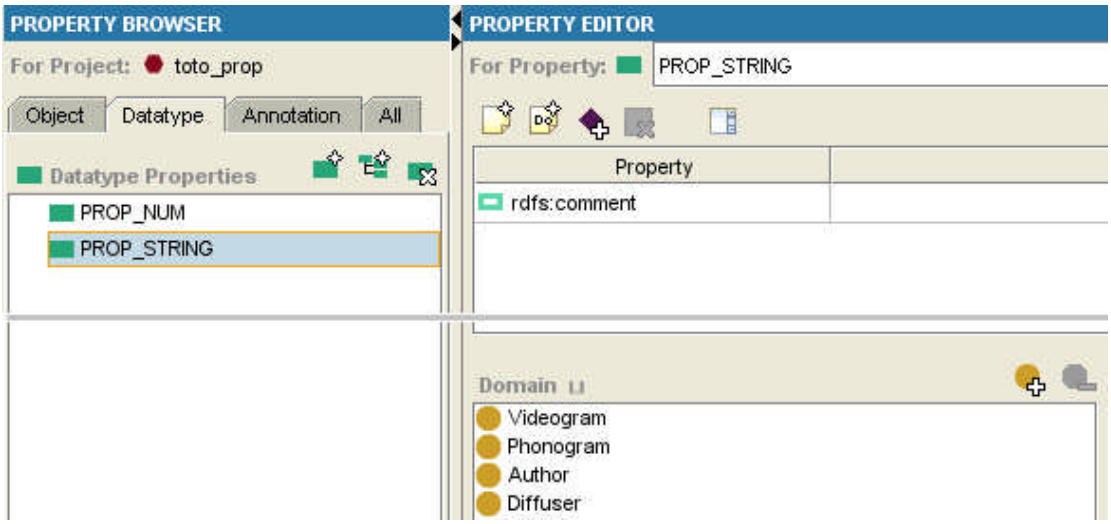


Figure 51 - DataType Property dans Protégé

Pour illustrer notre propos, sans pour le moment préjuger du résultat, spatialisons les relations et les concepts comme indiqué dans l'exemple de la figure 52 (p.211). Nous voyons que nous pouvons choisir « Play » sans pour autant choisir une période, ce qui implique qu'il n'existe pas de limite dans ce cas.

L'intrication pose le problème de reconstruction du sens lors de l'affichage pour que l'utilisateur puisse identifier clairement ce qui se passe. Le premier cas pourrait se nommer en « cascade », c'est-à-dire que la relation terminale d'une première relation est le départ d'une autre relation comme par exemple en figure 50 (p.209), « Action » est la terminaison de la relation R1, mais est aussi le départ de la relation R2. Ce cas de figure se traduit visuellement comme illustré en figure 52, à savoir que l'ensemble des concepts de départ de la relation se retrouve affichés dans un premier bloc visuel, lié par la relation pour afficher en second l'ensemble des concepts du Range. La relation est elle-même affichée pour préciser sémantiquement le lien.

Le deuxième cas concerne les relations intriquées. Si une nouvelle relation est rencontrée lors de la lecture des concepts enfants de la première relation, cela signifie que cette nouvelle relation concerne, comme nous l'avons vu, tous les enfants du concept de départ. Cela implique directement que chaque concept est en relation avec l'ensemble des concepts de la deuxième lecture et doit se répéter autant de fois que nous lirons les concepts de la première relation.

Si la relation R3 de la figure 50 représentée en bleue (ou petit tiret entre Render et Period) avait été construite ainsi, nous devrions retrouver cette répétition à l'écran en figure 53 (p.211). Mais comme cette relation est intriquée à la première, elle peut être simplifiée pour réduire le chemin sémantique pour ne considérer que les feuilles de cette relation, ce que nous retrouvons dans la figure 54 (p.211). Cette simplification

apporte une lecture beaucoup plus aisée, mais opacifie les concepts parents de cette relation qui devraient préciser le sens. Plusieurs parades peuvent venir aider l'utilisateur pour lever toute ambiguïté : déplier les concepts spatialement à sa demande pour voir l'intégralité de la relation, ou bien encore, afficher dans une bulle les parents sous forme d'arbre au passage de la souris sur un concept. Si la simplification allège la charge visuelle, il ne faut pas perdre la richesse expressive de l'ontologie, donc de sa complétude sémantique.

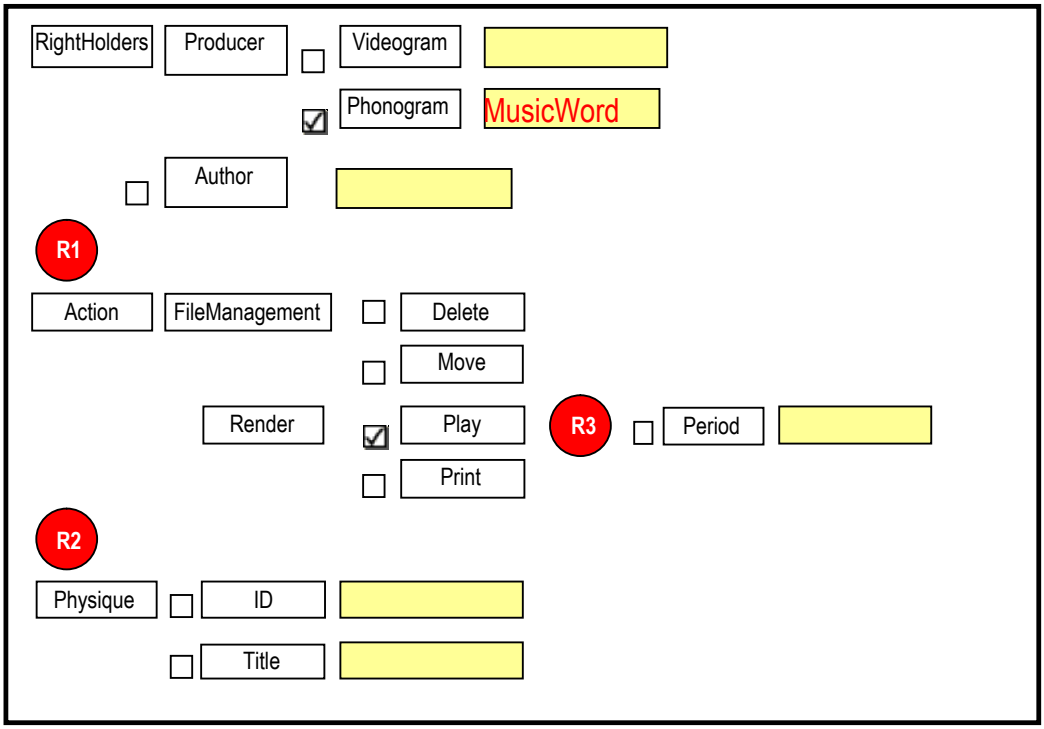


Figure 52 – Spatialisation **Zone de saisie**

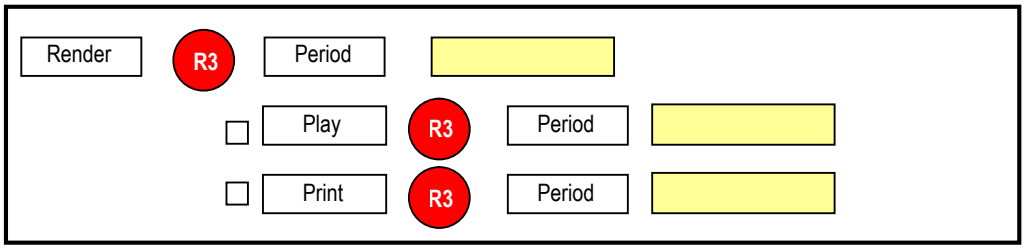


Figure 53 - Spatialisation d'une relation intriquée avant simplification

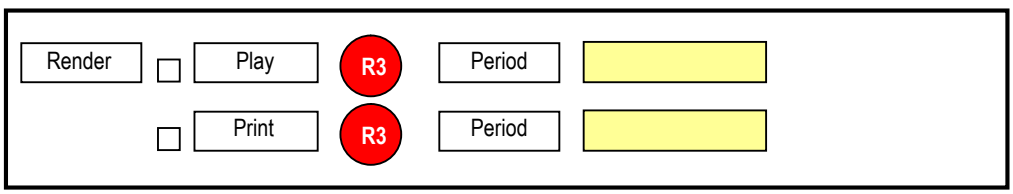


Figure 54 - Spatialisation d'une relation intriquée après simplification

Par extension, le même raisonnement peut être appliqué à la relation première. La simplification peut également s'opérer en amont en n'affichant que les concepts terminaux. Cette solution n'est pas possible sémantiquement, car nous ne pourrions pas préciser alors l'appartenance des concepts, par exemple « Play » est dans la branche « Render » et non « FileManagement ». Il paraît donc difficile de soustraire sémantiquement l'origine du concept terminal pour éviter une confusion de sens.

Contrôles

Les contrôles unitaires sont hérités du type de la propriété ou DataType Property. Ces propriétés peuvent être String, Integer, Float, Date, etc. A ce stade, il est impossible de contrôler au-delà du type de propriété, car si nous voulions saisir que les dates supérieures à 1999, il faudrait alors le programmer dans l'application qui gère la saisie. L'ontologie ne fournit pas de règles pour contrôler les données et c'est en fonction du domaine cible que les contrôles doivent être implantés.

De plus, il n'existe pas de contrôles croisés lors de la saisie, afin de vérifier le contenu d'une zone en fonction du contenu d'une autre zone. Là aussi, il faut intervenir directement dans le programme de saisie des licences.

Termes préférés

On utilisera les termes préférés pour afficher les concepts lors de la spatialisation. L'ontologie est enrichie des principes différentiels en utilisant l'éditeur DOE (*Differential Ontology Editor*), puis sont migrés vers Protégé (Editeur d'ontologie) en conservant les principes différentiels. Cette étape relève du travail de l'UTC. Ces principes différentiels seront affichés lors de la spatialisation pour aider les utilisateurs à assimiler le sens des concepts en enlevant toute ambiguïté. Nous respectons ainsi ce que nous avons décrit plus haut, insistant sur le fait que l'ontologie reste le référentiel conceptuel et que l'interface respecte sémantiquement les termes de l'ontologie sans interprétation du sens. Comme pour indiquer l'ordre d'apparition des relations, les termes préférés sont indiqués dans un commentaire RDFS. De manière arbitraire et tout à fait modifiable, les termes préférés sont codés dans un RDFS:comment commençant par « FR_PREFERED# ».

Important : Dans l'interface utilisateur, les concepts seront affichés avec leur définition du terme préféré.

Principes différentiels

Les principes différentiels issus de la conception dans l'éditeur DOE, sont migrés vers Protégé (Travail UTC) et récupérés pour être exploités dans notre dialogue. Comme pour les Objects Properties et les termes préférés, les principes différentiels sont stockés pour chaque concept dans un commentaire RDFS commençant par « DIFF# ». Ces termes seront disponibles lors du dialogue utilisateur dont le but est lever toute ambiguïté sur le sens du concept dans le domaine cible (Rastier *et al.*, 1994).

Alt

Comme pour le Web, un texte venant dans une info bulle vient enrichir la signification. Cette info bulle est détachée des concepts ontologiques pour être à la disposition du concepteur. Son utilisation est donc totalement libre. Cette info bulle s'affichera en passant la souris sur le concept. Comme pour les autres principes ci avant, le texte info bulle sera stocké dans un commentaire RDFS commençant par « ALT# ».

Multi-Langue

Nous gérons 4 langues possibles pour l'ontologie. Cette prise de position multi langue est simple d'implantation puisqu'il suffit de préfixer le commentaire du code langue pour la gérer. Les codes langues sont :

- FR (Français),
- EN (English),
- L3 (code langue disponible),
- L4 (code langue disponible).

Voici un exemple en figure 55 (p.214) de codification pour le concept « Print ».

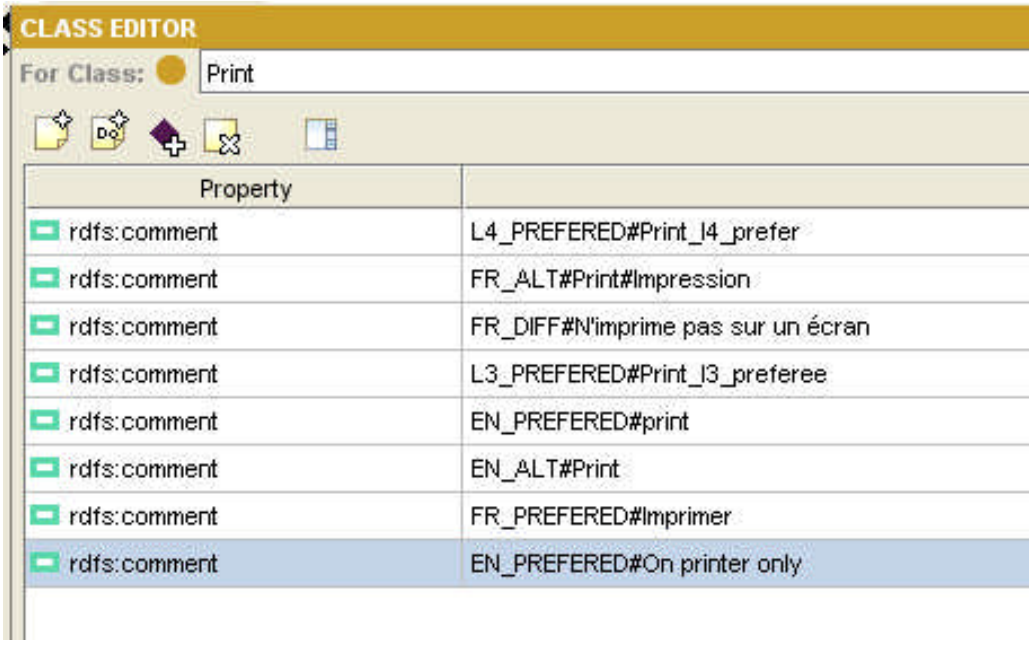


Figure 55 - Exemple de RDFS comment pour le concept "Print"

Code langue	Code action	Code ontologie
FR	PREFERED DIFF ALT	FR_PREFERED# FR_DIFF# FR_ALT
EN	PREFERED DIFF ALT	EN_PREFERED# EN_DIFF# EN_ALT
L3	PREFERED DIFF ALT	L3_PREFERED# L3_DIFF# L3_ALT
L4	PREFERED DIFF ALT	L4_PREFERED# L4_DIFF# L4_ALT

Codification des rdfs:comment pour chaque type d'action

2.4. Programme Java : OWL et les API Jena (HP)

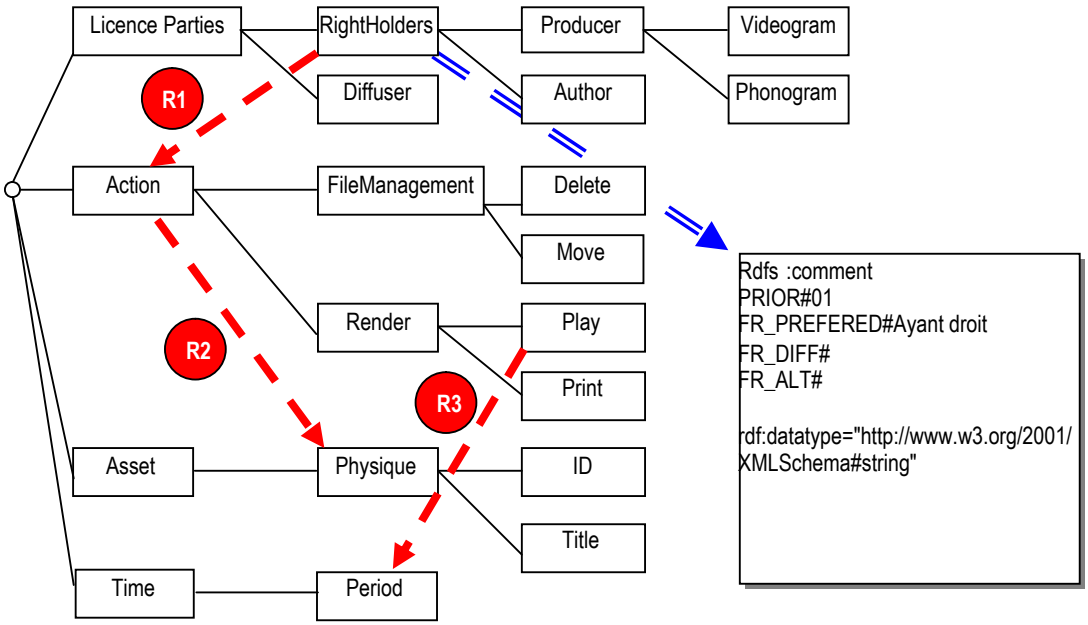
Pour construire notre dialogue, nous devons passer par 2 phases de développement. La première est l'extraction à partir de l'ontologie pour générer un fichier exploitable, nommé modèle persistant, pour créer le dialogue utilisateur ; la seconde phase est la création du programme générant la spatialisation dynamiquement avec ses règles de contrôle.

Détaillons la première phase.

Nous avons vu précédemment que nous avions eu recours aux API Java du Framwork Jena du laboratoire HP. Ces API sont mises à disposition de manière libre et sans garantie, mais la documentation est faible et il n'existe pas de support officiel pour leur utilisation. Il s'agit d'un projet de recherche pour l'exploitation des fichiers OWL. Notre objectif est d'exploiter la structure ontologique pour la transformer dans un autre modèle à des fins de construction d'un dialogue. Cette utilisation de l'ontologie n'est pas courante et nous n'avons pas trouvé d'équivalent aujourd'hui.

Nous devions trouver un moyen d'accéder à l'ontologie sous la forme d'un fichier OWL, et trouver le moyen de l'exploiter afin d'obtenir des résultats en fonction de requête, comme par exemple : lister tous les concepts descendants de « Render » ou bien encore lister tous les Objects Properties de l'ontologie. Seules les API Jena répondent à cette souplesse car elles sont directement programmables dans le langage Java. Le langage Java s'est donc imposé comme langage de développement.

En d'autres termes, le but est de transformer la structure ontologique en une structure exploitable pour créer notre dialogue.



Pour schématiser les différents attributs d'un concept, on voit sur la figure précédente que le concept « RightHolders » possède des commentaires RDFS et un type String.

Chaque concept possédera ou non ces attributs.

Processus de construction

1- Lire les relations ou Objects Properties et lister le concept de départ, d'arrivée, et ses attributs.

```
ExtendedIterator extP = model.listObjectProperties();
```

(Instruction Jena pour lister l'ensemble des Objects Properties)

2 - Trier les relations dont l'ordre à été indiqué par PRIOR#xx,

3 - Construire la liste de toutes les relations Domaine-Range triée en mémorisant pour chaque concept ses commentaires et attributs (rdfs),

4 - Lire la liste triée et, en partant du domaine de départ, lire tous ses descendants,

5 – Vérifier, lors de la lecture des concepts descendants, l'existence d'une relation intriquée,

6 - S'il existe une relation intriquée, créer une nouvelle instance du programme et recommencer au point 4 à partir du concept de la nouvelle relation,

7 - Lire le concept du Range d'arrivée et lire tous ses descendants,

8 – Vérifier, lors de la lecture des concepts descendants, l'existence d'une relation intriquée,

9 - S'il existe une relation intriquée, créer une nouvelle instance du programme et recommencer au point 6 à partir du concept de la nouvelle relation,

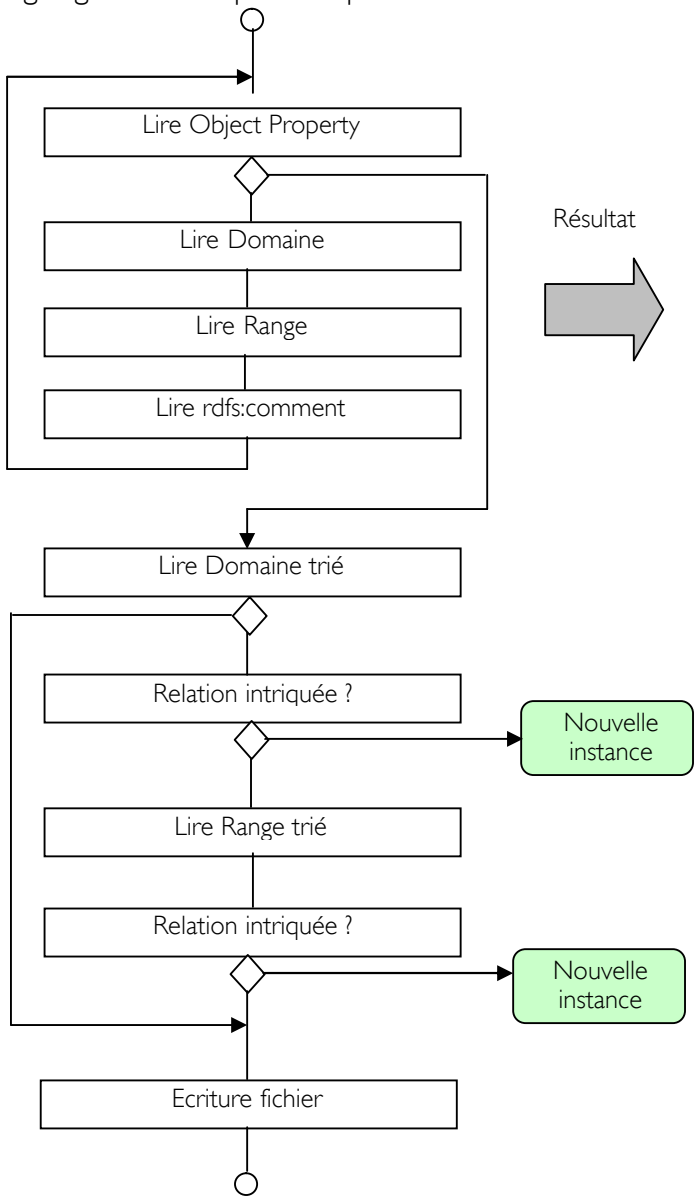
10 - Revenir au point 3 pour continuer la lecture des Object Property.

Property Name	**Type**	**Domaine**	**Range**
Accorde	Object	RighHolders	Render FileManagement
Sur	Object	Play Play Faster Peint	Physique
PROP_STRING	Data	Videogram Phonogram Author Diffuser	String
PROP_Num	Data	ID	Int

Figure 56 - Récapitulatif des Propriétés

La difficulté de la reconstruction vient essentiellement du caractère expressif de l'ontologie qui permet de partir de 1 à n domaines vers 1 à n Range possibles. Par exemple « RightHolders » s'applique à « Render » et à « FileManagement » pour la relation « Accorde ».

Organigramme simplifié du processus de construction



Résultat

Tri des concepts	
Domaine	Range
D1	R1
D1	R2
D2	R1
D3	R1
D3	R2
D3	R3

Les informations nécessaires à la construction du dialogue sont écrites dans un fichier texte, mais pour des raisons de standards, il serait intéressant de l'écrire en XML, bien que ce fichier ne soit dédié à la communication entre nos 2 programmes.

Informations nécessaires à la construction du dialogue :

Zones	Comment
C	Concept ou Relation (C – R)
00	N° ordre (00-99) pour indentation
N	Node ou Leaf (N – L)
Data Type	DataType si Leaf (String-Int-Long-Date…)
Nom	Nom du concept ou Relation
Nom Préféré FR	Nom préféré Français
Nom préféré EN	Nom préféré Anglais
Nom préféré Langue3	Nom préféré Langue 3
Nom préféré Langue4	Nom préféré Langue 4
Différentiel FR	Principe différentiel Français
Différentiel EN	Principe différentiel Anglais
Différentiel Langue3	Principe différentiel Langue 3
Différentiel Langue4	Principe différentiel Langue 4
Alt FR	Aide FR
Alt EN	Aide FR
Alt Langue3	Aide Langue3
Alt Langue4	Aide Langue4

Figure 57 – Description du fichier pour la spatialisation

Diffusion de l'application

D'une manière générale, une application ou un programme diffusé est souvent un exécutable qui a été développé dans un langage standard du marché, et peut être en Java, nécessitant l'installation de la machine virtuelle. L'objectif de notre application est d'être dynamique en construisant l'interface au moment de l'appel du programme, s'appuyant sur les descripteurs spatiaux du fichier. L'avantage d'une telle solution est que nous ne modifions pas l'application, mais uniquement les « ordres » de construction de l'interface. La construction étant dynamique, il suffit de changer le fichier pour changer l'interface, ce qui évite toute modification du programme. Cet aspect idéaliste implique comme nous l'avons vu pour les contrôles des limites à cette technique, car il suffit d'ajouter des contrôles croisés pour que le programme fasse l'objet de modifications. L'idée principale est de démontrer le caractère dynamique de la construction de l'interface pour palier l'évolution de l'ontologie.

La construction d'un dialogue à partir de l'ontologie s'avère possible mais amène des restrictions dans la construction des relations. La principale démonstration réside dans le fait que nous déportons la conception de la construction du dialogue vers l'ontologie pour qu'elle devienne le seul univers de référence, créant ainsi une rupture avec les conceptions classiques. Analysons cette différence d'approche.

Voir code Java de la génération sur le DVD, documents 3 à 8

2.5. Spatialiser le dialogue

En nous basant sur une ontologie pour créer une application dont la génération de l'interface est dynamique, nous devons définir ce que voudrait dire conception, et ce que voudrait dire réalisation. Nous sommes tous habitués à croire que la réalisation d'une application est indissociable de cette forme canonique. ODRL, par exemple, passe par une phase de conception orientée objet, et passe ensuite à un modèle de développement pour fournir une application donnant une réalité tangible à la conception. Dans notre cas, l'ontologie procure par essence un ensemble de primitives logiques et non logiques exploitables. Ce sont les primitives logiques que nous exploitons pour la construction de notre modèle de dialogue.

Revenons sur le principe. Lorsqu'il est nécessaire de créer des applications interactives, le développement va figer, en quelque sorte, le processus de conception. On constate alors que les informations concernant la spatialisation de l'information n'existent pas au niveau de la conception et sont laissées à la discrétion du programmeur de l'interface. Rien ne peut donc prédire comment l'interface sera construite, quelles informations seront affichées, dans quel ordre, quelles couleurs, quelle typo etc. Les libellés sont souvent interprétés par manque de place à l'écran, ils sont réduits, tronqués, modifiés. Il n'existe pas de méthode, de recommandation précise sur cet aspect cognitif qui devrait s'harmoniser avec la conception.

L'ontologie applicative que nous proposons s'appuie sur un tout autre paradigme d'exploitation de la conception. Au lieu de nous appuyer sur des techniques de développement standard pour générer un modèle transactionnel, nous nous appuyons sur le caractère dynamique de l'ontologie pour construire une interface qui se base sur les primitives de l'ontologie, à savoir la hiérarchie des concepts et les relations sémantiques. Nous n'exploitons pas la calculabilité ou la décidabilité de l'ontologie, mais nous utilisons l'ontologie comme descripteur d'une connaissance qui se transforme en une représentation visuelle à l'aide des relations, à l'image d'un système de règles. Il existe donc *de facto* une relation entre la structure de représentation de la connaissance et sa représentation visuelle, posant ainsi la question du formalisme visuel que sont les nœuds, souvent représentés par des rectangles ou des ronds, les

arcs orientés représentés par des traits, ou encore la hiérarchie qui se visualise souvent par un décalage spatial des concepts, héritant ainsi d'une métaphore déjà ancienne dans l'informatique.

Pour traduire cette représentation des connaissances en un modèle de représentation visuelle, il faut donc transformer la structure formelle de départ afin de la spatialiser. Elle devra être alors un modèle cognitif simple et acceptable pour l'utilisateur, ou, pour être plus précis, faire appel à son stockage cognitif pour lui éviter un apprentissage.

Les relations entre les éléments, les objets, les concepts sont décrites de façon plus ou moins accessibles, intelligibles pour les concepteurs ou les développeurs. Les relations sont souvent cachées ou enfouies ou tentent de forcer l'évidence chez celui ou celle qui aura à les mettre en œuvre. Aller chercher les relations qui unissent les données dans un modèle objet n'est pas simple, et trouver les relations d'une base de données relationnelles implique quelques efforts. En s'appuyant sur une relation sémantique ou encore sur une primitive logique (formelle) dont le sens s'exprime lors du typage, on s'appuie sur une connaissance qui servira de descripteur à la construction de la représentation visuelle, dégageant ainsi les contraintes liées à l'interprétation du formalisme. Le tableau ci-dessous tente de résumer les liens explicites ou implicites de quelques structures informatiques.

Ontologie	**Conception Entité Relations & Traitements**	**Conception Objet**
Relations internes à la structure	Relations de la structure inaccessibles	Relations internes
Accessible et lisible par un être humain	Relations portées par le concepteur ou dans un fichier de spécifications	Inaccessibles et non lisibles
Calculable par définition interne	Calculable par définition externe	Calculable par définition externe

Figure 58 - Relations dans les conceptions

Cette description des relations, des liens, ne fait qu'affirmer la relation en la décrivant, mais ne prescrit pas son organisation pour une restitution visuelle. L'organisation visuelle est donc tout à fait interprétable en fonction de paramètres qui sont, de toute évidence, l'intelligibilité de la structure représentée. L'effort consiste à trouver la représentation qui permet le passage du formalisme à la représentation.

Spatialisation de la structure formelle

L'ontologie se représente graphiquement, à la fois comme un arbre et comme un treillis, l'arbre étant la caractérisation de la hiérarchie de concepts et le treillis comme étant la caractérisation des relations entre les concepts. L'arbre devient réseau si nous rencontrons des concepts définis i.e l'ornithorynque est un mammifère qui pond des œufs, c'est-à-dire qu'il est mammifère et ovipare (famille des monotrèmes) si l'on considère cette taxinomie de concepts.

Les ontologies issues des réseaux sémantiques (Quillian, 1968) et des frames (Minski, 1974), représentées visuellement par des graphes conceptuels (Sowa, 1984), tentent de s'approcher des mécanismes de notre mémoire et de ses mécanismes d'inférences, tout en qualifiant ce que sont les choses par des propriétés.

Les graphes conceptuels fournissent un mécanisme visuel pour comprendre un réseau sémantique et ouvrent la possibilité d'agir dessus, à la fois physiquement et mentalement, car ce rechargement en mémoire visuelle utilise les mêmes mécaniques de synthèse visuelle qu'une cartographie.

Pourquoi ? Tout simplement parce que la spatialisation va mettre en relation des éléments visuels qui ne pourraient être mis en évidence par des techniques purement textuelles, comme nous l'avons vu au chapitre II, générant malgré tous les efforts de départ, des connaissances qui échappent au formalisme lui-même.

C'est une des voies essentielles de la cartographie : donner à voir, c'est donner à penser, mais c'est surtout à connaître au-delà de ce qui est consenti, prévu, analysé, maîtrisé. Peut-on découvrir autre chose, quelque chose de plus précis, de plus synthétique, des relations qui échappent au concepteur : en un mot, c'est une évidence pour toute personne ayant expérimenté des synthèses visuelles sous forme de carte ou d'autres formes.

Dans un autre sens, on représente visuellement ce que l'on tente de représenter (la connaissance), mettant ainsi en place des mécanismes visuels importants pour travailler sur une image mentale que l'on se crée. Il suffirait, par exemple, d'inverser le haut et le bas d'un graphe pour que la lecture en soit plus difficile et pour prouver ainsi que la spatialisation a un intérêt donc.

Lors de la lecture d'un graphe, nous visualisons les relations et la phrase qui donne le sens se reconstruit automatiquement en nous. Nous percevons alors un mécanisme d'extraction de la signification (Bloom *et al.*, 2003). Ce mécanisme d'interprétation est donc inhérent à la structure de représentation et ne passe pas par des pré-phases de codification incompréhensibles pour l'homme. Nous avons une relation directe à la structure de représentation qui est à la fois la structure devant recevoir la projection du monde transformée en une réalité, mais aussi la représentation du monde que l'on redonne à voir et à utiliser. Contrairement à certaines formes de représentation de la connaissance, ce qui est formalisé peut être lu et interprété sans codification ou reconstruction du sens. Par exemple, une base de données est très difficilement lisible sans outils de requête ou d'interrogation formatée.

Se basant sur ces principes, il est donc aisé de reprendre la structure de départ pour la propager telle quelle vers l'utilisateur, car elle s'appuie sur des mécanismes simples qui sont cognitivement acquis, la plupart du temps, grâce à des représentations connues, comme le File Système d'un ordinateur, même nous constatons des différences visuelles entre systèmes ne remettant pas en cause ici la relation d'inclusion (répertoire et sous-répertoire). Dans le cas de l'ontologie, la relation « est un » est très vite assimilée et ne peut être un frein car la notion d'arc, orienté ou non, entre deux entités est fortement polysémique.

Il faut également déterminer ce qui est à représenter visuellement, pour que l'utilisateur puisse créer cette image mentale. La première difficulté est de fournir une synthèse générale des relations entre concepts. Intervient alors un principe ensembliste ou de « clusturisation », regroupant visuellement des ensembles pour les mettre en relation. Il évite la lecture séquentielle pour s'appuyer sur les capacités visuelles du cerveau humain, comme la capacité de lecture préattentive qui permet de détecter des différences de formes ou de nombres en une fraction de seconde, évitant ainsi les phases de conscience. Colin Ware (2004) remarque à ce propos :

> « We can do certain things to symbols to make it more likely that they will be visually identified even after a very brief exposure. Certain shapes or colours "pop out" from their surroundings. The theoretical mechanism underlying pop-out is called pre-attentive processing because, logically, it must occur prior to conscious attention ».

Cette vision rapide est évaluée entre 30 et 300 millisecondes. Colin Ware ajoute :

> « An understanding of what is processed pre-attentively is probably the most important contribution that visual science can make to data visualisation ».

L'idée de cloisonner les ensembles conditionne immédiatement le regard pour le forcer à analyser malgré nous, car si nous ne forçons pas cette fonction, l'utilisateur

devra reconstruire par lui-même ce cloisonnement induit par la relation sémantique qui s'applique à tous les concepts enfants.

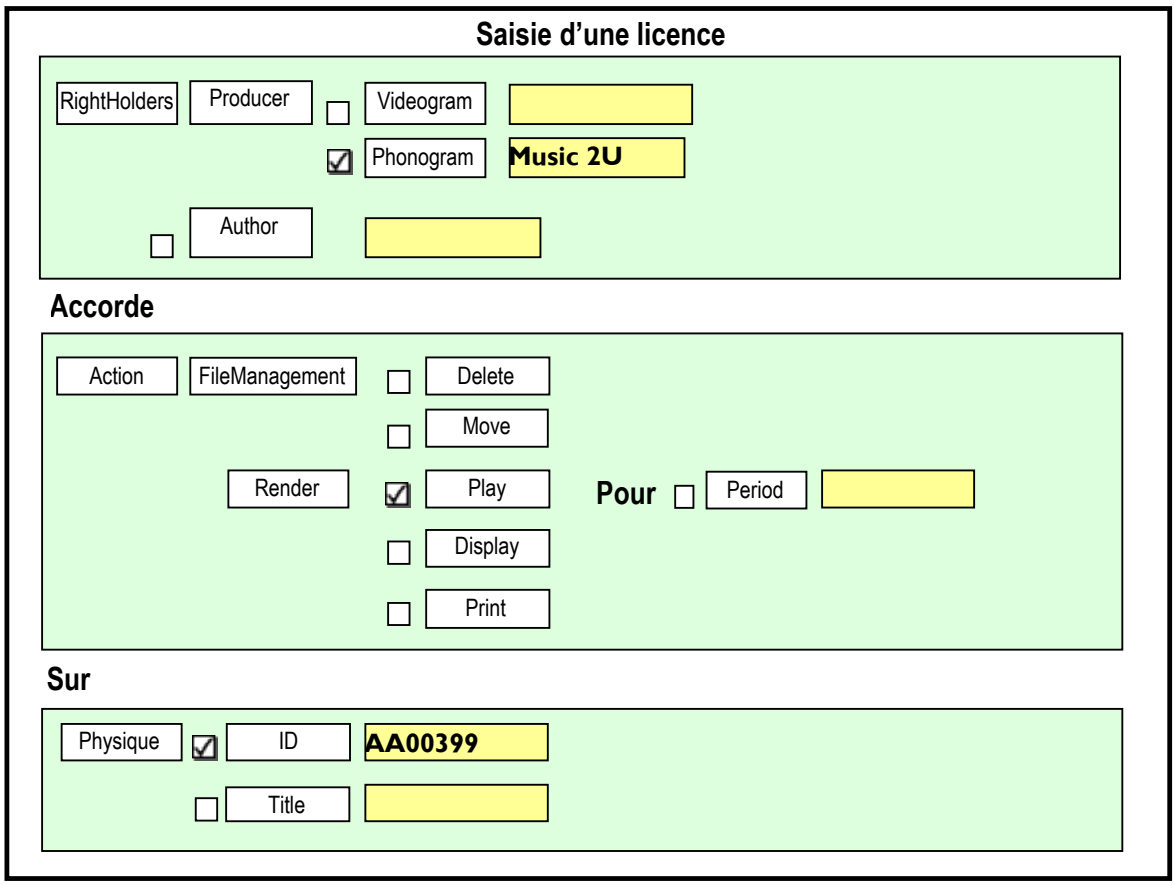


Figure 59 - Mise en œuvre d'un cloisonnement visuel (fonds)

D'autres solutions de spatialisation existent, comme par exemple lister du haut vers le bas les concepts sans utiliser la largeur, ou encore utiliser la même indentation mais en sautant une ligne à chaque niveau de concept comme dans l'affichage d'un système de fichier, voir Figure suivante 60.

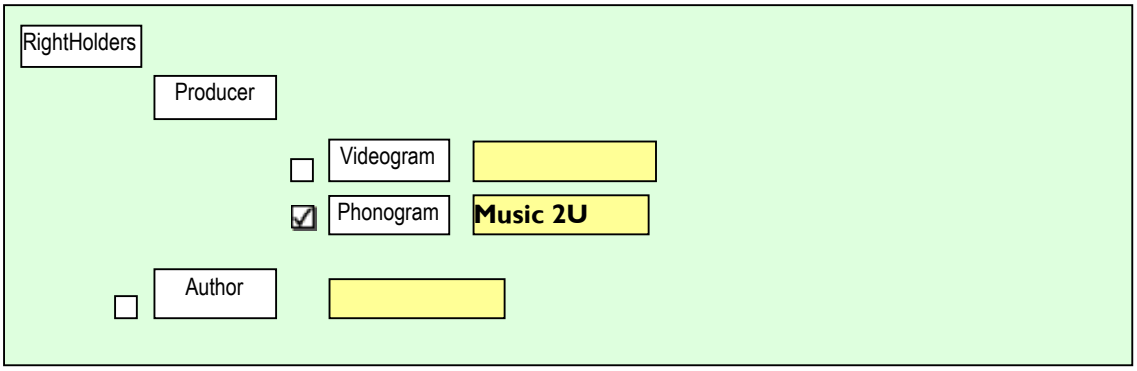


Figure 60 - Indentation avec saut par niveau de concepts

Cette solution est possible mais nous fait perdre un espace représentable et n'apporte rien de plus cognitivement. La représentation hyperbolique ne s'applique qu'aux visualisations, et serait très difficile à utiliser pour la saisie d'information. Il n'existe pas de saisie de donnée dans le mode hyperbolique (à notre connaissance).

Revenons sur l'espace représentable qu'est la surface de l'écran.

Nous ne savons pas, à priori, combien de concepts devront être affichés et par conséquence représente l'intérêt de cette construction dynamique de l'interface. Pour résoudre ce problème de volumétrie des concepts affichables à l'écran, il existe plusieurs solutions possibles :

1. Utiliser les Scrolling (défilements) Haut/Bas et Droite/Gauche, implique une utilisation des ascenseurs à l'aide de la souris ou des molettes sur certaines souris d'ordinateur (ce système n'est pas encore généralisé). Il est nécessaire de distinguer ces 2 types de scrolling qui n'agissent pas de la même manière mentalement, surtout lorsqu'ils sont tous les 2 mis en œuvre dans une application. L'utilisation du scrolling Haut/Bas est la seule à retenir car le scrolling Droite/Gauche amène à la confusion et à la perte de la carte construite mentalement. (Nous n'avons pas de données scientifique sur cette utilisation aberrante du scrolling)
2. Implanter un zoom sur l'espace représentable, comme nous l'avions vu avec l'application de Jim Hollan. Cela pose des problèmes immédiats en cas de saisie d'information, car jusqu'où pouvons-nous descendre le zoom pour que cela reste lisible ?
3. Utiliser la distorsion qui a été suggérée dans les années 80 par Spence & Apperley, dont le nom est « vision bifocale ». C'est une technique de visualisation qui tente de résoudre le problème du focus sur l'information tout en conservant son contexte (voir figure 61).

4. Filtrer lors de l'affichage, ou encore n'afficher que les parties qui seront pertinentes et cohérentes pour la saisie d'informations. Dans notre cas, la branche ou la partie de branche enrichie de ses relations intriquées.

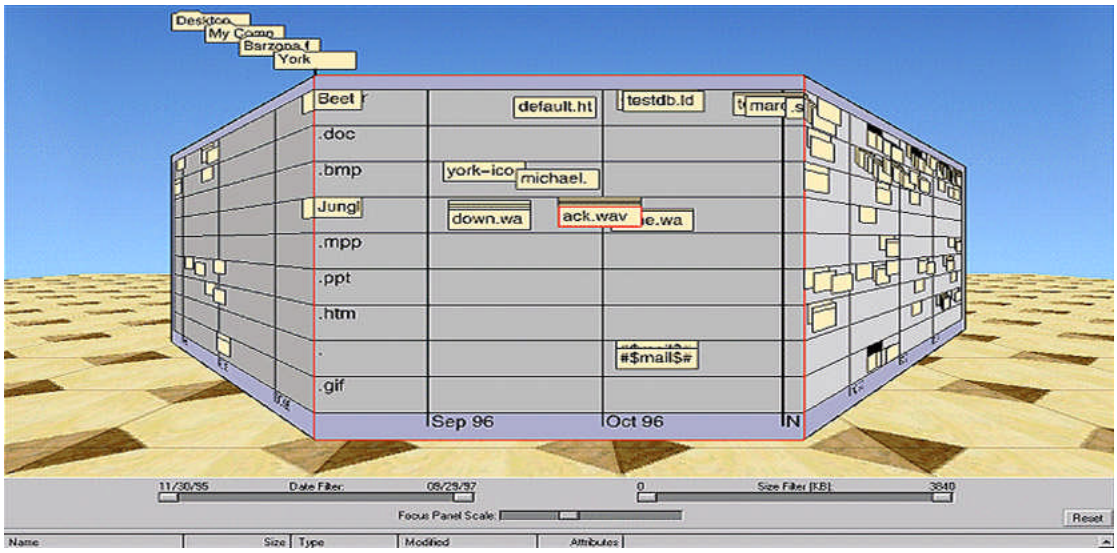


Figure 61 - Perspective wall (distorsion)

Toutes les techniques sophistiquées de visualisation s'adressent uniquement à la visualisation et non à la saisie d'informations. Entrer des données au clavier implique des zones de saisie qui sont spatialement non réductibles pour des questions de lisibilité de ces données.

Comme nous l'avons dit un peu plus haut, indenter les concepts par niveau ne comportait pas d'intérêt cognitif, mais trouve un intérêt afin de spatialiser une plus grande quantité d'information à l'écran sans avoir recours immédiatement à des techniques sophistiquées de zoom par exemple (voir figure 62 p.227)

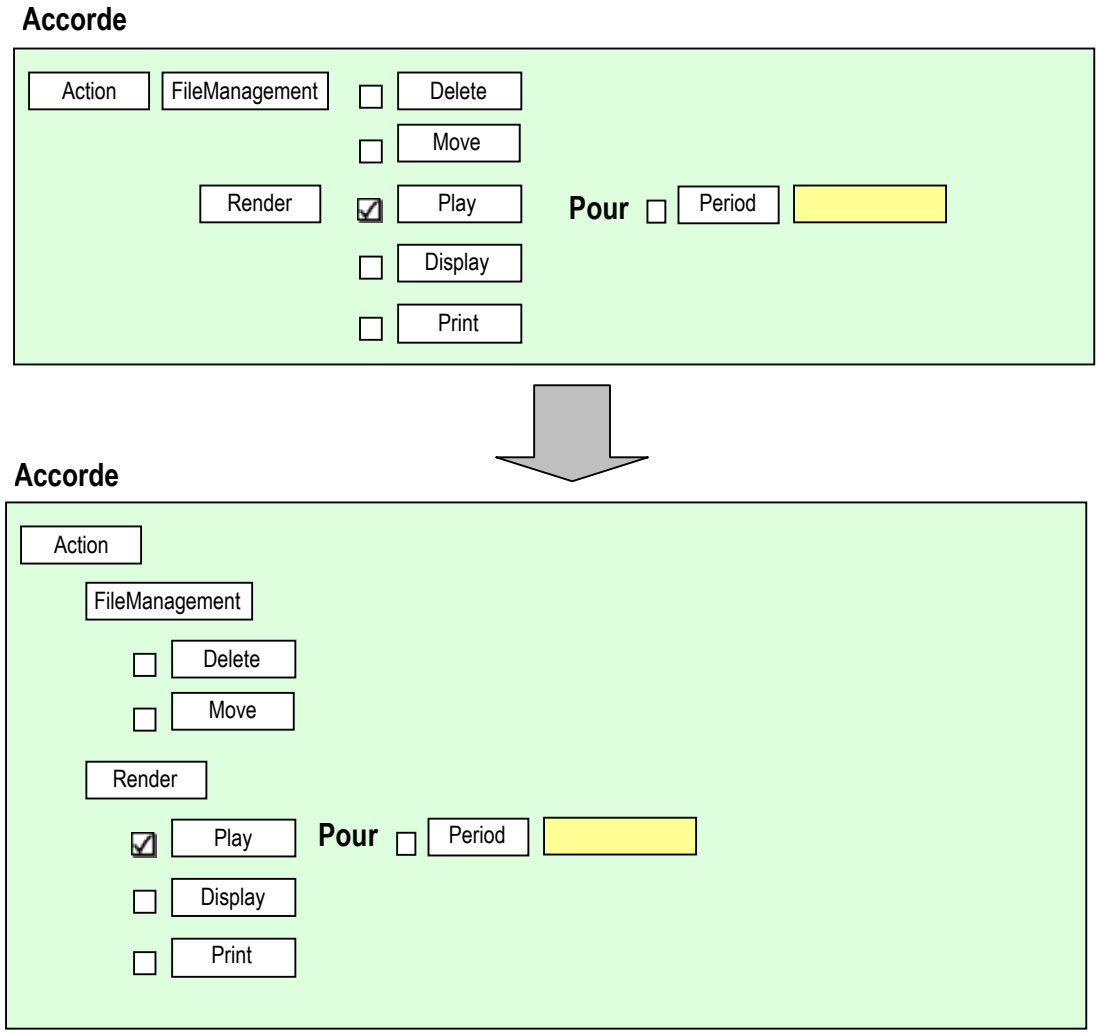


Figure 62 - Spatialisation des concepts par indentation

En conclusion, quelle que soit la technique employée, nous devons garder à l'esprit le principe unique des relations, des liens entre les éléments, ne créant ainsi pas de rupture de sens entre les blocs d'affichage pour ne pas perdre la carte mentale que nous tentons de créer. La visualisation impose des règles de construction qui ne sont dictées par aucune loi, mais par des empirismes forgés sur l'expérience et sur les nombreuses idées ou tentatives que nous avons partiellement énumérées. Sans dévier de notre but qui reste la transparence cognitive, les techniques de visualisation demeurent un domaine peu exploré scientifiquement car nous ne disposons pas de modèle empirique d'évaluation.

2.6. De la saisie à la licence cible

Abordons désormais la deuxième partie de nos solutions, la traduction de la licence générique saisie vers les licences du marché. Nous venons de voir comment saisir une licence générique basée sur l'ontologie. Pour passer de la licence générique à une licence ODRL ou XrML, nous devons traduire les termes ontologiques vers les termes de la licence cible, par exemple, le terme « Print » de la licence générique aura pour équivalence le terme « Print » dans la licence ODRL. L'équivalence des termes est en réalité une composition sémantique pour arriver à sa complétude dans la licence cible. Un concept de l'ontologie aura ou n'aura pas de terme équivalent dans une licence cible. Un concept de l'ontologie ne peut avoir plusieurs termes équivalents dans la licence cible, car sinon, nous serions devant une impossibilité sémantique. Enfin 1 à n concepts peuvent correspondre à un seul terme de la licence cible.

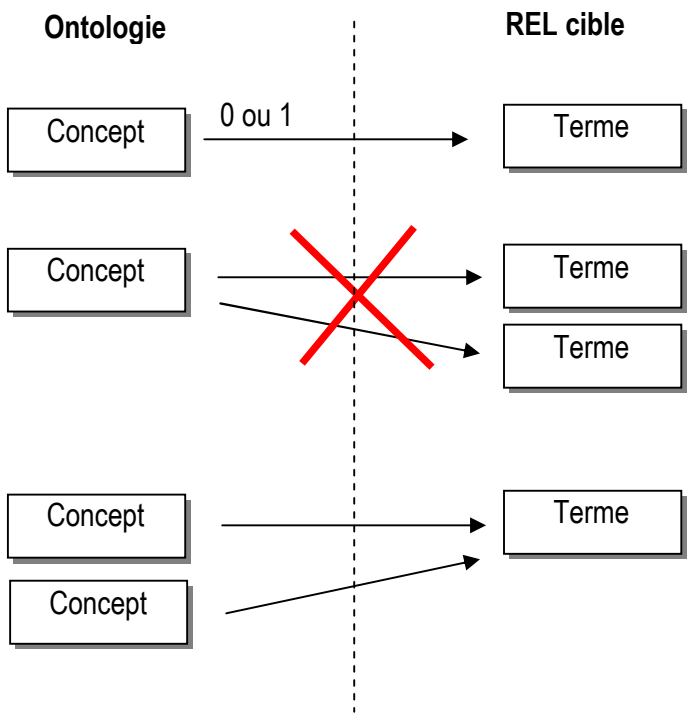


Figure 63 - Equivalence des termes entre ontologie et REL cible

Le travail d'équivalence sémantique ou de traduction est le travail de l'UTC. Nous prenons ici la table d'équivalence des termes pour traiter cognitivement la transparence pour l'utilisateur. Une table d'équivalence simplifiée en figure 64 (p.229) montre les relations sémantiques entre l'ontologie et le REL cible. Cette table représente la solution pour introduire de nouvelles traductions de licences dans des REL différents, ou encore modifier la traduction en fonction de l'évolution des REL.

Standard	Termes	Concepts ontologie
ODRL	Display	Display
ODRL	Play	Play
XrML	Play	Play + Display
ODRL	Print	Print
XrML	Print	Print
ODRL	Duplicate	Duplicate
XrML	Copy	Duplicate
XrML	ExerciseLimit	Count
ODRL	Count	Count
XrML	KeyHolder	User
ODRL	Right Holder	Right Holder
XrML	Principal	License's Party
ODRL	Party	License's Party
XrML	Resource	Resource
ODRL	Asset	Resource

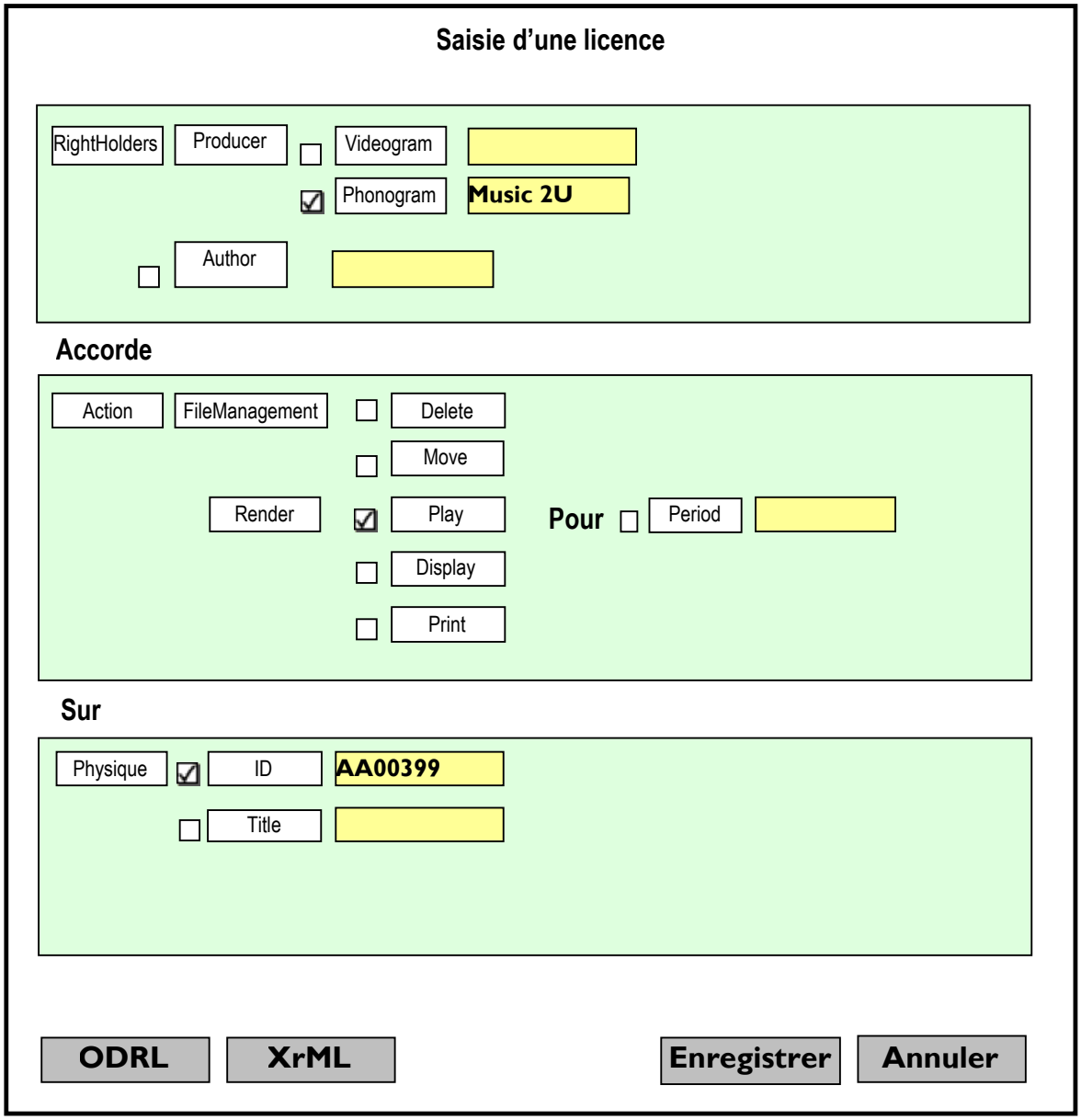
Figure 64 - Table de correspondance ODRL XrML

Nous sommes confrontés à 2 problèmes pour la traduction des licences :

1. Un problème sémantique que nous venons d'évoquer,
2. Un problème de transformation de structure vers les REL cibles.

Commençons par la traduction sémantique et voyons comment nous pouvons aider les utilisateurs dans la génération.

Voici un écran de saisie avec quelques données et nous souhaitons traduire cette licence vers ODRL et XrML.



Pour arriver à traduire la licence, nous devons faire appel à la table de correspondance décrite plus haut. Nous avons coché « Play » et nous voulons le traduire vers ODRL et XrML. Pour ODRL, « Play » est équivalent à « Play », tandis que pour XrML, « Play » doit correspondre à « Play » et à « Display » sur l'écran de saisie, ce qui n'est pas le cas dans cet exemple. La traduction ne peut s'opérer directement sans contrôle et sans confirmation.

Se pose alors la question suivante : si « Play » est coché et que nous voulions traduire cette licence vers XrML, est-il certain que nous voulions dire « Play » dans XrML ou bien voulions-nous dire autre chose ? En d'autres termes, peut-il y avoir des

recouvrements terminologiques de l'ontologie pour définir des termes dans les REL cibles ? Prenons un exemple pour illustrer notre question.

Standard	Termes	Concepts ontologie
XrML	Play	**Play** + Display
XrML	Render	**Play** + Decode

Figure 65 - Conflit terminologique ontologie > XrML

Nous constatons en figure 65 que « Play » définit partiellement 2 termes de XrML. « Play » est donc un terme de l'ontologie qui va définir 2 termes du REL cible, et en reprenant notre saisie, nous voyons que nous sommes dans l'impossibilité de choisir le complément terminologique entre « Display » et « Decode ». Cette situation nous obligerait à afficher l'ambiguïté sous la forme d'un choix à l'écran afin que l'utilisateur confirme le terme cible. Néanmoins, cette situation n'est pas envisagée dans notre projet, ce qui implique qu'un concept de notre ontologie ne peut définir qu'un seul terme d'un REL cible.

Lorsque nous sommes confrontés à une équivalence multiple des termes - un terme du REL cible étant défini par n concepts de l'ontologie - nous ne pouvons pas savoir si le terme cible est défini par des concepts appartenant à la même branche de l'ontologie ou bien si le terme est la résultante de n concepts de banches différentes. Par exemple, Le Terme 1 de la figure 66 (ci-dessous) de XrML est la résultante des termes C12 et C32 de l'ontologie.

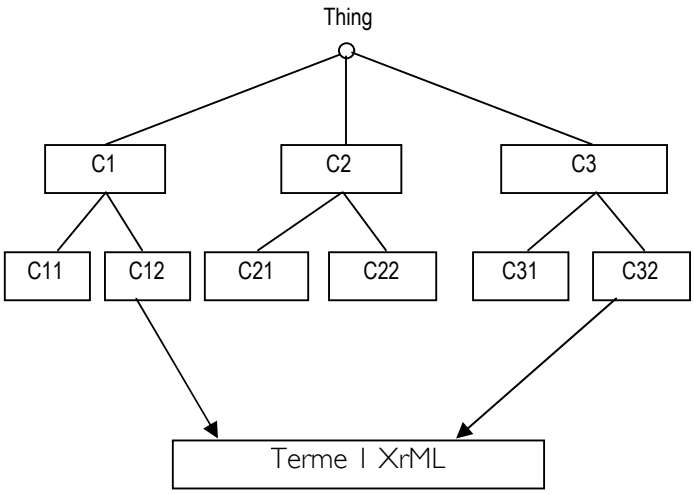


Figure 66 - Les concepts définissant un terme

Cette question est déterminante pour gérer le passage de la licence cible vers les licences des différents REL. Démontrons pourquoi.

Nous avons vu que nous étions contraints par la spatialisation en termes d'espace physique représentable. Ne connaissant pas à priori le nombre de concepts à afficher, il est tout à fait envisageable que l'espace physique affichable puisse être trop petit pour contenir l'ensemble de ces concepts. Le scrolling haut/bas est une première réponse, avant de mettre en place un partitionnement d'écrans qui défilent. Si les concepts qui définissent un terme d'un REL cible se retrouvent très éloignés spatialement, il devient difficile d'indiquer, lors d'un contrôle, que l'utilisateur doit cocher les n concepts attendus. Prenons l'exemple suivant en figure 67.

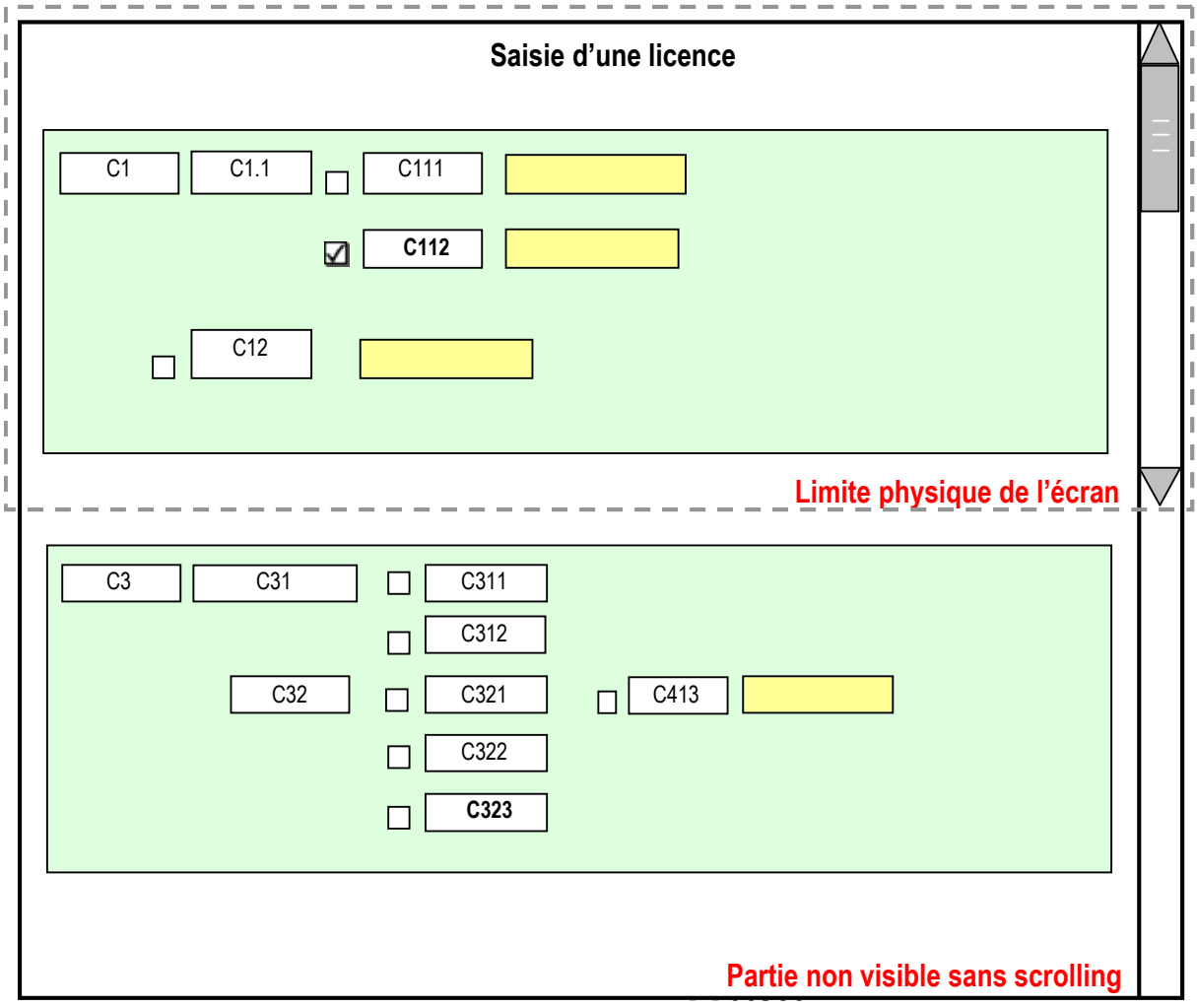


Figure 67 - Scrolling pour la création d'une licence

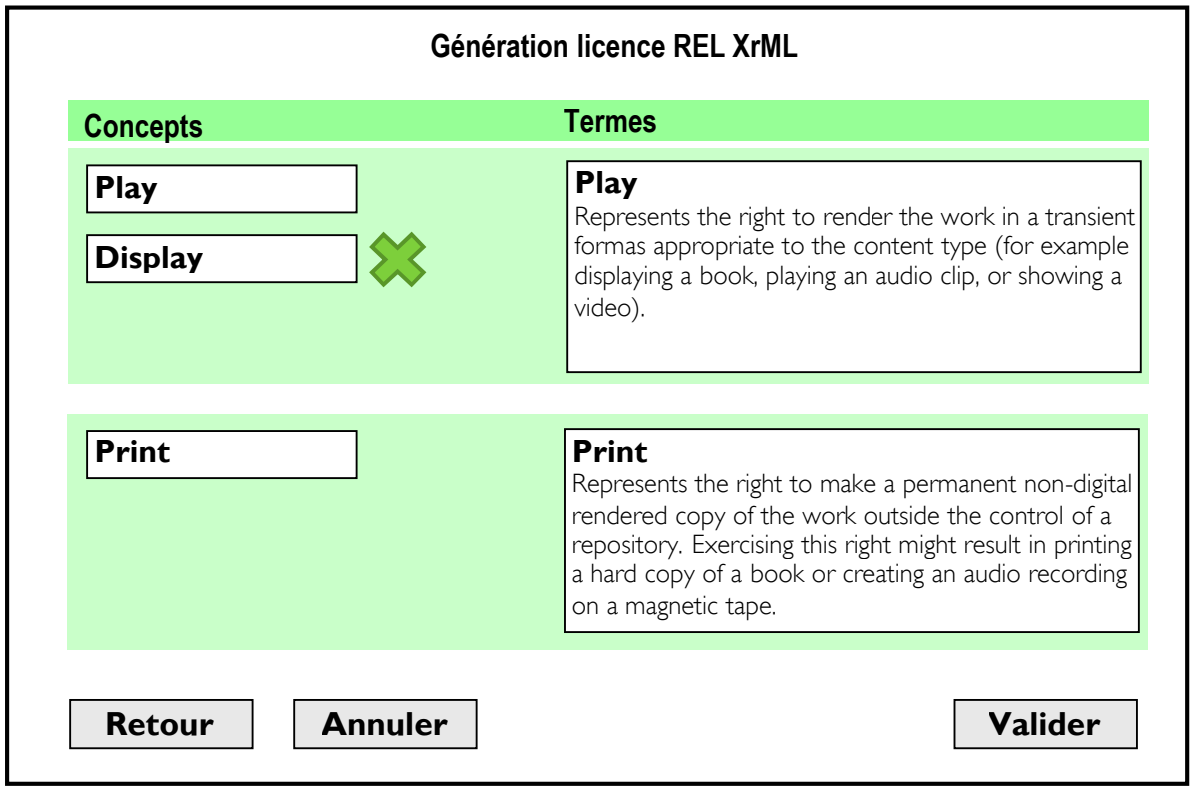
Par exemple, si le terme T du REL cible se compose de C112 et C323 (en gras sur la figure 67) et si l'utilisateur coche le concept C112 uniquement, il faudrait alors lui

indiquer que C323 est obligatoire pour qu'il y ait complétude du terme dans le REL cible.

Comment lui indiquer ?

On pourrait imaginer que les contrôles affichent, à côté du concept manquant, un message indiquant que le concept est nécessaire à la complétude. Imaginons que tous les termes soient définis de la sorte et nous nous rentrouvrions avec beaucoup de messages d'erreur venant perturber la vision. La solution est autre. Etant donné qu'un seul concept ne peut se retrouver dans la définition d'un terme, il suffit de trouver un concept dans la table de correspondance pour déduire les autres qui viendront compléter le terme, même si ce terme est défini par plus de 2 concepts.

La solution n'est plus de savoir comment afficher des messages d'erreur, mais se trouve dans la reconstruction des éléments manquant à la complétude sémantique. Il suffit alors d'afficher une confirmation sur ce choix pour valider les termes.



La validation aura pour effet d'enregistrer la licence au format XrML, ce que nous détaillerons plus loin.

Enrichissement de la solution présentée, filtrage par REL

Nous venons de voir comment est construit le dialogue à partir de l'ontologie pour traduire la licence générique vers une licence cible. Pour se faire, nous devons choisir nos concepts sans connaître les termes équivalents pour les REL cibles.

Pour mieux assister l'utilisateur dans la saisie d'une licence dont le REL cible serait connu par avance, nous suggérons un bouton cliquable par REL cible. Ce bouton permet de « filtrer » les concepts qui seront uniquement utiles à la traduction vers le REL cible. Le filtre est issu de la table de correspondance car, comme nous l'avons indiqué, nous possédons toutes les équivalences entre concepts et termes des REL cibles. Il suffit alors de lire la table de correspondance et de filtrer les concepts de l'ontologie avec les concepts trouvés dans la table. L'exemple suivant en figure 68 montre la différence de vue, en fonction du profil XrML et ODRL. Nous constatons que « Display » a disparu de la vue ODRL, car Display ne fait pas partie des concepts de la table de correspondance.

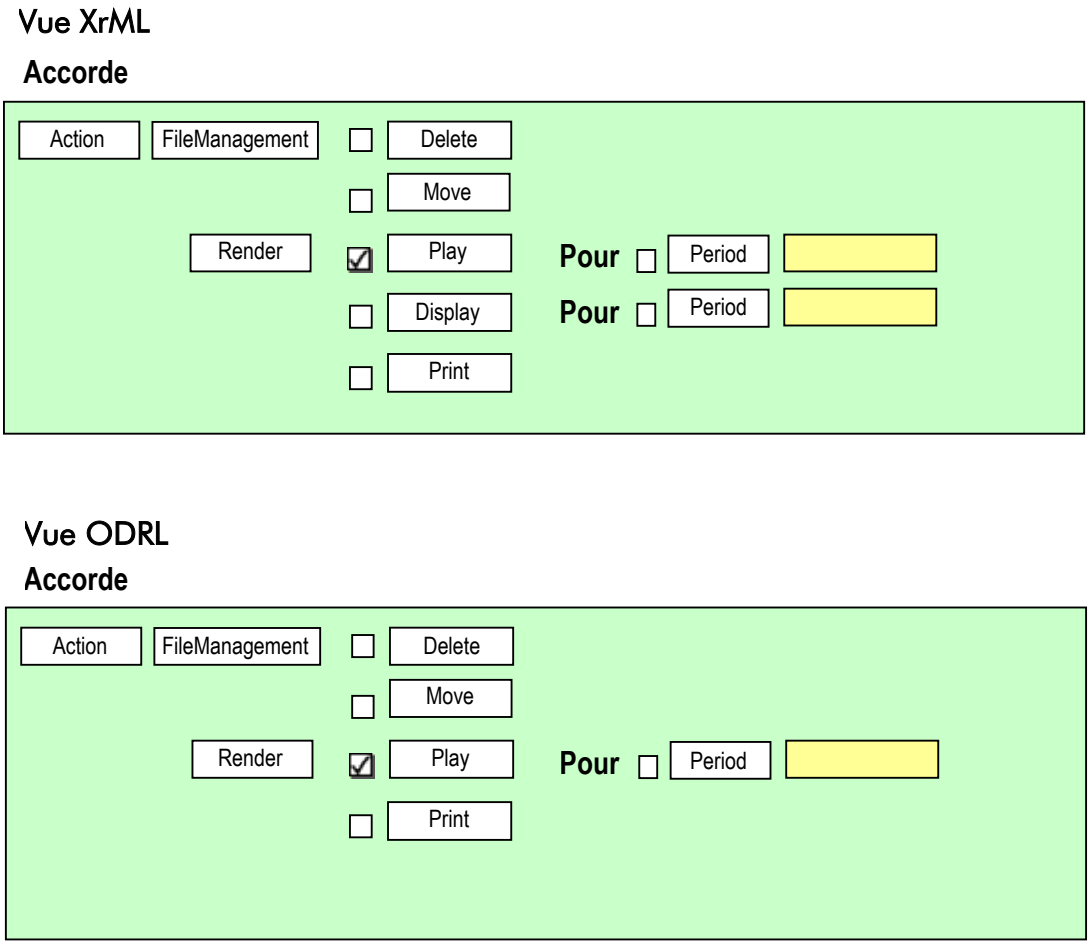


Figure 68 - Vues XrML et ODRL

Synthèse de la solution pour la saisie des licences

Nous construisons notre dialogue à partir des informations situées dans un fichier préparé dans une étape antérieure. Ce fichier, que nous avons détaillé, indique l'ordre de spatialisation des concepts, mais ne prescrit pas sa mise en espace car il n'indique, en réalité, que les liens entre les concepts par leur niveau (00 à 99). En XML par exemple, imbriquer une balise dans une autre indique une hiérarchie, mais ne la décrit pas sémantiquement. On pourrait, à partir de ce fichier, faire d'autres choix de spatialisation de l'information, pourvu que les relations soient respectées et réifiées à l'écran. La construction du dialogue est entièrement dynamique, et pour les besoins du projet Medialex, seule la solution du scrolling Haut/Bas est retenue, car les autres solutions sont couteuses en temps de développement et sont peu adaptées à notre problématique de spatialisation de texte, de concepts, de saisie. Notre estimation du nombre de concepts nous permet de choisir cette solution car l'ontologie devant servir au projet n'est pas encore délivrée à l'heure où ces lignes sont rédigées. En revanche, le programme de spatialisation doit choisir au moment de la spatialisation entre les 2 types d'indentations vus plus haut : concepts alignés ou ligne à ligne, en fonction du nombre d'indentations calculables. Ce calcul est simple, puisqu'il doit considérer la résolution de l'écran(ou l'indiquer si les paramètres du système ne sont pas accessibles), la longueur d'une zone de texte standard en pixels (par exemple 100), puis la longueur de la zone de saisie en fonction de son type, de la police et du corps de la police qui seront indiquées dans le paramétrage. Le programme de spatialisation n'a pu être écrit pour des raisons de temps, mais ses spécifications sont indiquées tout au long de ce document.

Réserve : Nous n'avons pas évoqué la gestion des contenus en entrée du programme de gestion des licences. Ils ont bien entendu des éléments indispensables pour relier la licence au contenu. Leur gestion dépend du système d'identification de chaque REL, par exemple un ID (identifiant unique) sera généré pour un contenu et devant être insérer dans la licence du REL cible.

2.7. Traduction des licences vers le REL cible

La dernière étape de notre processus de construction des licences (2.3 de la figure 43 p.196) est la génération des licences vers les REL cibles. Nous avons vu comment construire le dialogue à partir de l'ontologie, puis comment la traduction se fait automatiquement pour être présentée à l'utilisateur pour confirmation. Il reste la dernière étape à réaliser pour écrire physiquement la licence dans le formalisme cible, le plus souvent dans une syntaxe XML, comme pour XrML et ODRL.

XML fournit un ensemble d'outils conceptuels permettant d'écrire, d'explorer, d'extraire les données d'un fichier. Pour écrire un fichier en XML, nous passons par le schéma XML fourni par les différents créateurs de REL. XrML et ODRL fournissent chacun leur propre schéma XML, permettant à quiconque d'écrire une licence dans la syntaxe du fournisseur. Regardons à nouveau l'exemple d'une licence simple du Chapitre I pour ODRL.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<o-ex:rights xmlns:o-ex="http://odrl.net/1.1/ODRL-EX"
        xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
        xmlns:o-dd="http://odrl.net/1.1/ODRL-DD"
        xsi:schemaLocation="http://odrl.net/1.1/ODRL-EX ../schemas/ODRL-EX-11.xsd
        http://odrl.net/1.1/ODRL-DD ../schemas/ODRL-DD-11.xsd">
  <o-ex:asset>                                                    Object
    <o-ex:context>
      <o-dd:uid>urn:ebook.world/999999/ebook/rossi-000001</o-dd:uid>
      <o-dd:name>Why Cats Sleep and We don't</o-dd:name>
    </o-ex:context>
  </o-ex:asset>

  <o-ex:permission>                                               Right
    <o-dd:print>                                                  Condition
      <o-ex:constraint>
        <o-dd:count>3</o-dd:count>
      </o-ex:constraint>
    </o-dd:print>
  </o-ex:permission>

  <o-ex:party>                                                    Subject
    <o-ex:context>
      <o-dd:name>Alice</o-dd:name>
    </o-ex:context>
  </o-ex:party>
</o-ex:rights>
```

L'organisation du fichier XML commence par une balise ouvrante sur les droits. Dans ces droits vont être inclus les notions d'Asset, de Permission et de Party, ces 3 notions étant incluses dans les droits, mais pas hiérarchisées entre elle. La structure du fichier XML se retrouve dans la licence minimale XML ci-dessus.

ODRL propose un schéma XML, tandis que XrML propose plusieurs schémas XML pour répartir les différents concepts de la protection. XrML réparti ses principaux concepts dans le Core Schema qui inclus la licence, l'autorisation, le sujet, les droits et la ressource (Core Schema XrML). Les autres schémas se nomment Standard Extension, MPEG extension et other Extension. Voir Chapitre 1, figure 13 p.59.

Nous sommes donc confrontés à 2 organisations structurellement différentes des schémas XML entre XrML et ODRL. Cette constatation a un impact immédiat sur notre écriture des licences, car il faut alors considérer non plus un schéma, mais plusieurs schémas pour une seule licence en fonction de la richesse sémantique

demandée lors de la saisie. Malgré cette constatation, il est possible d'écrire la licence à partir des différents schémas.

Cette partie de l'écriture des licences n'a pas été réalisée, mais demeure conceptuellement possible dans ce que nous proposons ici. Il faut mettre en œuvre le passage de la structure ontologique vers la structure de la licence du REL cible à l'aide du schéma XML.

La solution de ce passage tient dans l'utilisation des feuilles XSLT qui permettent traduction d'une structure à une autre à l'aide des schémas XML.

Mais l'essentiel du problème se tient dans la traduction des relations entre les éléments structurels. L'ontologie nous a fourni une structure formelle constituée d'éléments et de relations que nous avons respectée lors de la visualisation. En revanche, le passage à une structure de REL cible à partir de la structure formelle ontologique implique une transformation de structure comme nous l'avons évoqué au chapitre II. La traduction des concepts en terme s'apparente à trouver les isomorphismes sémantiques pour opérer la traduction, contrairement à la visualisation qui recherchait des invariants structurels pour conserver la structure de départ. En revanche, les relations ne peuvent pas subir de transformations, car c'est le schéma XML du REL cible qui déterminera les relations de la nouvelle structure.

En considérant ces remarques sur la transformation de structure, nous devons nous interroger sur ce que serait une licence minimale pour que la licence cible soit valide. Il existe donc des informations nécessaires et indispensables à l'interprétation d'une licence minimale.

Problème de la licence minimale

Pour chaque REL, il est nécessaire de produire une licence minimale d'utilisation. Ce minima n'est pour le moment pas connu de l'ontologie, mais le but de l'ontologie ne réside pas là. Il est donc nécessaire de prendre pour chaque REL cible, ce qui va constituer la licence minimale. Par exemple pour XrML, « Grant » est le terme du Core Schema qui est indispensable à la construction d'une licence.

Cette partie générative de la licence n'ayant fait l'objet d'aucun développement, il restera à spécifier les termes minimums requis. Ce que nous pouvons en dire ici est que pour préserver l'interprétation de la licence minimale, il est indispensable de contrôler la saisie des données ou bien, si la notion peut être remplacée, elle doit l'être par défaut dans un paramétrage du système de saisie. Par exemple, le terme « Grant » n'est pas obligatoire en saisie puisqu'il doit apparaître dans la sémantique formelle du REL, et peut être écrit directement par le programme de traduction en XSLT. Nous devons donc conserver lors de notre saisie uniquement ce qu'il n'est pas

possible d'écrire par défaut dans le REL cible, ce qui reste du domaine du variable. Pourquoi devrait-on obliger les utilisateurs à saisir ou à cocher « Grant », alors que nous parlons d'accorder des droits ?

2.8. Synthèses

2.8.1. Transformation des structures

Au cours des solutions que nous avons exposées plus haut, nous avons mis en œuvre 2 principes qui sont :

1. La spatialisation de la structure ontologique,
2. La transformation de structures vers les licences cibles.

Comme nous l'avons évoqué au Chapitre II, la transformation des structures peut être sujette à une perte si l'équivalence n'existe pas entre la structure de départ et celle d'arrivée. Cette équivalence peut alors être traduite soit en termes structurels, soit être explicite, mettant en œuvre alors une sémantique. Par exemple, au lieu d'indenter un parent et un enfant, on peut l'expliciter par « Parent de » sémantiquement.

Revenons sur la spatialisation de la structure ontologique.

L'effort que nous avons accompli pour spatialiser la structure permet de conserver l'intégrité structurelle, à savoir les primitives et les relations sémantiques. Cette conservation est possible grâce à la spatialisation qui organise visuellement les concepts et les relations à l'aide de signes ou à l'aide d'une notion de mise en espace comme l'indentation. L'indentation n'est pas un signe, mais un processus déductif relatif à l'organisation spatiale. On peut donc conditionner la vision à l'aide de règles spatiales édictées qui vont se substituer au signe tangible comme la création de lignes ou de flèches pour établir un rapport entre 2 entités, objets, concepts etc. On passe alors d'une sémantique « Enfant de » à un code visuel qui n'est pas un signe, mais qui incarne le signe. On se trouve devant une transformation qui passe de la sémantique à la codification visuelle, dont le but est de conserver l'intégrité de cette dernière. Il y a déplacement du signe sans pour autant qu'il change de signification. La transformation n'est plus structurelle (éléments-relations), mais déplace la manière dont sont réifier les relations entre les éléments de la structure. Tout l'enjeu d'un système visuel semble se dessiner alors. Quelles sont les connaissances dont nous disposons pour traduire, dans notre cas, des liens sémantique dans un langage visuel ? Là aussi, seule l'expérience semble venir à notre aide, et si nous constatons qu'aucun langage visuel

n'existe, nous devons peut être nous demander pourquoi ? Pouvons réellement inventer un langage, à l'image d'une langue qui se décompose en graphèmes, phonèmes, morphèmes, etc. Si nous repartons de cette assertion de Wittgenstein « ce qui peut être montré ne peut pas être dit », il nous semble impossible de relier le langage à l'image, nous l'avons tous constater. Wittgenstein développe le rôle crucial joué par le langage comme mode privilégié de représentation. Le langage est, pour lui, l'ensemble des propositions qui articulent des signes élémentaires selon les règles de la syntaxe logique. Les signes élémentaires nomment les objets et leur combinaison décrit leur articulation dans l'état de choses. Ainsi la proposition peut-elle constituer l'image du fait. Imaginons que nous apprenions une langue à quelqu'un qui serait dans le noir, ce qui est impossible bien entendu. Pourrait-il vraiment créer des représentations à partir du langage ? Nous savons que la conscience n'est possible qu'à partir des sens, de la mise en espace de l'être humain, et il serait alors intéressant de démontrer que représentation n'est possible que par le phénomène de la vision. Cette question débattue depuis le XVIIIème siècle trouve son point d'orgue dans le problème de Molyneux :

> « Le problème de Molyneux est un problème abstrait mais central dans toute théorie de la connaissance. Il s'agit du passage de la sensation au jugement que le sensualisme espérait résoudre expérimentalement en étudiant les réactions d'un aveugle recouvrant la vue. Formulé par William Molyneux, l'ami de Locke, il s'énonce comme suit : un aveugle-né, retrouvant soudain la vue, saurait-il distinguer par la vue une sphère d'un cube qu'il distinguait auparavant par le toucher ? »

La pierre angulaire du langage visuel serait alors le concept qui pourrait, au travers de forme symbolique, trouver une existence. L'unité la plus basse serait le concept et le langage visuel ne serait que la traduction du langage lui-même. C'est une évidence dans ce que cherchons à démontrer ici, que la traduction visuelle s'appuie sur la sémantique linguistique, mais pas uniquement. Dans un fichier OWL par exemple, le fait que parents et enfants soient en relation n'est pas explicité sémantiquement. Il est constitutif de la structure et de son organisation (primitives). Nous n'avons alors pas relation directe, mais une relation hiérarchique qui fait appel à une organisation spatiale visuelle et, surtout, à une organisation ordonnée. La reconstruction des liens ne peut s'opérer qu'à partir d'un traitement et n'est pas constitutif de la structure.

```
<Balise parent>
   <Balise enfant> bla bla </Balise enfant>
</Balise parent>
```

La reconstruction du lien est donc exogène à la structure et portée par le formalisme qui doit être enseigné, programmé dans des parseurs par exemple.

Le constat est que si structure informatique il y a, elle ne correspond pas à la notion de structure telle quelle fut émise quelques dizaines d'années auparavant. Si nous considérons que la structure est un ensemble d'éléments en relation, nous ne savons pas de quoi sont constituées ces relations. En informatique, les éléments sont facilement identifiables et ce sont leurs relations qui nous interrogent le plus. La relation est toujours exogène à la structure et peut être reconfigurable par autant de combinaisons possibles entre les éléments, ce qui va contre l'idée structuraliste des relations en nombre fini bien que le nombre de relations entre les éléments soit en nombre fini pour conserver un sens. Il ne faut donc pas confondre possibilité de relation et sens des relations qui, naturellement, se sont autorégulées en nombre dans le cerveau de l'homme.

2.8.2. Évaluation de la solution

Nous avons vu le processus de création des licences, tel que le décrit le schéma de la figure 43 (p.196) de ce chapitre. Résumons et regardons les différents choix effectués pour les critiquer et lister les points difficiles de cette solution.

1-Construction du dialogue

En premier lieu, nous sommes partis de l'ontologie pour construire un dialogue, nous appuyant sur les relations sémantiques de l'ontologie. Ce choix a été motivé par les raisons suivantes :

- Conserver le caractère dynamique de l'ontologie en cas d'évolution de la structure. En construisant un dialogue à partir de l'ontologie, on assure une continuité de l'application, n'obligeant pas à revenir sur les phases de développement,
- Déporter la notion de conception vers un descripteur sémantique, c'est-à-dire une primitive qui fait sens, pour construire l'application. S'appuyer sur une connaissance externe qui prescrit la construction, c'est externaliser un processus, donc le rendre malléable, souple, modifiable. Construire une application avec un outil de développement, c'est l'assurance d'une maintenance coûteuse en temps et en connaissance. L'idée de fond est de confier la construction à des descripteurs qui servent à la fois à enrichir l'ontologie mais aussi servent de modèle pour construire le dialogue,

- La possibilité de couper le processus en 2. La construction d'un fichier intermédiaire dit « persistant », et une application pour la construction du dialogue, permet une diffusion séparée et une optimisation du processus de construction du dialogue.

En revanche le choix que nous avons fait comporte quelques éléments critiquables.

- L'ajout d'informations exogènes vient « parasiter » le contenu de l'ontologie. On peut constater que l'ajout de ces éléments exogènes est « neutre » pour l'ontologie, puisque nous parlons d'ajouts codifiés dans les rdfs:comment uniquement. On ne fait alors qu'utiliser les capacités de l'ontologie sans que cela ait une quelconque incidence sur la conception,
- La construction dynamique est un frein à la performance de l'application, car elle doit lire le fichier externe de construction et ensuite construire un à un les éléments visuels. Une application figée, développée dans un langage compilé, serait plus performante, mais conserverait le paradigme de développement tel que nous le connaissons.
- La construction du dialogue se base sur la hiérarchie de concepts, dont la granularité est donnée par l'ontologie. Une question cependant demeure. Quelle est la granularité de l'ontologie, son niveau de détail des concepts ? Si elle devient trop expressive, avec trop de concepts hiérarchisés, nous risquons de nous retrouver avec beaucoup de concepts affichables et dont la lisibilité irait vers moins de pertinence pour l'utilisateur. Cette question n'est donc pas une problématique de spatialisation, mais de conception. Par exemple serait-il opportun de détailler conceptuellement les mammifères en mammifères terrestres et mammifères marins. Si toutefois la granularité était forte, nous serions alors dans l'obligation de mettre en place les éléments théoriques sur la visualisation développés au chapitre II (3.4 Visualiser), avoir recours à la technique de zoom par exemple, ou encore à la technique du Perspective Wall vu plus haut.

2-Génération des licences

L'avantage de la licence générique réside dans la possibilité de créer autant de profil qu'il existe de REL cible. Traduire une licence générique vers le REL cible implique un développement spécifique pour chaque REL, car il n'existe pas de similitudes. Nous avons évoqué la traduction en XML, mais ces traductions pourraient être dans un tout autre langage, dans une tout autre syntaxe.

L'inconvénient majeur réside dans le développement de chaque traduction qui nécessite une connaissance du schéma de destination, mais également des éléments minimaux à introduire dans une licence basique.

Enfin, l'idée la plus importante est certainement de déporter en amont la connaissance et de construire une chaîne de propagation qui n'ajouterait aucun « bruit » à cette connaissance pour la restituer à l'utilisateur. Les différentes phases de modélisation, de conception, de réalisation induisent souvent des distorsions qui au final modifient le message initial pour être interprétées, déformées etc. La DRM cliente devrait s'appuyer sur une conception en amont pour être à la fois un système de régulation et un système de restitution adapté de la connaissance.

2.8.3. Limites des REL cibles et transparence

Nos efforts ont consisté au travers d'un projet de recherche appliquée, à tenter de mettre en place une transparence cognitive qui prend différentes formes au cours d'une chaîne de processus identifiés au début de ce chapitre. Il manque à cette analyse un aspect essentiel : savoir ce que l'utilisateur pourra ou ne pourra pas consulter des informations transmises par les ayants droit ou les distributeurs ; ou encore comment ajouter des informations contractuelles visibles et identifiables, ou plus, comment mettre en évidence certaines parties d'un contrat pour attirer l'attention comme ne pouvoir copier que 5 fois une œuvre sur CD.

Ces points éludés par les systèmes DRM sont confiés à chaque distributeur de contenus lors de la souscription du contrat, comme nous l'avons vu au Chapitre I lors des mises en œuvre. On constate que le contrat d'utilisation doit être lu une seule fois et que la DRM ne sert qu'à contrôler les permissions accordées. En d'autres termes, le contrat sous DRM n'est interprétable que pour une machine, un dispositif. Les contrats encapsulés dans les DRM ne sont pas lisibles en langage naturel et reste d'une interprétation ésotérique. Notre idée de traduction permet de générer des licences vers les REL du marché, mais ne résout pas le problème de communication avec l'utilisateur ou, comme nous l'avons évoqué dans ce document, le problème de la transparence cognitive. Même si dans très peu de systèmes de DRM, le nombre de copies est géré de manière transparente, afin de consulter le nombre de copies restantes, cette action de consultation doit être intentionnelle, et il est nécessaire de naviguer dans les différents menus du « Player » pour trouver l'information. Nous sommes donc devant un système qui ne « pousse » (PUSH) pas l'information vers l'utilisateur, mais où il est nécessaire de tirer (PULL) l'information des méandres conceptuels. Jamais l'utilisateur n'a le choix de voir sa licence lors d'une restitution de contenu, de consulter les termes de la licence.

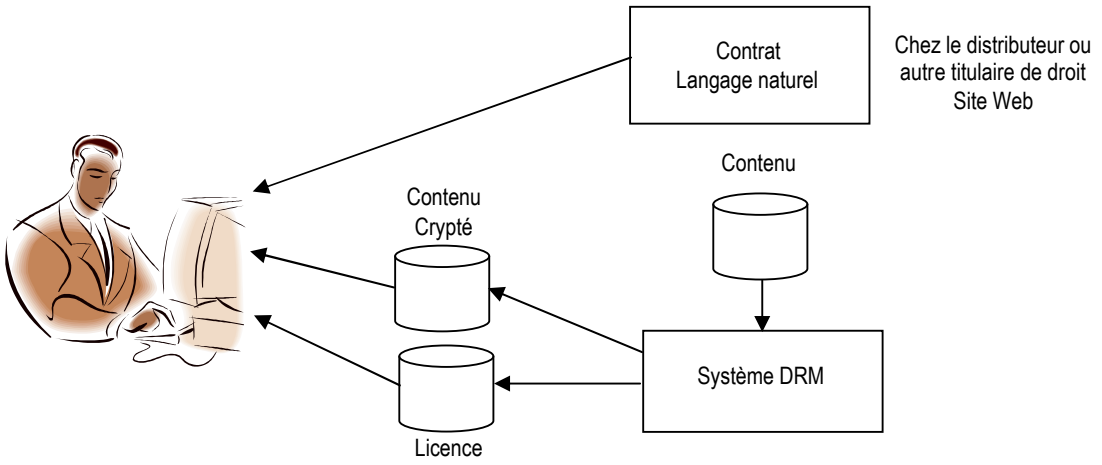


Figure 69 - Architecture du niveau d'information

La figure 69 ci-dessus reprend schématiquement la répartition des niveaux d'information, éclatant ainsi en plusieurs sources les différentes lisibilités du contrat. Le contrat en langage naturel n'est jamais accessible dans la DRM et n'est visible que lors de la création d'un profil de téléchargement.

Propositions

On peut imaginer 2 solutions complémentaires pour que la transparence cognitive soit mise en œuvre afin que l'utilisateur soit informé et que le contrat devienne « Human Readable »

- Inclure dans les systèmes de DRM des informations assujetties au contrat sous la forme de texte, en langage naturel,
- Imaginer une DRM capable de reconstruire en langage naturel les droits émis et encapsulés dans la licence.

Dans les 2 cas cités, nous n'avons aucune latitude pour agir, car les systèmes étudiés ici, comme XrML et ODRL, ne permettent pas d'introduire des données externes au système, des données utilisateurs ; elles ne peuvent pas être gérées par les DRM cliente. Car c'est sur la DRM cliente que le problème réside essentiellement. La DRM cliente n'est qu'un programme faisant respecter les permissions, il se cantonne à sa tâche de contrôle et de gestion des quelques données importantes. Rappelons qu'il n'existe pas de système de sauvegarde des licences, cette tâche étant laissée à la charge du distributeur. Nous ne pouvons donc pas tenter d'introduire des

données dans les DRM actuelles et encore moins espérer des interactions contextuelles avec l'utilisateur pour lui signifier, par exemple, le nombre de copie restante ou combien de jours il lui reste pour valider son choix d'acheter le morceau de musique qu'il à téléchargé.

Pour le moment, on ne voit pas comment se sortir de cette impasse conceptuelle, qui remet en perspective les orientations primaires des distributeurs : vendre et protéger par tous les moyens en oubliant d'informer les consommateurs.

Pour illustrer ce propos, j'ai personnellement eu l'occasion d'évaluer le niveau d'information de certaines DRM auprès de personnes sans grande connaissance en informatique et de navigation, des utilisateurs que l'on pourrait qualifier de standard. Je fus surpris de voir que ces personnes ne savaient pas qu'elles téléchargeaient de la musique dans un format compressé dont la qualité était loin de celle d'un CD. J'ai donc fait le test suivant : j'ai gravé un morceau acheté en ligne et j'ai passé l'original immédiatement après. La différence est si importante que cela a changé les habitudes de consommations des personnes ayant fait le test. Pourquoi ? Parce que le niveau d'information sur les contenus est si opaque qu'il est relégué soit dans le domaine du non-dit, ou encore dans le domaine purement technique. L'information n'est donc pas seulement un problème de langage naturel, car expliquer aux consommateurs qu'une musique est en 128 kbs n'a pas plus de sens que de dire qu'elle est compressée. Comment comprendre que la compression, c'est de la musique en moins, même si certains affirment le contraire ? Comment l'expliquer sans risquer de voir une bonne partie des consommateurs délaisser ce type d'ecommerce ? La connaissance représente toujours un danger et si nous devions mettre en place un système de transparence cognitive, il faudrait qu'il soit à la fois juridique et technique, car il est impossible dans le cas des DRM de dissocier ces 2 notions.

La transparence cognitive pose donc directement le problème de la connaissance. Dans le cas opérationnel des DRM, nous voyons que la connaissance représente un danger et que tout semble fait pour éviter d'informer au mieux les gens qui achètent et utilisent des contenus. Si A. Newell[74] eu l'idée révolutionnaire d'introduire un niveau de connaissance dans l'informatique, nous avons l'impression que nous nous éloignons de cette conception de la connaissance pour ne privilégier que le commerce. Le problème n'est pas technique, mais se trouve dans l'origine du système de DRM, de ses concepteurs qui comme souvent dans l'informatique, ne pensent qu'aux différentes fonctions d'un système, en oubliant toutes les autres dimensions comme la connaissance du droit, l'accès simplifié, l'interactivité, l'information contextuelle, l'esthétique, etc.

[74] Allan Newell, The kownledge level, 1982

Il nous reste un autre objectif à atteindre qui, sémantiquement complexifie l'ajout de connaissance : accéder à ce que nous pourrions appeler une sémantique générale ou globale prenant corps dans une formulation « Machine readable, Human redable, Legal readable ». Comment alors encapsuler dans un même flux des données sémantiquement hétérogènes pour que chaque entité automatisée ou humaine accèdent au même sens ? Bien que sans solution, pour le moment, dans le projet Medialex, cette question peut s'étendre à d'autres domaines de compréhension au delà du juridique et fait appel aux différents niveaux de connaissance mise en œuvre pour atteindre un tel but.

Comme nous l'avons évoqué, nous en sommes restés actuellement à un niveau d'interprétation « Machine readable », protégeant les contenus payants des industriels de la culture. Cette idée restrictive de la protection, qui s'apparente encore une fois à une sanction, n'aurait pas d'avenir si nous la projetions dans un futur immédiat. La carence conceptuelle de ces systèmes ferme toutes possibilités à un usage généralisé de la protection des œuvres et relègue la DRM à un système de protection commerciale destiné aux industries de la culture. La fiction, préambule de ce document, ne parle plus de sanction mais de régulation équitable des biens dématérialisés, et la solution présentée aujourd'hui ne nous fera pas sortir de l'impasse dans laquelle nous sommes. Pour résoudre ce problème, il faut inventer d'autres modes de la DRM, en changer le nom et en changer le paradigme, imaginer un système régulant des biens immatériels comme la société l'a fait pour les biens matériels. Qui oserait voler une pomme à l'étalage sans se sentir coupable et menacé, alors qu'un téléchargement n'induit aucune (ou presque) culpabilité, positionnant le téléchargement au rang des droits acquits par l'usage. Notons que la pratique du téléchargement est devenue si simple que tous les utilisateurs d'ordinateur y accèdent sans aucune difficulté. Notons également que la France compte 24 millions d'internautes (Source ComScore, mars 2007), soit environ 12 millions de foyers en haut débit. Combien téléchargent de manière illégale ? Des millions certainement, mais impossible de le savoir vraiment car comment mesurer ce qui est légal de ce qui ne l'est pas, puisque nous ne pouvons pas encore identifier tous les fichiers qui transitent sur le Internet, malgré une volonté de certains industriels d'introduire le Watermarking dans leur contenus.

Si nous ne voulons ni réguler, ni sanctionner, il faut trouver la réponse dans de nouveaux modèles économiques. Par exemple, la licence globale serait potentiellement un nouveau modèle économique (voir chapitre I, p.41), mais ne résout pas le problème de fond qu'est la répartition des gains entre artistes. Chacun devrait pouvoir à l'avenir protéger ses œuvres, car la protection ne concerne aujourd'hui que les industriels de la culture. Le reste du monde ne peut accéder à ce type de protection trouvant dans les contrats de Creative Commons une parade

uniquement juridique. (A propos de Creative Commons, voir la thèse de Mélanie Dulong de Rosnay, CERSA, 2007)

Il ne s'agit plus de réguler des œuvres musicales ou un film, mais de réguler les contenus numériques dans leur ensemble au lieu d'inventer à chaque fois de nouvelles protections par type de contenus : pour la musique, pour les DVD, pour les PDF etc.

2.8.4. Nouvel REL

Nous n'avons pas abordé la question de la création d'un nouvel REL dans notre énumération précédente. Nous avions objecté très tôt qu'il était impossible d'imposer un nouvel REL sur le marché pour des raisons de prédominance des solutions déjà existantes. L'ajout d'un REL ne se justifierait que pour des raisons identifiées et dont la nécessité se fait ressentir par tous. Devant le recul de certains distributeurs pour adopter des solutions de protection, on se demande s'il est encore opportun de songer à en proposer de nouvelles. En dépassant cette question qui n'est pas notre sujet, la création d'un REL devrait alors rendre irrémédiablement cohérente tout la chaîne de la DRM. Si un langage venait à voir le jour, il faudrait que ce langage puisse être compris, donc interprété, par les dispositifs qui liront ce langage. Par exemple : « Vous pouvez copier mon texte, mais j'en serai informé » ou encore « Vous pouvez écouter ma musique en mode dégradé autant de fois qu'il vous plaira ». L'idée d'introduire un nouveau langage n'a de sens que si ce langage est interprété ; il existe cependant une limite à vouloir devenir trop expressif pour l'interprétation car mettra en jeu des combinaisons difficilement gérables.

En revanche, il existe une brèche intéressante que nous avons entrevue plus haut : la possibilité d'enrichir sémantiquement le domaine et d'introduire des interactions inexistantes dans les solutions du marché. Il ne s'agirait plus dans ce cas de créer un REL, mais de créer une DRM. Introduire un nouvel REL reste donc possible sur les bases que nous avons développées, mais implique sans détour un effort important pour développer une solution globale et cohérente pour l'interprétation.

Pour conclure cette synthèse, la solution proposée tente de signifier qu'une transparence cognitive respectant la chaîne de conception demeure possible, mais s'arrête là où la liberté d'expression des REL commence, aboutissant à une perte sémantique qui ne pourra pas satisfaire les velléités de transmettre la connaissance vers l'utilisateur.

3. Conclusion

Pour la mise en œuvre de la transparence cognitive, nous avons proposé un principe qui tend à respecter le formalisme en amont, déclarant sémantiquement les relations pour la construction d'un dialogue avec l'utilisateur. Cette solution, qui reste perfectible d'un point de vue des contrôles, possède l'avantage de démontrer qu'il est possible de mettre en œuvre une continuité du sens, donc de la transparence. En revanche, notre démarche se heurte aux REL du marché qui opèrent sur notre conception comme un filtre générant une grande déperdition expressive. Malgré la richesse de l'ontologie et de son modèle d'action, il nous semble impossible de tout résoudre à partir de l'ontologie pour le moment : nous faisons allusion au profil de chaque REL dont les caractéristiques structurels et sémantiques diffèrent. Notre solution de la licence générique limite en terme structurel le passage de la structure ontologique à la structure du REL cible, nous obligeant à fournir des informations impossibles à décrire à partir de l'ontologie. Notre proposition de création d'un REL serait une réponse à une continuité et à une transparence totale, allant de l'ayant droit jusqu'à l'utilisateur pour transmettre l'ensemble des connaissances et des actions qui seraient essentielles à nos objectifs.

Chapitre IV : DISCUSSIONS

1. A propos des discussions

Les propositions de discussions qui vont suivre ouvrent la porte sur le futur, sur ce qui n'a pas pu être résolu, ou en attente de résolution faute de temps, de moyens ou tout simplement en raison des limites actuelles de ce qui est à notre disposition conceptuellement dans l'informatique. Je ne prétends pas ici m'élever contre quelque chose ou quelqu'un, mais tente d'écrire ce qui me semble juste au regard de l'expérience acquise sur le projet Medialex. La réduction de la discussion est essentielle pour se borner aux thèmes principaux.

1.1. La transparence cognitive est-elle atteignable ?

Nous avons tenté de mettre en place certains principes comme celui de la propagation sans distorsion de la connaissance, pour étayer une vision de ce que serait la transparence cognitive dans notre cas. Il n'existe pas de définition, mais nous supposons que rendre transparent, c'est tenter de donner aux utilisateurs, sans préjuger de quoi il s'agit, une vision au plus près de ce que l'intention à pu mettre en place. Formaliser un domaine et le rendre transparent à l'utilisateur implique de trouver les moyens de reproduire ce qui est mémorisé de manière intelligible. Listons les étapes d'un processus simple, sans ajout de transformations :

- Passage du réel à la réalité vécue par chacun,
- Passage de la réalité à sa représentation au travers d'un formalisme,
- Exploitation du formalisme instancié pour être reproduit,
- Interprétation de cette reproduction chez l'utilisateur.

On comprend les difficultés dès lors que notre énumération commence par la discussion de ce qu'est le réel et la réalité, et ensuite comment passer de la réalité au formalisme. Conservons l'hypothèse que nous utilisons un formalisme donné et connu. Pour rendre transparent, il faut passer tout d'abord par le formalisme, et met immédiatement en jeu les capacités du concepteur, du créateur (intelligence, connaissance, mémoire, etc). Il ne s'agit pas de discuter de la méthode qui serait, dans certain cas, une manière de canaliser cette étape, mais de rendre compte du passage aporétique. C'est donc une question cruciale qui est bien connue en IA, car elle pose la question de la représentation de la connaissance. N'étant pas le but du travail présenté, regardons comment nous passons du formalisme à la représentation visuelle (écran, impression, etc). Là également nous avons dit qu'il n'existe pas de méthode et que l'empirisme demeure la seule issue possible. Rendre transparent serait alors se

cantonner à ce qui est formalisé en déployant les moyens empiriques cités. Une nouvelle fois, l'aporie consiste à vouloir rendre transparent en fonction d'expériences, voire même de croyances, pensant alors que telle ou telle représentation visuelle possède un meilleur rendement cognitif.

Le passage du formalisme à la représentation visuelle n'est pas une discipline scientifique, elle est délaissée car ne représente pas un enjeu stable sur lequel on pourrait modéliser formellement. Il faudrait donc relier le signe visuel à un processus cognitif, ou encore un ensemble de signes visuels. Dans de nombreux cas, les représentations visuelles fonctionnent, malgré une absence de modèle pour la transmission visuelle d'informations. Créer une représentation visuelle, c'est mettre en place des éléments d'une structure et des relations.

Comme nous l'avons évoqué plus haut, les relations entre les éléments se répartissent de manière imprévisible en fonction de l'interprétation des structures. Le travail est alors de mettre l'accent sur les relations qui vont construire le sens chez l'utilisateur. Les facettes de la structure, énoncées au chapitre précédent (organisation, contrôle, interaction), doivent trouver dans la construction de la représentation visuelle une dimension commune, un agencement relationnel qui, au-delà de la structure représentée, appelle une structure de représentation. C'est donc le rapprochement entre ce qui est représenté visuellement et la structure mentale au travers des relations qu'il faut explorer.

Mais, si nous trouvions un chemin exploratoire pour solliciter les structures visuelles, nous saurions comment représenter visuellement et, par extension, trouver le formalisme correspondant. Cette idée va à contre-courant, mais trouve un argumentaire puisque l'idée de partir de la représentation visuelle pour trouver un formalisme étaierait la conception que la représentation mentale est issue des sens, notamment visuelle dans notre cas.

Donc, trouver des structures visuelles qui fonctionnent avec les structures mentales, ce serait trouver le moyen de les modéliser et le moyen de remonter une chaîne conceptuelle, influençant ainsi le « comment » représenter. Cette idée, est pour le moment, invérifiable et comporte quelques inconvénients : il faudrait prouver qu'il existe un rapport direct entre la représentation des connaissances en amont et leur représentation visuelle, à savoir qu'il faudrait démontrer que le formalisme a une importance prédominante sur son exploitation à venir. Par exemple, peut-on hiérarchiser des concepts avec un formalisme entité-relation ? La réponse est affirmative, mais les primitives sont détournées de leurs fonctions premières. Donc, le formalisme contraint son utilisation et son exploitation, et en informatique nous devons toujours avoir à l'esprit les problèmes de performances des modèles.

Pour conclure cette discussion, la transparence dépend d'une chaîne qui met en œuvre des distorsions à la fois conceptuelles et humaines, et le rapport qui existe entre les deux est déterminants pour la mise en place de solutions.

Mais revenons sur un des aspects les plus ténus.

1.2. Implicites ou explicites

Souvent citée, l'idée de la connaissance que nous nous faisons semble tourner autour de 2 notions fondamentales que sont les connaissances implicites et explicites. La première ne pouvant s'exprimer afin de la transmettre, la seconde pouvant se transmettre, et deviendrait donc un savoir. Cette dichotomie discutable où ce qui est implicite ne pourrait pas se transmettre oublierait la conscience de l'apprentissage et donc le pouvoir de transmettre dans un langage choisi et adapté. Il s'agirait plutôt pour nous de définir ici implicite comme intentionnel non révélé, faisant appel à une notion d'évidence, et explicite comme intentionnel révélé.

Développons. Lorsque nous souhaitons transmettre une connaissance visuellement, nous sommes obligés de spatialiser les informations stockées. Nous avons vu qu'il s'agissait de créer les relations nécessaires à la formation de la carte mentale de l'utilisateur, codifiant ainsi spatialement ces relations (indentations, ensembles, flèches, variables rétiniennes, etc). Une difficulté demeure malgré les techniques de représentations visuelles employées : il s'agit de ce qui apparaît comme implicite ou explicite lors de la création de la représentation. En effet, ce qui doit être représenté passe par l'analyse empirique, et la mise en relation des éléments passe par un filtrage sur lequel ne s'appuie aucun modèle. Il est facile de constater, avant la spatialisation, que tel ou tel élément est en relation dans la structure formelle, oubliant de le transcrire à l'écran parce que la relation est implicite, pensant que c'est une évidence. Par exemple, l'indentation est une relation explicite puisqu'elle fait référence à une connaissance déjà acquise, et qu'il n'existe pas d'ambiguïté d'interprétation. L'enjeu réside dans ce rapport qui existe entre les relations existantes au niveau du formalisme et les relations réifiées qui passent la barrière de l'implicite dans un processus évitant l'évidence.

Dans notre solution, nous nous appuyons sur les relations externes à l'application pour construire le dialogue avec l'utilisateur. L'idée défendue est d'externaliser la relation pour construire le dialogue au lieu de l'internaliser dans l'application. Cette position utilise la primitive qui relie un concept à un autre et utilise son sens au travers de la sémantique portée par la langue naturelle définissant la relation. Seule la primitive peut être opérationnalisée, laissant son contenu sémantique émerger comme un niveau de connaissance à la fois dans la lecture sauvegardée dans le modèle, mais

également comme étant une continuité de sens allant jusqu'à l'utilisateur. L'idée d'externaliser la relation n'est pas nouvelle car elle fut établie dans les systèmes experts comme nous l'avons déjà mentionné. En revanche, si l'idée n'est pas nouvelle, elle affirme l'idée de la transparence cognitive qui se construit le plus en amont possible. Pourquoi ne pas imaginer un système qui serait capable d'interpréter les relations décrites en amont au lieu de les coder dans une application statique comme nous le constatons aujourd'hui, faisant écho à un système de règles. Coder les relations reviendrait à imaginer des modèles de relations catégorisées et que l'interpréteur serait capable de restituer.

Il manque à cette idée le concept de test conditionnel qui demeure essentiel à la prise de décision.

1.3. Éléments et relations

Continuant notre investigation sur les éléments et les relations, nous listons ici quelques remarques sur la mise en relation d'éléments faisant écho à la notion de structure. Nous partons du constat que la relation peut s'apparenter à un flux constant, à une liaison constante, figée.

- Les relations entre les éléments sont souvent unitaires et portent en elles une sémantique linguistique. Pourquoi les éléments ne sont-ils pas reliés par n relations ?
- Les relations ne possèdent qu'une seule fonction dont la nature est identique. Les relations pourraient prendre plusieurs natures différentes dans une seule fonction. Rappelons que la relation synaptique peut prendre 10 états différents entre 2 neurones.
- Les relations ne dépendent pas des éléments. La relation est toujours identique et ne varie pas en fonction des éléments des 2 côtés d'une relation. Il n'existe pas une « sensibilité » des éléments pour conditionner la relation et ainsi l'activer.
- Les relations relient 2 éléments dans la plupart des cas. En revanche, nous pouvons créer des relations n-aire dans le modèle entité-relation.
- Il n'y a pas de création d'éléments formels ; ils sont créés par la conception et ne peuvent évoluer sans intervention du concepteur.
- Il n'existe pas de relations créant les éléments pour s'adapter à des situations particulières dues à une évolution.

Ce constat a pour but de mettre en évidence l'existant, mais ne peut prescrire ce qui sera ou devra être. L'interrogation sous la forme du constat permet d'engager la critique et peut-être d'envisager d'autres formes de relations, d'autres natures qui seraient par exemple limitées à un langage capable d'exprimer les nuances sémantiques et pragmatiques des langues naturelles, comme le propose Pierre Levy dans son ontologie IEML[75].

1.4. Au-delà de la rustine appelée DRM

La DRM est un ensemble de briques logicielles dont l'interopérabilité n'existe pas. Pour que la protection des contenus puisse être effective, il est nécessaire de réunir 3 éléments indispensables au fonctionnement : un contenu crypté, la plupart du temps sous la forme d'un fichier, une licence cryptée, également sous la forme d'une licence ou dans un fichier de licence, un dispositif de lecture tel qu'un Player sur un ordinateur personnel. Chaque contenu ou type de contenu est protégé par un système, en fonction des intérêts des industriels regroupés en consortium pour défendre leurs doits et leurs royalties. Cette organisation peut faire sourire et ressemble à une rustine sur les systèmes pour contrôler les droits.

Indépendamment des considérations économiques, pourrait-on penser la DRM autrement ? Nous avons évoqué très tôt qu'il ne s'agirait plus de sanctionner ou d'autoriser, mais de réguler les flux pour que les échanges puissent s'opérer en contrôlant avec d'autres moyens. Les systèmes informatiques n'ont introduit la sécurité que tardivement dans les concepts d'exploitation et ces concepts sont très bien implantés désormais dans les systèmes d'exploitations des ordinateurs de grande taille, tels que les systèmes d'exploitation d'IBM comme l'OS400 ou MVS. En revanche, les systèmes d'exploitation pour les ordinateurs personnels tels que Windows, Mac OS, etc. font pâle figure face aux systèmes d'exploitations gérant des milliers d'utilisateurs.

La DRM est balbutiante, instable, et son modèle technologique est la cause de son impopularité, non pas parce qu'il est impossible de penser autrement, mais parce que la position qui a été adoptée ne correspond pas aux usages du numérique qui ne ressemble pas à une consommation d'objets physiques. La régulation passe par un modèle conceptuel différent de l'architecture des DRM. Par exemple, un contenu et une licence sont 2 entités distinctes qui, si elles sont séparées, provoquent une rupture des 2 contenus qu'il est impossible de restituer. Pourquoi alors, ne pas intégrer dans le contenu les termes de la licence, puisque le contenu est acquis par le consommateur et lui appartient ? Cette solution possèderait l'avantage de lier définitivement la licence au contenu quelle que soit sa localisation, le système, et deviendrait alors

[75] Site Web IEML de Pierre Levy : http://www.ieml.org/french/elements.html

interopérable. Cependant elle est lourde à mettre en place, car cela impliquerait un changement fondamental des formats audio, vidéo, etc., ajoutant des informations cryptées dans leur contenu, mais donnerait une universalité à la protection pouvant qui tendrait vers un autre paradigme de la protection, la régulation.

Enfin, cette idée rejoint d'une certaine manière celle de notre partenaire industriel dont nous avons détaillé la solution au chapitre 1. En effet, Medialive remplace dans les contenus des bribes de données (1%) par des leurres brouillant ainsi la restitution. Cette idée pourrait être reprise pour contenir les droits qui seraient alors dispersés dans le contenu et dont la carte serait intégrée dans l'en-tête.

1.5. Non traités, mais pas oubliés

A propos de représentation visuelle, la métaphore semble être incontournable et pourtant oubliée dans ce document lorsque nous avons abordé les solutions. Cet acte manqué trouve de multiples raisons à cette mise à distance, comme par exemple, la métaphore se situe entre la comparaison, la substitution et l'analogie, prouvant ainsi sa difficile approche. Comment en parler et comment affirmer scientifiquement que la métaphore visuelle est cognitivement performante ? Le bureau de Windows, par exemple, ne ressemble que de très loin aux inductions prédictives attendues. Nier la métaphore serait vain, mais en parler mériterait un développement argumenté. Si F. Nietzsche pensait que la métaphore précédait le concept, E. Gombrich pensait que représenter n'était pas qu'une simple métaphore.

> « Toutes ces observations concordantes vont nous permettre de conclure que le "vocabulaire de l'art" est tout autre chose qu'une vague métaphore et que, même s'il s'agit de représenter le monde visible par des images, un système de schémas élaborés est indispensable »
>
> Ernst Gombrich, L'art et l'illusion, p75

Nous avons parlé de réel, de réalité, de formalisme, de structure, ainsi que de représentation visuelle, le tout cachant volontairement le terme de connaissance. La connaissance est un sujet qui n'a pas trouvé place dans ce document pour la simple raison que nous en parlons en permanence sans vraiment la nommer. Il ne s'agissait pas ici de définir la connaissance, ou de débattre des différents niveaux que sont données, informations, savoir et connaissance. Elle est évoquée ici comme étant un élément cognitif transférable, mais aussi comme élément cognitif indéfinissable chez l'utilisateur, car comment prouver que ce que nous représentons a une équivalence chez le sujet qui reçoit ? Tout est alors sujet à la libre interprétation, mais canalisée par les efforts d'ôter toute ambiguïté au sens et, malgré cela, la carte comme nous l'avons

évoqué, génère de nouvelles connaissances dues essentiellement aux relations spatialisées impossibles à réaliser avec des systèmes à lecture séquentielle.

Les Uses Cases également, sont absents de ce document et c'est sur cette base que se vérifient les propositions de solutions. Malgré l'intérêt que représentent les Uses Cases dans notre étude, il aurait fallu beaucoup plus de temps et de moyens humains pour envisager, d'une part, un développement complet de l'application, et d'autre part réaliser les tests indispensables. Ce manque n'est pas dramatique en soi, car ils sont abondamment diffusés sur les sites Web des consortiums. Citons par exemple les Uses Cases de OMA[76] (Open Mobile Alliance, DRM ORDL), de DMP[77] (Digital Media Project).

Également, tous les aspects de la catégorisation ou taxinomie de visualisation, ne sont que partiellement abordés dans la chapitre II, paragraphe 3.4 (Visualiser) et mériterait un travail beaucoup plus approfondi qui irait au-delà des variables à afficher, en pensant à y introduire les modes relationnels entre les éléments affichés.

[76] http://www.openmobilealliance.org/
[77] http://www.dmpf.org/

CONCLUSION

Cette thèse représente un travail sur la transparence cognitive s'appuyant sur la propagation de structures et sur ses transformations. La transparence cognitive n'est pas une discipline scientifique identifiée, mais un but prenant dans son champ une série de ces dites disciplines. Nous avons identifiés plusieurs de ces disciplines au cours de notre étude qui nous ont aidé à proposer des solutions concrètes. En premier lieu, la notion de structure, qui, dans l'informatique, est une notion peu discutée, laisse place à la notion de formalisme ou encore de structure formelle. Nous inspirant des travaux des sciences sociales des années 1950, le but fut de mettre en perspective, non pas la structure formelle informatique uniquement, mais de poser le problème de fond que représente la création de structures et leurs interprétations. Oublier le processus de création, puis d'instanciation, puis de propagation, et enfin d'interprétation, c'est oublier une chaîne de transformations et de réinterprétations. Mais, surtout, c'est oublier la remise au réel qui fut instancié par la structure formelle et par le truchement de la visualisation. Il serait difficile de nier alors que visualiser c'est s'adresser à des structures d'interprétation comme le prouve la vision préattentive qui, en quelques fractions de secondes, permet une identification du réel. Il est également difficile d'émettre une certitude, car si nous parlons de structures, il faut alors envisager un ensemble de structures dont l'organisation nous échappe aujourd'hui, comme par exemple une organisation en chaîne ou hiérarchique de structures qui seraient capables de communiquer au travers d'isomorphismes ou d'invariants.

Dans notre projet, nous sommes passés de la structure formelle ontologique à une structure visuelle, respectant le formalisme de départ rendu possible par la propagation des invariants. Toutefois, si l'élément est un invariant qui ne souffre pas d'être transformé, conservant sa forme et son contenu, la relation quant à elle doit subir une transformation sans pour autant en changer sa nature, redonnant à l'utilisateur le même sens. Cette mise au réel de la relation s'opère par la réification qui, dans la perspective de la visualisation, prend une forme identifiable, faisant appel aux ressources cognitives déjà existantes de l'utilisateur. A ce stade, on comprend que c'est dans la réification des relations que se joue la spatialisation de nos informations.

La deuxième phase du projet concerne la traduction vers les REL cibles. Cette phase, plus délicate structurellement, va transformer les éléments de départ, les concepts, en termes appropriés du REL cible. Cette étape de transformation dont l'automatisation est possible quant au passage du concept au terme, demeure délicate dans la transformation des relations. En effet, si nous pouvions passer de la structure formelle à la structure visuelle à l'aide des invariants, nous serions obligés de passer par des phases de transformations des relations qui ne s'appuieraient plus sur les invariants structurels, mais sur des règles de transformations dictées par les REL cibles. Ces transformations demeurent possibles car elles font parties du même domaine cible.

Les transformations sont alors porteuses des relations qui seront ultérieurement reconstruites par les applications, elles sont donc exogènes à la structure formelle des fichiers XML des REL cibles. La distribution des relations demeurent soit endogènes à la structure comme dans le cas de l'ontologie, soit exogènes comme nous venons de le voir. Ces structures formelles différentes trouvent leur complétude structurelle par la programmation en externalisant les relations ou en confiant au formalisme les liens qui unissent les éléments. La transparence cognitive se joue alors dans la possibilité de respecter la structure formelle ou bien, se trouve dans la possibilité de reconstruire ces relations à l'aide d'algorithmes.

Dans notre cas, nous sommes contraints par l'expressivité des REL cibles opérant, sur notre représentation des connaissances, un filtrage dur, qui limite nos possibilités de déploiement de solutions. Nous avons vu à quel point les DRE sur les dispositifs clients étaient incapables d'informer les utilisateurs allant contre l'idée d'une transparence cognitive englobant les termes contractuels, les données actualisées par l'utilisation des contenus, les retours d'informations, etc. La transparence cognitive se répartie alors, d'une part chez le détenteur de droits qui doit émettre un contrat dans le REL cible, et d'autre part dans le dispositif client reprenant les informations émises en amont par les détenteurs. Nous arrêtant au détenteur de droits dans notre projet, la transparence cognitive permet aux utilisateurs de construire des contrats, encore appelés licence générique, afin de les exporter vers les REL cibles de leur choix. Cette solution nous permet une efficience dans la génération des licences afin d'alléger le travail des distributeurs de contenus, remplaçant le multi-encodage à l'aide d'un générateur unique de licences.

Enfin, plus personnellement, je rejoins Colin Ware dans son livre « Informations vusualization » (Chapitre 1) afin de militer pour une science de la visualisation. La visualisation d'information est une « science » jeune, d'une dizaine d'année d'expérience, et malgré de nombreux travaux entrepris depuis, aucun modèle ni aucune méthode ne semblent avoir émergé de ces recherches. La difficulté est immense, puisqu'il faut aller sonder les mécanismes cérébraux avec des moyens d'investigations encore en devenir, et comprendre une chaîne complexe de transformation allant de la perception visuelle jusqu'au qui se forme en nous. Je terminerai simplement mon travail par cette phrase du structuraliste R. Barthes :

> « L'image est, certes plus impérative que l'écriture ; elle impose la signification d'un coup, sans l'analyser, sans la disperser » Mythologies p.195

BIBLIOGRAPHIE

Livres, articles, revues

Agamben G., *Qu'est-ce qu'un dispositif ?*, Paris : Rivage poche, 2006.

Amacker R., *Linguistique Saussurienne*, Genève : Librairie Droz, 1975.

Authier M., Levy M., *Les arbres de connaissances*, Paris : La découverte, 1998.

Authier M., *Pays de connaissance*, Paris : Éditions du Rocher, 1998.

Bachimont B., *Engagement sémantique et engagement ontologique : conception et réalisation d'ontologies en Ingénierie des connaissances*, article IC, 2000.

Bachimont B. *Arts et science du numérique : ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle*, Hdr, 2004.
Disponible sur : http://www.utc.fr/~bachimon/Livresettheses.html

Bachimont B., Crozat S., *Réinterroger les structures documentaires : de la structure à l'informatisation*, 2004.
Disponible sur : http://www.utc.fr/~bachimon/Publications.html

Bechtold S., *The Present and Future of Digital Rights Management, Musings on Emerging Legal Problems*, 2003.

Bertin J., *Sémiologie graphique, les diagrammes – les réseaux – les cartes*, 2ème édition, Paris : Editions de l'EHESS, 1998.

Bigot R., CREDOC, *La diffusion des technologies de l'information dans la société française*, (document réalisé à la demande du Conseil Général des Technologies de l'Information), 2005.

Bloom P., Jackendoff R., Wynn K. (éd.), *Language, logic, and concepts: Essays in memory of John Macnamara*, Cambridge, MIT Press, 2003.

Bourcier D., de Rosnay M.D., *International Commons at the Digital Age*, Romillat, 2004.

Bruno G., *Des liens*, Paris : Allia, 2004, traduction établi par Tacco & Vitelli au volume III des *Iordani Bruni Nolani Opera Latine Conscripta*, Florence 1981. Texte composés entre 1589 et 1591.

Cail F., *Présention de l'information sur écran de visualisation, revue bibliographique,* Service de physiologie environnementale, centre de recherche de l'INRS, 1998.

Camillo G. *Le théâtre de la mémoire*, Paris : Allia, 2001(Florence 1550).

Changeux J.P., *Épigenèse neuronale du signe linguistique*, 2000.
Disponible : http://www.college-de-france.fr/media/ins_pro/UPL16270_res9900.pdf

Chantepie P., *Mesures techniques de protection des œuvres et DRMS, un état des lieux*, 2003.
Disponible sur : http://www.culture.gouv.fr/culture/cspla/Mptdrms.pdf

Chen P., *The Entity-Relationship Model-Toward A Unified View Of Data*, 1976.

Chen C., *Information visualization, beyong the horizon*, Springer, 2006.

Cockburn A, McKenzie B., *An Evaluation of Cone Trees*, 2000.

Cohen M.S., Kosslyn S.M., Breiter H.C., DiGirolamo G.J., Thompson W.L., Anderson A.K., Bookheimer S.Y., Rosen B.R., Belliveau J.W., *Changes in Cortical Activity During Mental Rotation: A mapping study using functional magnetic resonance imaging,* 1996.

Collectif : *Esthétique des arts médiatiques, interfaces et sensorialité*, sous la direction de Louise Poissant, Québec : Presse de l'université du Québec, 2003.

Coulom R., *Treemaps for Search Visualization*, 2002.
Disponible sur : http://remi.coulom.free.fr/Publications/CGOlympiad2002.pdf

Coyle K., *Rights Expression Languages, a report for the library of Congres*, February 2004.

Delgado J., Gallego I., Llorente S., Garcia R., *IPROnto : An Ontologie for Digital Rights Management*, 2003.

Dosse F., *Histoire du structuralisme, I-Le champ du signe, 1945-1966*, Livre de poche, 1992.

Dosse F., *Histoire du structuralisme, II-Le chant du cygne, 1967 à nos jours*, Livre de poche, 1992.

Duby G., *L'art et l'image*, une anthologie, Éditions parenthèses, 2000.

Dupuy J.P., *Aux origines des sciences cognitives*, Paris : La découverte, 1999.

Eco U., *Le signe*, Paris : Livre de poche, 1980.

Eco U., *Kant et l'ornithorynque*, Paris : Grasset, 1997.

Eckek B., *Thinking in Java*, 2ème éd, Prentice-Hall, 2000.

El Betjali M., *Séminaire d'informatique : visualisation de l'information Arbres et Hiérarchies*, 2006.
Disponible sur : http://diuf.unifr.ch/people/lalanned/Seminar/Seminar0607/ElBetjali_report.pdf

Fernande de Saint Martin, *Sémiologie du langage visuel*, Québec : Presses de l'Université du Québec, 1987.

Fernando G., Jacobs T., Swaminathan V. (Sun Microsystems), Project DReaM, *An Architectural Overview*, 2005.

Finkiekraut A., P. Soriano, *Internet, l'inquiétante extase*, Mille et une nuits, 2001.

Flusser V., *La civilisation des médias*, Belval : Circé, 2006.

Gombrich E.H., *L'art et l'illusion, psychologie de la représentation picturale*, 6ème édition, Paris : Phaidon, 1960-2002.

Groupe μ, *Traité du signe visuel, pour une rhétorique de l'image*, Paris : Seuil 1992.

Gunter C., Weeks S., Wright A., *Models and languages for Digital Rights*, Technical report, White paper, Intertrust star lab, 2001.

Guth S., Neumann G., Strembeck M., *Experiences with the Enforcement of Access Rights Extracted from ODRL-based Digital Contracts*, 2003.

Guth S., Interoperability of Digital Rights Management Systems vie the Exchange of XML-based Rights Expressions, Thèse : Vienna University of Economics and Business

Administration, Austria, 2004.

Hollan J., Bauer D., Fastrez P., *Spatial tools for managing personnal collection*, 2007.
Disponible sur : http://hci.ucsd.edu/hollan/PID38220.pdf

Ianella R., *Digital Rights Management (DRM) Architectures*. D-Lib Magazine, Juin 2001.
Disponible sur : http://www.dlib.org/dlib/june01/iannella/06iannella.html

Iannella R., *Open Digital Rights Language (ODRL), version 1.1*, 2002.

Kalyanpur A., Jiménez D., Battle S, Padget J., *Automatic Mapping of OWL into Java*, 2004.
Disponible sur : http://citeseer.ist.psu.edu/635671.html

Kayser D., *La représentation des connaissances*, Paris : Hermès, 1997

Korzybski A., *Une carte n'est pas le territoire,* 3ème édition, Paris : L'éclat, 2003.

Korzybski A., *Le rôle du langage dans les processus perceptuels*, 1950.

Kremer Marietti A., *Nietzsche, La métaphore et les sciences cognitives*, Colloque International de Philosophie « Penser après Nietzsche »Hammamet (Tunisie) les 24, 25 et 26 mars 2000 Paru dans la *Revue Tunisienne des Etudes Philosophiques*, N° 28-29, 2001.

Kremer Marietti A., *Langage et cognition*, Groupe d'Études et de Recherches Épistémologiques, Paris.
Disponible sur : http://dogma.free.fr/txt/AKM-LangageCognition.htm

La Mettrie J.O. de, *L'homme machine,* Paris : Mille et une nuits, 2000 (1748).

Lacy L.W., *OWL:Representing Information Using the Web Ontology Language*, Trafford, 2005.

Lellouche R., *Théorie de l'écran*, 2004.
Disponible sur : http://testconso.typepad.com/theorieecran.pdf

Lokuge I., Gilbert S.A., Richards W., *Structuring Information with Mental Models : A Tour of Boston*, 1996.

Machery E., *Doit-on se passer de la notion de concept*, 2005.
Disponible sur : http://philosophiascientiae.free.fr/vol2/machery.pdf

Merleau-Ponty, *L'œil et l'esprit,* Paris : Gallimard, 1964.

Mizukoshi D., Hori Y., Gotoh T., *Extension models of Cone Tree Visualizations to Large scale Knowledge base with Semantic Relations*, 2003.

Mondzain M.J., *L'image peut-elle tuer*, Paris ed. Bayard, 2002.

Moretti F, *Graphs Maps Trees, Abstract model for a literary theory*, London : Verso, 2005.

Morin E., Motta R., Ciurana E.R., *Éduquer pour l'ère planétaire*, Ballano, 2003.

Morin E., *La méthode, 3. La connaissance de la connaissance*, Paris : Seuil, 1986.

Nadah N., Bachimont B., *Expression générique des licences : l'apport de l'ontologie*, 2007.

Newell A., *The kownledge level*, 1982.
Disponible sur : http://www.aaai.org/AITopics/assets/PDF/AIMag02-02-001.pdf

Ngen Chong C., Etalle S., and H Hartel P., *Comparing Logic-based and XML-based, Rights Expression Languages,* 2005.

Noy N.F., McGuinness, Développement d'une ontologie 101 : guide pour la création de votre première ontologie, Traduction de l'anglais, BnF.
Disponible sur : http://www.bnf.fr/PAGES/infopro/normes/pdf/no-DevOnto.pdf

Pélissier A., Tête A., *Sciences cognitives, textes fondateurs (1943-1950)*, Paris : Puf,1995.

Piaget J., *Le structuralisme*, Presse universitaire de France, 12ème édition, 2004.

Plaisant C., Fekete J.D., *Task Taxonomy for Graph Visualization*, 2006.
Disponible sur : http://www.lri.fr/~fekete/ps/TaskTaxo-Graphs.pdf

Polo J., Prados J., *Delgado J., Interoperability between ODRL and MPEG-21 REL*, 2004.

Potsma A. *et al.*, *Sex difference in object location memory*, 1998.

Poulain G., *Métaphore et multimédia, concepts et applications*, Paris : La documentation française, 1996.

Proust J., *L'animal intentionnel*, Terrain, N° 34 – Les animaux pensent-ils ?, p. 23-36, 2000.

Rastier F., Cavazza M., Abeillé A., *Sémantique pour l'analyse*, Masson, 1994.

Rastier F., *Revue des sciences et technologies de l'information*, série : *Revue d'Intelligence artificielle*, 2004, vol. 18, n°1, p. 15-40.

Richard J.F., Richard A., *Les bases des fonctionnements cognitifs*, *in* cours de psychologie I. Origines et bases. Sous la direction de R. Ghiglione et J.F. Richard. Paris, Dunod, 1995, p. 431.

Robertson G.G. Mackinlay J.D., Card S.K., *Cone Trees : Animated 3D visualizations of hierarchical Information*, Xerox Palo Alto Research Center, 1991.

Rock I., *La perception*, Traduction de la première édition américaine, Paris : De Boeck Université, 2001.

Rodieck R.W., *La vision*, Traduction de la première édition américaine, Paris : De Boeck Université, 2003.

Rosnay de M.D., *Cognitive Interfaces for Legal Expressions Description – Application to Copyrighted Works Online Sharing and Transactions*, 2003.

Rosset C., *Le réel et son double*, Gallimard, 1993.

Rousseaux F., Bonardi A., *L'émergence de connaissances dans le secret de nos collections*, 2006.

Rousseaux F., *Contribution à une méthodologie d'acquisition des connaissances pour l'ingénierie des systèmes d'information et de communication : l'exemple de CHEOPS pour l'aide à la gestion de crises collectives à caractère géopolitique*, HDR, 1995.

Sans T., Cuppens F., *Vers une formalisation des langages de DRM*, 2004.
Disponible sur : http://www-smis.inria.fr/~bouganim/CASC/Publications/ENST_Inforsid_2004_Vers%20une%20formalisation%20des%20langages%20de%20DRM.pdf

Schneiderman B., Plaisant C., *Designing the user interface*, 4ème édition, Pearson, 2005.

Serres M., « Structure et importation : des mathématiques aux mythes » *in HERMÈS I, La communication*, Paris : Les éditions de minuit, 1968.

Spence R., *Information visualization, Design for interaction*, second edition, Pearson 2007.

Simondon G., *Du monde d'existence des objets techniques*, Paris : Aubier, 1989.

Singh S., *L'histoire des codes secrets*, Paris : JC Lattès, 1999.

Soutet O., *Linguistique*, Paris : PUF, 1995.

Stefik M., *Knowledge systems*, San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers, inc, 1995.

Tergan S.O., *Knowledge and Information Visualization, Searching for Synergies*, Berlin : Springer, 2005.

Thiollière M., Rapport fait au nom de la commission des Affaires culturelles (1) sur le projet de loi relatif au droit d'auteur et aux droits voisins dans la société de l'information, 2006.

Tijus C., *Introduction à la psychologie cognitive*, Paris : Armand Colin, 2004.

Truong J.M., *Totalement inhumaine*, Paris : Les empêcheurs de penser en rond, 2001.

Uschold M., Jasper R., A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications, 1999.
Disponible sur : http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/Teaching/cs646/Papers/uschold99.pdf

Van Zyl J, Corbett D., *A framework for Comparing the use of a Linguistic Ontology in an Application*, 2003.
Disponible sur : http://citeseer.ist.psu.edu/443031.html

Varela F. J., *Autonomie et connaissance, essai sur le vivant*, Seuil, 1989.

Vauclair J., « L'intelligence de l'animal » dans *Le cerveau, le langage, le sens*, *vol. 5* , Paris : Odile Jacob, 2002.

Wache H. & al., Ontology-Based Integration of Information, *A Survey of Existing Approaches, In: Proceedings of IJCAI-01,* Workshop: Ontologies and Information Sharing, Seattle, WA, 2001, Vol. pp. 108-117.

Wang X., DeMartini Thomas, Wragg B. Barlas C & P., *The MPEG-21 Rights Expression Langauge and Rights Data Dictionary,* 2004.

Ware C., *Information visualization, perception for design*, Morgan Kaufmann publishers, 2004.

Woolman M., *Données à voir, le graphisme d'information sur support numérique*, London : Thames & Hudson, 2002.

Wittkower R., *La migration des symboles*, Thames & Hudson, 1992.

Yates F.A., *L'art de la mémoire*, Paris : Gallimard, 1966.

SITE WEB

DRM & REL

A Guide to Digital Rights Managment (Gouvernement Australien).
http://www.dcita.gov.au/drm/index.html

Internet : gouvernement français.
http://delegation.internet.gouv.fr

XML and Digital Rights Management (DRM) – Cover Pages.
http://xml.coverpages.org/drm.html

Format Ouverts : traite de tous les formats, protocoles et standards ouverts.
http://formats-ouverts.org/blog/2005/09/28/551-dossier-drm

Europe For DRM.
http://www.europe4drm.com/index.php

Cryptographie
http://www.securiteinfo.com/cryptographie/symetrique.shtml

INDICARE - The INformed DIalogue about Consumer Acceptability of DRM Solutions in Europe.
http://www.indicare.org/

Rapport "Mesures techniques de protection des oeuvres et DRMS".
http://www.ddm.gouv.fr/pdf/rapport_drm_2003.pdf (PDF)

MPEG-LA ➔ MPEG Licencing Authority (bureau de distribution des licences MPEG)
http://www.mpegla.com/index1.cfm

Sur les Métadonnées.
http://peccatte.karefil.com/Software/Metadata.htm

DRM pour les Entreprises.
http://solutions.journaldunet.com/0305/030526_ie.shtml

ODRL RDD & REL.
http://odrl.net

Histoire des DRM vue par ODRL.
http://odrl.net/pioneer.html

DMP (Digital Media Project).
http://www.dmpf.org/

MPEG Accès sécurisé.
http://mpeg.nist.gov/welcome.php

MPEG Leonardo Chiariglione.
http://www.chiariglione.org/mpeg/

Oak Law Project, Open Access to Knowledge.
http://www.oaklaw.qut.edu.au/

Karen Coyle, Right Expression Language, a report for the library of congress.
http://www.kcoyle.net/

Sun DREAM Project.
http://www.openmediacommons.org/

Vicky Weismann - Applying formal methods to problems in computer science, particularly security and privacy.
http://www.cs.cornell.edu/People/vickyw/

DRM Technology, Bill Rosenblatt – Actualité sur les DRM.
http://www.drmwatch.com/

Lutte Anti DRM.
http://defectivebydesign.org/

VISUALISATION et PERCEPTION

Mack, I. Rock, inattentional blindness.
http://psyche.cs.monash.edu.au/v5/psyche-5-03-mack.html

Ben Schneiderman, logicile Sequoia.
http://www.win.tue.nl/sequoiaview/

Ben Schneiderman, histoire des Treemaps
http://www.cs.umd.edu/hcil/treemap-history/

Tree Maps IBM.
http://services.alphaworks.ibm.com/manyeyes/page/Treemap.html

Gallery of Data Visualization, The Best and Worst of Statistical Graphics.
http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/

Cyberatlas : cartes du cyber espace.
http://www.cybergeography.org/atlas/

Jim Hollan, logiciel Dynapad.
http://hci.ucsd.edu/hollan/dynapad.htm

Visual Complexity- Projects.
http://www.visualcomplexity.com/vc/

National Science foundation – Science and engineering challenge.
http://www.nsf.gov/news/special_reports/scivis/index.jsp

Java class Library for : for the visualization of networks and diagrams.
http://www.yworks.com/en/index.html

Thésaurus visuel.
http://www.visualthesaurus.com/

Online delivery of emerging software services from IBM research and development labs.
http://services.alphaworks.ibm.com/manyeyes/home

Interactive animations of several types of binary search trees.
http://www.ibr.cs.tu-bs.de/courses/ss98/audii/applets/BST/

Perception in Visualization.
http://www.csc.ncsu.edu/faculty/healey/PP/index.html

Recherches de Christopher Healey : perception, cognition, visualisation
http://www.csc.ncsu.edu/faculty/healey/

Visual cognition lab – Démonstration sur le Change Blindness.
http://viscog.beckman.uiuc.edu/djs_lab/demos.html

La nécessité de l'attention pour observer le changement.
http://www.psych.ubc.ca/~rensink/flicker/

Motion Induced Blindness.
http://www.infovis.net/printMag.php?num=92&lang=2

FAMILLE XML

Recherches HP.
http://www.hpl.hp.com/semweb/publications.htm

INFORMATQUE

Documentation Java.
http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/api/

Jena – A Semantic Web Framework for Java.
http://jena.sourceforge.net/

AUTRES SITES

Sémantique générale A. Korzybski.
http://semantique-generale.over-blog.com/

The wholel brain.
http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html

Linguistique, sémantique.
http://www.revue-texto.net/

Herméneutique matérielle et artéfacture : Des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser - Critique du formalisme en Intelligence Artificielle (résumé de thèse)
http://www.revue-texto.net/Lettre/Bachimont_Hermen.html
Échange entre François Rastier et Bruno Bachimont sur sa thèse

Herméneutique matérielle et artéfacture : Des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser
http://www.revue-texto.net/Dialogues/Rastier-Bachimont.html

Protocole et formalisme, Gregory Chatonsky
http://incident.net/users/gregory/wordpress/01-protocole-et-formalisme/

Loftus E.F., Misinformation and Memory The Creation of New Memories (1989),
http://faculty.washington.edu/eloftus/Articles/hoff.htm

ANNEXE

Récapitulatif des algorithmes de chiffrement

Année d'apparition	Nom	Type	Taille	Année de cassage	Par qui ?
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-140)	Chiffrement	140 bits	1999	Une équipe internationale de chercheurs et la puissance de calcul du SARA Amsterdam Academic Computer Center
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-155)	Chiffrement	155 bits	1999	Une équipe internationale de chercheurs
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-160)	Chiffrement	160 bits	2002	Une équipe internationale de chercheurs du BSI
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-576)	Chiffrement	560 bits	2003	Une équipe internationale de chercheurs
1976	Data Encryption Standard (DES)	Chiffrement	56 bits	1997	Utilisateurs d'Internet sous la bannière de Distributed.net et Electronic Frontier Foundation
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-79)	Chiffrement	79 bits	1997	Inconnu
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-89)	Chiffrement	89 bits	1998	Inconnu
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-97)	Chiffrement	97 bits	1999	Inconnu
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-109)	Chiffrement	109 bits	2002	Utilisateurs d'Internet sous la bannière d'Ecc2.com
1987	Rivest Cipher 4 (RC4)	Chiffrement	40 bits	1995	Adam Back, Eric Young et David Byers
1990	Message Digest Algorithm (MD4)	Hachage	128 bits	1996	Hans Dobbertin
1991	Message Digest Algorithm (MD5)	Hachage	128 bits	2004	Xiaoyun Wang
1993	Secure Hash Algorithm (SHA-0)	Hachage	160 bits	2004	Antoine Joux, la DCSSI et de l'Université de Versailles-Saint-Quentin
1994	Rivest Cipher 5 (RC5-56)	Chiffrement	56 bits	1997	Utilisateurs d'Internet sous la bannière de Distributed.net
1994	Rivest Cipher (RC5-64)	Chiffrement	64 bits	2002	Utilisateurs d'Internet sous la bannière de Distributed.net
1997	CS Cipher (CSC-56)	Chiffrement	56 bits	2000	Utilisateurs d'Internet sous la bannière de Distributed.net
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-640)	Chiffrement	640 bits	-	*Pas encore cassé.* RSA Labs offre 20000 dollars à celui qui le cassera.
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-704)	Chiffrement	704 bits	-	*Pas encore cassé.* RSA Labs offre 30000 dollars à celui qui le cassera.
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-768)	Chiffrement	768 bits	-	*Pas encore cassé.* RSA Labs offre 50000 dollars à celui qui le cassera.
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-896)	Chiffrement	896 bits	-	*Pas encore cassé.* RSA Labs offre 75000 dollars à celui qui le cassera.
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-1024)	Chiffrement	1024 bits	-	*Pas encore cassé.* RSA Labs offre 100000 dollars à celui qui le cassera.
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-	Chiffrement	1536 bits	-	*Pas encore cassé.* RSA Labs offre 150000 dollars à celui qui le cassera.

	1536)				
1974	Rivest, Shamir and Adleman (RSA-2048)	Chiffrement	2048 bits	-	*Pas encore cassé.* RSA Labs offre 200000 dollars à celui qui le cassera.
1977	Data Encryption Standard (Triple-DES)	Chiffrement	192 bits	-	*Pas encore cassé*
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-131)	Chiffrement	131 bits	-	*Pas encore cassé*
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-163)	Chiffrement	163 bits	-	*Pas encore cassé*
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-191)	Chiffrement	191 bits	-	*Pas encore cassé*
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-239)	Chiffrement	239 bits	-	*Pas encore cassé*
1985	Elliptic Curve Cryptography (ECC-359)	Chiffrement	359 bits	-	*Pas encore cassé*
1994	Rivest Cipher 5 (RC5-72)	Chiffrement	72 bits	-	*Pas encore cassé.* Durée estimée de cassage au 01/10/2004 : 800 ans. Rejoignez notre équipe de casssage de la clé RC5-72
1995	Secure Hash Algorithm (SHA-1)	Hachage	160 bits	-	*Pas encore cassé*
1995	Secure Hash Algorithm (SHA-224)	Hachage	224 bits	-	*Pas encore cassé*
1995	Secure Hash Algorithm (SHA-256)	Hachage	256 bits	-	*Pas encore cassé*
1995	Secure Hash Algorithm (SHA-384)	Hachage	384 bits	-	*Pas encore cassé*
1995	Secure Hash Algorithm (SHA-512)	Hachage	512 bits	-	*Pas encore cassé*
1999	AES (AES-128)	Chiffrement	128 bits	-	*Pas encore cassé*
1999	AES (AES-192)	Chiffrement	192 bits	-	*Pas encore cassé*
1999	AES (AES-256)	Chiffrement	256 bits	-	*Pas encore cassé*

Sont conseillés actuellement de choisir **AES** et **RSA-704** pour le chiffrement et **SHA-256** pour le hachage. Triple-DES et SHA-1 vivent certainement leur dernières années de robustesse...

Source : http://www.securiteinfo.com/crypto/cracked.shtml

NOTE PERSONNELLE