

Ingénierie des connaissances et des contenus

© LAVOISIER, 2007

LAVOISIER
11, rue Lavoisier
75008 Paris

www.hermes-science.com
www.lavoisier.fr

ISBN 978-2-7462-1369-2

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Tous les noms de sociétés ou de produits cités dans cet ouvrage sont utilisés à des fins d'identification et sont des marques de leurs détenteurs respectifs.

Printed and bound in England by Antony Rowe Ltd, Chippenham, October 2007.

Ingénierie des connaissances et des contenus

le numérique entre ontologies et documents

Bruno Bachimont

hermes
Science
— publications —

Lavoisier

DIRECTION ÉDITORIALE JEAN-CHARLES POMEROL
Collection Science informatique et SHS
sous la direction de Catherine Garbay

Frédéric AMBLARD et Denis PHAN, *Modélisation et simulation multi-agents*, 2006.

Jean CAELEN et Anne XUEREB, *Interaction et pragmatique*, 2006.

Table des matières

Chapitre 1. Introduction	9
1.1. Ingénierie des inscriptions de connaissance	10
1.2. Ingénierie des inscriptions numériques	14
1.3. Ingénierie des connaissances et des contenus	14
1.4. Note terminologique	17
PREMIÈRE PARTIE. INGÉNIERIE DU NUMÉRIQUE	21
Chapitre 2. Numérique et ingénierie	23
2.1. Numérique : entre informatisation et numérisation	25
2.2. Numérique : formalisation et codification	26
2.2.1. La cybernétique	28
2.2.2. Le programme de Hilbert	30
2.3. Numérique et tendance technique : manipulation et arbitraire sémantique	32
2.3.1. L'essence du numérique	32
2.3.2. Le noème du numérique	33
2.3.3. La tendance du numérique	35
2.3.3.1. Tendance technique	35
2.3.3.2. Tendance technique du numérique	37
2.4. Ingénierie numérique	38
2.4.1. Ingénierie et technique	38
2.4.2. Ingénierie des représentations et des contenus	40
Chapitre 3. Numérique et ingénierie des connaissances	43
3.1. L'ingénierie des connaissances comme science cognitive appliquée	47
3.2. Modéliser le sens : le formalisme en question	49
3.2.1. Le formalisme comme double principe	49
3.2.2. Formalisme et modélisation des connaissances	52

6	Ingénierie des connaissances et des contenus	
3.3.	Les problèmes de l'approche formaliste	55
3.4.	Modéliser le sens : retour aux contenus	60
3.4.1.	Interprétabilité du symbolique	61
3.4.1.1.	Des objets investis d'esprit	61
3.4.1.2.	Des représentations orthothétiques	65
3.4.2.	Effectivité du symbolique	67
Chapitre 4.	Numérique et ingénierie des contenus	69
4.1.	La raison graphique	71
4.2.	La raison computationnelle	73
4.3.	Enjeux d'une ingénierie des contenus	76
4.3.1.	Désorientation	76
4.3.2.	Surmonter la désorientation	78
4.4.	Conclusion : inscriptions et ingénierie des connaissances	80
DEUXIÈME PARTIE.	CONNAISSANCES ET ONTOLOGIES	83
Chapitre 5.	Problématiques ontologiques	85
5.1.	Acquisition et ingénierie des connaissances	86
5.2.	Les ontologies : définitions et fonctions	92
5.3.	Le problème du concept	93
5.3.1.	Différentes approches du concept	95
5.3.2.	Le concept comme catégorie et essence	96
5.3.2.1.	L'héritage platonicien	96
5.3.2.2.	Catégories et prédicables	98
5.3.2.3.	Une critique nominaliste	104
5.3.2.4.	Quel héritage ?	105
5.3.3.	Trois points de vue sur les concepts	106
5.4.	Conclusion	108
Chapitre 6.	Modélisations ontologiques	109
6.1.	Le concept : entre forme et matière	113
6.2.	L'ontologie formelle	114
6.3.	L'approche phénoménologique	117
6.3.1.	Essences matérielles et formelles	117
6.3.2.	Ontologie matérielle et ontologie formelle	119
6.3.3.	Le contenu de l'ontologie formelle	119
6.3.4.	Le contenu de l'ontologie matérielle	121
6.3.5.	Idéation et variation eidétique	122
6.3.6.	Les essences différentielles	124
6.3.7.	Le formel comme cadre logique du matériel	125
6.4.	Les propositions de Guarino	126
6.5.	Conclusion	128

Chapitre 7. Pratiques ontologiques	131
7.1. La méthodologie ARCHONTE	132
7.1.1. Connaissances, documents et ontologies	133
7.1.2. Ontologie différentielle	134
7.1.2.1. La structuration globale : l'arbre ontologique	139
7.1.2.2. La structuration locale : les principes différentiels	142
7.1.2.3. Concepts et relations	144
7.1.2.4. Engagement sémantique et modélisation des primitives	144
7.1.2.5. Ontologie régionale et engagement sémantique	145
7.1.3. Ontologie référentielle	146
7.1.4. Ontologie computationnelle	148
7.1.5. Du différentiel au formel	149
7.2. ARCHONTE et les autres travaux sur les ontologies	152
7.2.1. Les langages de représentation	153
7.2.2. Les méthodologies de modélisation	154
7.2.3. Les outils d'édition	155
7.2.4. Situation d'ARCHONTE	156
7.2.5. Utilisation d'ARCHONTE	158
7.3. Des ontologies aux anthologies	158
7.4. Conclusion	160
TROISIÈME PARTIE. CONTENUS ET DOCUMENTS	163
Chapitre 8. Problématiques documentaires	165
8.1. L'interprétation, comme objectivation et appropriation	171
8.2. Les différentes caractéristiques des documents	173
8.2.1. L'inscription matérielle et ses différentes dimensions	173
8.2.2. Les caractéristiques des documents	178
8.2.3. Au-delà du document : hypertextes et hyperdocuments	181
8.2.3.1. Un hyperdocument particulier : le dossier	182
8.2.3.2. Les caractères génériques des hyperdocuments	184
8.2.3.3. Vers les hyperdocuments numériques : le cas du web	185
8.3. La numérisation des documents	187
8.3.1. La numérisation des formes physiques et signifiantes	188
8.3.2. Numérisation des documents structurés	191
Chapitre 9. Modélisations documentaires	193
9.1. L'indexation des documents	196
9.1.1. Caractérisations générales	196
9.1.1.1. Indexation traditionnelle	196

8 Ingénierie des connaissances et des contenus

9.1.1.2. Finesse et granularité d'indexation	197
9.1.2. Les conséquences de l'informatisation	198
9.1.2.1. Granularité et informatisation	198
9.1.2.2. Indexation par le contenu	200
9.1.3. Indexation : trois types et trois aspects	204
9.2. L'indexation des documents hypermédias	207
9.2.1. Les objets temporels	208
9.2.2. Un cahier des charges pour l'indexation multimédia	212
9.2.3. MPEG 7	213
9.2.3.1. Structures de MPEG-7	214
9.2.3.2. Les schémas pour le son	215
9.2.3.3. Les schémas pour la vidéo	215
9.2.3.4. Les schémas pour le multimédia	216
9.3. Conclusion : standard et indexation	218
Chapitre 10. Pratiques documentaires	221
10.1. Déplacements induits par le numérique	223
10.1.1. L'effacement de l'auteur	223
10.1.2. De la connaissance à la rumeur	225
10.1.3. De l'érudition à la consultation	225
10.2. Enjeux de la pratique documentaire	228
10.2.1. Enjeux techniques	229
10.2.2. Enjeux culturels	231
10.2.3. Enjeux méthodologiques	233
10.2.3.1. Formaliser le contenu : ontologie ou thesaurus	233
10.2.3.2. Construire un projet documentaire	237
10.3. Ingénierie des connaissances et objectivation rhétorique	239
10.4. Conclusion	241
Chapitre 11. Conclusion	243
Glossaire	247
Bibliographie	265
Index	277

Chapitre 1

Introduction

La notion et le terme d'ingénierie sont à la mode. Il n'est pas un domaine d'activité qui ne revendique une ingénierie : ingénierie des ressources humaines, ingénierie en organisation, ingénierie patrimoniale, ingénierie financière, ingénierie en gestion, etc. Ces ingénieries viennent s'ajouter aux domaines traditionnels de l'ingénierie, comme la mécanique, l'électrotechnique, l'informatique. On peut s'interroger sur le succès terminologique d'un tel vocable et chercher à comprendre pourquoi on l'applique à des domaines traditionnellement réputés non techniques.

Le succès du terme d'« ingénierie » vient probablement du fait qu'il permet de conférer aux activités qui s'en emparent les traits d'efficacité, d'efficience et de rationalité qui lui sont habituellement associés. En outre, les différents domaines ainsi qualifiés d'ingénierie mettent désormais en œuvre des projets dont on prend en compte les différentes dimensions et dont on assume la complexité et la globalité ; enfin ces domaines tendent à mobiliser des procédés systématiques et répétables à travers une standardisation des situations où les éléments les constituant sont réduits à des composants d'un dispositif technique.

Mais il y a bien souvent un abus de langage qui provient d'une confusion entre méthode et technique, méthodologie et ingénierie. En définitive, la qualification d'ingénierie ne suffit guère à renseigner sur la démarche qui sera adoptée ni sur le type d'activité visée.

Aussi, en plaçant cet ouvrage sous l'égide de l'ingénierie des connaissances, il ne suffit pas de savoir qu'il s'agit d'ingénierie pour en déduire et comprendre de quoi il s'agit. Mais il ne faut pas attendre davantage d'éclaircissement de l'objet donné à cette ingénierie, la connaissance. En effet, la connaissance reste un terme fort général qui intervient dans toutes les activités humaines. La connaissance ne circonscrit pas un

domaine pour une ingénierie, ni ne détermine un *objet* du fait de la pluralité des points de vue qu'il faut convoquer pour traiter des connaissances. Ces difficultés viennent en écho au doute qui s'empare des praticiens de cette discipline qui reconduisent régulièrement la discussion épistémologique à propos des fondements de leur domaine¹, ou bien s'interrogent sur les connexions entre l'ingénierie des connaissances et des disciplines voisines². Bref, en parlant d'ingénierie des connaissances, on ne dit rien ni sur l'objet, ni sur la méthode. En restant à cette expression, nous ne ferions que contribuer à la confusion ambiante et à davantage encore galvauder le terme d'ingénierie.

Mais c'est que cette expression est impropre et doit être comprise selon nous comme le raccourci d'« ingénierie des inscriptions numériques de connaissances ». Il s'agit donc de comprendre quelle relation nous établissons entre inscription et connaissance, en quoi les inscriptions peuvent faire l'objet d'une ingénierie et ce que nous entendons par ce terme, et, enfin, le rôle que peut jouer le numérique dans cette pièce aux acteurs multiples.

1.1. Ingénierie des inscriptions de connaissance

L'une des thèses centrales de ce travail est que la connaissance n'est pas un objet, mais qu'elle ne s'appréhende qu'à travers des objets dont elle est l'interprétation. Ces objets, nous les appelons des *inscriptions*. Une inscription est un objet physique et matériel, dont l'usage renvoie à la fois à une manipulabilité technique de sa matérialité physique et à une construction interprétative selon des normes liées au contexte culturel et selon une dynamique propre à la situation de l'interprétation. Une inscription, c'est avant tout un objet technique qu'on élabore et un contenu culturel qu'on interprète.

L'inscription possède en effet une structure matérielle. Par exemple si l'on considère une inscription comme un document imprimé ou un livre, la mise en page, la typographie, la nature du papier, etc., formatent sa matérialité et son apparence, la forme sous laquelle elle est perçue et interprétée. Or cette structure matérielle conditionne la manière de lire et d'interpréter. L'interprétation s'effectue selon des conventions le

1. Voir par exemple [CHA 01] où de nombreuses questions sur la nature, le statut et la fonction de l'ingénierie des connaissances sont posées et discutées : est-ce que l'ingénierie des connaissances est une science, une technologie, un art pratique ? Peut-on l'enseigner ? Quelles disciplines faut-il convoquer pour pratiquer l'ingénierie des connaissances ?

2. En particulier, on note des convergences avec les sciences de l'organisation [ZAC 00], les sciences de la gestion [CHA 02b, TEU 01], le management, la capitalisation et la gestion des connaissances [ZAC 01a, ZAC 01b, ERM 96] ou l'ethnométhodologie et le cours d'action [SAL 01a].

plus souvent acquises par l'apprentissage et l'éducation, et mobilisées par la structure matérielle de l'inscription. Mais ces conventions ne sont jamais appliquées telles quelles ; elles donnent toujours lieu à une invention particulière, une improvisation du sens, où le lecteur s'approprie de manière singulière l'inscription qu'il consulte. Il y a donc un mouvement et une invention de l'interprétation sur le fond de l'application et de la répétition des conventions³.

Une inscription est ainsi à la fois un objet matériel et un objet intentionnel. C'est un objet matériel dans la mesure où elle est constituée à partir du façonnage d'une matière physique ou de la délimitation d'un objet dans l'environnement concret. L'inscription est également un objet intentionnel dans la mesure où elle est considérée non pas pour ce qu'elle est, sa constitution physique propre, son apparence matérielle, mais pour ce qu'elle n'est pas : ce qu'elle signifie, ce qu'elle représente. L'étude des objets intentionnels consiste à établir à quelles conditions l'objet suscite l'interprétation, en fonction de sa constitution matérielle et de son environnement socio-culturel. C'est dans l'interprétation que l'inscription prend son objectivité en tant qu'inscription, pour devenir l'inscription *de* quelque chose, qu'elle prend sa cohésion et sa cohérence (on peut la délimiter comme un *signe*), et que l'univers signifié ou intentionné se constitue. L'inscription peut alors s'aborder selon plusieurs points de vue théoriques :

Selon un point de vue relevant des sciences de la nature : les inscriptions sont des objets matériels dont l'élaboration et la transformation résultent de transformations techniques elles-mêmes de plus en plus souvent fondées sur des modélisations logico-mathématiques : informatique, logique mathématique, mathématiques du signal, reconnaissance des formes, etc.

Selon un point de vue relevant des sciences de la culture : les inscriptions renvoient à des interprétations dont la description n'est pas d'ordre à fonder une technique, mais à motiver une critique de leur usage et de leur élaboration. En effet, alors que le *logos* scientifique a pour ambition de fonder l'exactitude et la répétabilité nécessaire et universelle des fonctionnements techniques, la description critique des sciences de la culture rend compte de la variabilité de l'interprétation en fonction des contextes sans prétendre à la répétabilité. En montrant la variation contextuelle et l'impact des normes socio-culturelles, la description critique montre des régularités et permet une connaissance autorisant davantage des ajustements issus de l'usage dans la confrontation au réel

3. On pourra parler d'une *individuation* au sens de Gilbert Simondon [SIM 05]. L'individuation est la résolution d'une tension, ici entre la convention standard et la situation singulière. Appliquant les conventions culturelles qu'il a apprises, le lecteur invente le sens de sa lecture et s'individue : il devient lui-même à travers l'individuation du sens de l'inscription. De même, l'usage fondant la convention, cette dernière évolue et donc s'individue également. On a donc une individuation collective (la convention), psychique (le lecteur) et culturelle (la lecture).

qu'une construction technique. Les sciences de la culture constituent un *logos* dont la rationalité et la scientificité ne consistent pas dans des lois prédictives et répétables, mais dans l'intelligibilité de la variation contextuelle et de l'interaction avec les normes et les usages. En tant que telles, elles ne fondent donc pas une technique, mais un usage de cette technique, que ce soit pour l'élaborer, la mettre en œuvre ou la confronter aux affaires humaines.

Mais les inscriptions relèvent avant tout d'une pratique, technique et culturelle, qui précède les reprises théoriques dont elle est l'objet. Il existe en effet un savoir-faire lié à la création, la transmission et l'interprétation des inscriptions que ne parviennent pas à épuiser les constructions théoriques, qu'elles concernent la face matérielle ou intentionnelle des inscriptions. Plutôt qu'à une science, la prise de conscience de ce savoir-faire donne lieu à la mise en place d'une ingénierie (voir encadré 1.1), si l'on comprend par ce terme une pratique rationalisée, qui soumet ses finalités contingentes et utilitaires à l'examen théorique et réflexif tout en plongeant la réflexion abstraite et idéalisée des sciences dans la complexité du concret qui les dépasse et les fait progresser.

L'ingénierie n'est donc pas une science appliquée où il suffirait de mettre en œuvre dans un contexte pratique le savoir théorique : l'ingénierie est une dimension originale du savoir humain qui excède la posture scientifique. Même si la science trouve dans l'ingénierie des dispositifs qu'il lui faut comprendre et expliquer, même si l'ingénierie trouve dans la science des principes qu'elle peut mettre en œuvre, science et ingénierie ne pourraient se confondre ni fusionner. Le travail du laboratoire n'est pas l'ingénierie sur le terrain concret et réel, puisque l'objectif d'élaborer des lois idéalisées du réel dans le contexte épuré du laboratoire n'est pas celui de résoudre les problèmes dans la situation concrète où ils se posent.

Quand la technique se rationalise pour prendre conscience de son savoir-faire, elle se fait ingénierie. L'ingénierie a souvent été pensée comme l'application de la science. Mais on constate une évolution de ce schéma, dans la mesure où la technologie permet de construire des choses et d'accomplir des actions que notre science ne comprend pas [ARE 61]. On peut distinguer les étapes suivantes :

L'ingénierie artisanale où le monde est pensé sur le modèle de l'atelier. L'artisan ré-invente à chaque fois l'usage de ses outils et improvise pour s'adapter à la nature singulière des matériaux qu'il utilise (les nœuds dans le bois) et la commande particulière qui lui est faite (un meuble unique).

L'ingénierie industrielle où le monde est pensé sur le modèle de l'usine, qui n'est que le passage à l'échelle du laboratoire. Dans ce contexte, le monde se présente de manière cadrée et enrégimentée dans le système de production : les matériaux ne sont plus bruts, mais préfaçonnés en vue de la production. On

passer de l'improvisation artisanale à la répétabilité et la standardisation industrielles.

L'ingénierie complexe où le monde se présente comme un système complexe traversé de contraintes globales et souvent contradictoires. Il faut constamment improviser pour adapter les solutions normalisées au contexte concret : il n'est plus possible de s'isoler dans l'usine, elle est désormais ouverte aux particularités et contingences du dehors. On conserve le savoir-faire industriel, mais il faut innover et inventer en permanence sa mise en œuvre.

L'ingénierie invente des solutions singulières à des problèmes globaux et concrets, solutions qu'elle tente de rationaliser et de rendre répétables. Mais, la solution déplaçant les termes du problème auquel elle répond, l'ingénierie est condamnée à improviser en permanence pour réaliser les possibles qu'elle invente.

Alors que la science vise à découvrir des connaissances que nous n'avons pas encore, la technique vise à inventer des artefacts qui n'existent pas encore [AUY 04]. La science dégage les lois de la nature, découvrant la nécessité à la base des phénomènes : elle vise à l'universel, ce qui est valable toujours et partout, ce qui est répétable sans exception. La technique construit ce qui pourrait ne pas exister : elle est dans la contingence, c'est-à-dire dans le non nécessaire ; « la technique aime le hasard » comme le souligne Aristote (*Ethique à Nicomaque, Livre VI*).

De prime abord, la technique s'inscrit dans les possibles de l'Être, elle invente là où la nécessité de la nature en laisse la possibilité. Mais, à l'examen, la technique invente les possibles au lieu de seulement les peupler de ses artefacts. Autrement dit, la technique ouvre des horizons nouveaux pour l'action et permet de construire ce que les lois de l'Être ne permettraient pas d'anticiper. C'est par exemple (comme le souligne [STI 04]) le génie génétique qui, en permettant de manipuler le patrimoine génétique des individus, permet à l'acquis de modifier l'inné, révisant ainsi la loi consacrant l'indépendance du *germen* et du *soma*.

Encadré 1.1. Science, technique et ingénierie

Ainsi, l'ingénierie des connaissances porterait sur les inscriptions comprises comme des productions matérielles de l'esprit destinées à l'interprétation, interprétation conduisant à des connaissances que l'on veut élaborer, transmettre ou encore acquérir et mobiliser. Elle serait une technique dans la mesure où elle vise à développer des outils et méthodes de manipulation des inscriptions, que ce soit pour faciliter le travail de l'esprit, l'élaboration, la transmission ou la réception des connaissances. Elle serait enfin une ingénierie car elle rationaliserait l'ensemble des savoir-faire constitués autour de ces inscriptions en un corps cohérent de méthodes et savoirs.

1.2. Ingénierie des inscriptions numériques

Mais cette caractérisation ne suffit pas. Si elle indique comment l'ingénierie des connaissances s'articule entre différents types de savoir pour donner une technologie des inscriptions, elle ne permet pas de la rapporter à un domaine délimité et à un objet défini. En effet, la production d'inscriptions repose sur un ensemble infini de procédés techniques et les modalités interprétatives sont également innombrables. Se fonder par conséquent sur les notions d'« ingénierie » et de « connaissance » pour comprendre ce qu'il faut entendre par ingénierie des connaissances est insuffisant.

Pour ne pas noyer le projet d'une ingénierie des connaissances dans l'interdisciplinarité des recherches se rapportant de près ou de loin à la connaissance et à son instrumentation, pour ne pas le perdre non plus dans les impacts sociétaux de la « course à la connaissance » et de la « société de la connaissance », il est important de mobiliser un élément supplémentaire pour restreindre, mais aussi approfondir, le domaine de l'ingénierie des connaissances.

A ces questions portant sur l'unité et la portée de l'ingénierie des connaissances, une réponse vient des technologies numériques. En effet, ce principe technologique, autrement dit un principe croisant science et ingénierie et donnant lieu à des réalisations techniques, a profondément modifié l'élaboration des instruments de la connaissance. En permettant d'une part d'informatiser les traitements et, d'autre part, de discrétiser les contenus, le numérique propose un cadre technique *homogène* où contenus et outils sont intégrés, et *universel* où la plupart des connaissances et des contenus peuvent s'exprimer et se représenter.

L'unité et la cohérence de l'ingénierie des connaissances lui viendra principalement de la base technique et technologique que constitue le numérique : support universel, il mobilise les lois du calcul et des représentations symboliques et permet de construire des instruments de connaissances. A l'éclatement de la réflexion, il oppose une unité scientifique et technique et permet une herméneutique des usages.

1.3. Ingénierie des connaissances et des contenus

Le support numérique suscite deux tendances complémentaires. Selon la première, la calculabilité des inscriptions numériques entraîne la tentation de réduire leur signification et interprétation aux propriétés calculables de ces inscriptions. Le sens est programmé, sa singularité et son ouverture se réduisent alors à ce qui est prédictible par le calcul, fût-il complexe. Selon la seconde, la calculabilité des inscriptions numériques est mise à profit pour concevoir des systèmes symboliques productifs, qui produisent des représentations symboliques dont l'interprétation reste indéterminée par le calcul mais ouverte aux particularités de l'usage et du contexte.

Précisons cette distinction. Dans le premier cas, on voudra construire des systèmes dits à base de connaissances où des représentations formelles de connaissances permettent de mener des inférences rendant des services, comme par exemple de l'aide au diagnostic médical (un diagnostic est proposé en réponse à un tableau clinique – ensemble des signes d'un patient) ou de la codification de comptes rendus médicaux (à partir du compte rendu relatant une hospitalisation, un code correspondant au type de maladie ou au type d'acte médical effectué est associé). Les connaissances médicales doivent être pour cela représentées et formalisées pour que le système puisse mener des inférences tout en garantissant leur cohérence sémantique : les calculs menés sont exacts et pertinents car chaque représentation possède une signification dans le domaine visé et chaque réécriture effectuée une transformation possédant également une signification. En effet, des règles sémantiques explicitent les correspondances existant entre les symboles manipulés et opérations syntaxiques effectuées par le système (ce que calcule le système), et les entités signifiées dans le domaine d'application. Au final, le résultat produit possède une signification dans le domaine garantie par ces règles de correspondance entre manipulation syntaxique et interprétation sémantique. Cette approche vise donc à formaliser les connaissances en construisant un *modèle* dans la mesure où le modèle formel reproduit le fonctionnement des connaissances dans le domaine considéré.

Dans le second cas, on voudra construire des systèmes documentaires ou de gestion de contenus. Par exemple, à partir de documents numérisés, des transformations éditoriales sont effectuées pour produire de nouveaux contenus. Pour cela, on exploite des structures modélisant la forme des documents et la transformation qu'on veut effectuer. Ces structures ne représentent pas ce que disent les documents, ni ce qu'ils signifient vis-à-vis d'un domaine d'application donné. Elles représentent davantage l'action que l'on entreprend sur les contenus que le raisonnement que l'on mène sur ce qu'ils signifient.

Ces deux approches sont bien sûr complémentaires. Prenons l'exemple des documents et contenus publiés sur le web. On distingue traditionnellement deux manières de manipuler ces documents :

Le web syntaxique qui consiste à transmettre des documents sur le réseau en assurant leur reproduction sur le terminal de l'utilisateur final au terme d'une série de transformations éditoriales sur le contenu.

Le web sémantique [BER 01, ANT 04] qui consiste à exploiter les documents publiés sur le réseau en s'appuyant sur des représentations formelles modélisant ce que signifient les documents et l'information qu'ils contiennent. Les outils du web sémantique peuvent alors proposer des services aux utilisateurs grâce à l'exploitation des informations contenues dans ces documents.

Alors que le web syntaxique manipule les documents en s'appuyant sur des structures caractérisant les transformations éditoriales que nous effectuons sur les documents sans analyser ni représenter leur contenu, le web sémantique manipule l'information contenue dans les documents pour proposer des services. Il ne faut bien sûr pas exagérer cette opposition commode pour l'exposition, car en pratique on se retrouve souvent à devoir assurer les deux opérations ensemble, et à modéliser tant les transformations sur les documents en se fondant sur la représentation de leur structure, que les raisonnements sur les informations qu'ils contiennent en se fondant sur la représentation de leur signification. C'est ainsi qu'on voudra assurer des transformations éditoriales sélectionnant des parties des documents en fonction de critères fondés sur le contenu.

Cependant, ces deux approches traduisent deux orientations fondamentales de l'ingénierie des connaissances, donnant lieu à des manières différentes de poser les problèmes et des solutions techniques et scientifiques spécifiques. C'est pourquoi il est bon de bien les distinguer pour mieux savoir les articuler dans des applications effectives.

La première tendance s'illustre dans ce que nous appellerons l'*ingénierie des représentations* qui vise à *formaliser le sens* des inscriptions pour instrumenter leur exploitation. La seconde s'illustre par ce que nous appelons l'*ingénierie des contenus* qui vise à *formaliser la forme d'expression* des inscriptions et non leur sens, pour obtenir les outils et méthodes permettant de les manipuler et transformer (voir figure 1.1).

L'objectif de ce livre est donc d'aborder ces deux domaines et de les étudier à travers deux problématiques fondamentales de l'inscription numérique des contenus : l'inscription logique et formelle des connaissances, d'une part, en l'étudiant à travers les ontologies, l'inscription documentaire des contenus, d'autre part, en l'étudiant à travers l'indexation.

L'inscription logique et formelle des connaissances consiste à formaliser les connaissances en les rapportant à des prédicats logiques et des représentations formalisées. Puisque la formalisation permet d'associer de manière rigoureuse et calculée forme syntaxique et interprétation sémantique, il s'agit bien là d'une approche visant à formaliser le sens et à le rendre calculable. L'inscription documentaire des contenus s'intéresse aux documents en tant que format privilégié des inscriptions, format élaboré par de multiples traditions et permettant de structurer leur interprétation. L'enjeu est ici de s'intéresser à la forme matérielle des inscriptions telle qu'elle se fixe et se stabilise à travers les pratiques socio-culturelles, et d'étudier comment les processus techniques permettant de les transformer influent sur leur élaboration et interprétation.

L'ingénierie des connaissances est donc prise entre deux pôles, l'ingénierie des représentations et l'ingénierie des contenus (voir la section suivante pour des précisions

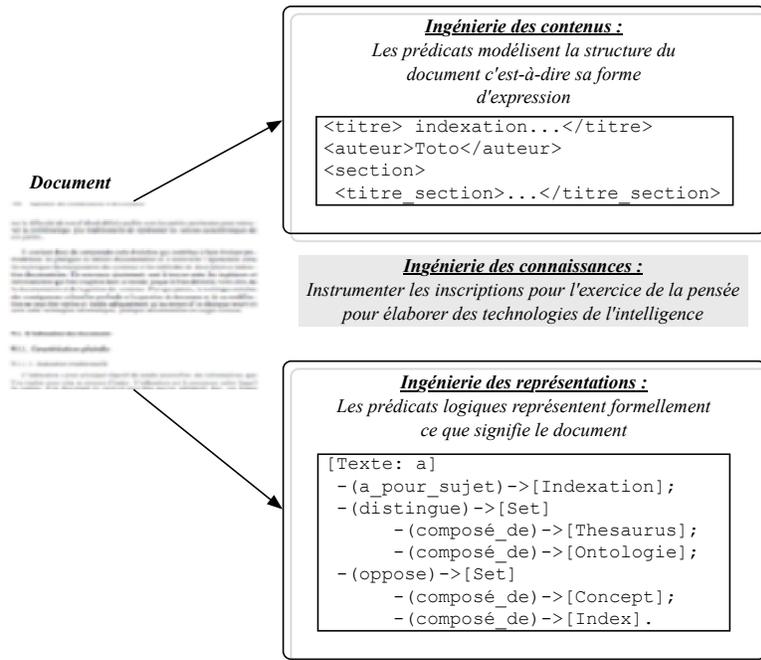


Figure 1.1. L'ingénierie des connaissances comprend, d'une part, l'ingénierie des représentations qui modélisent le sens des documents et, d'autre part, l'ingénierie des contenus qui modélise leur forme d'expression

terminologiques). La suite de cet ouvrage est d'en explorer les principaux aspects méthodologiques et les problématiques essentielles.

1.4. Note terminologique

Par connaissance, nous comprenons, comme nous l'avons précisé plus haut (voir *supra*, section 1.1), l'interprétation des inscriptions, interprétation qui permet de donner un sens à une action associée à l'inscription qui serait à entreprendre. Le comprendre est toujours donné en effet dans la perspective d'un entreprendre qui peut lui-même être pratique (entreprendre une action dans le monde matériel) ou théorique (entreprendre une action dans le monde des idées).

L'inscription correspond à l'inscription matérielle d'un sens qui en est alors l'interprétation. Deux points de vue sont possibles : l'inscription est créée pour fixer une connaissance ou une signification, ou un objet matériel est abordé comme porteur de sens et interprétable, et sa structure matérielle permet de contraindre une interprétation qui en dégage une connaissance. Le problème dans les deux cas est de savoir ce

qui dans la nature matérielle et physique de l'inscription est liée à la connaissance associée et s'articule à elle : l'inscription suscite-t-elle toujours la même interprétation ? une connaissance s'exprime-t-elle toujours au travers de mêmes inscriptions ? Il semble bien que non, et toute la difficulté est de savoir comment fixer le sens à travers une inscription et dégager l'interprétation d'une inscription sans sombrer dans la variabilité et la contingence. Quand on cherche à établir une correspondance stricte entre une inscription et sa signification, on en passe souvent par sa formalisation, c'est-à-dire le fait d'utiliser un mode d'expression qui permet de contrôler la signification associée. Quand l'expression change, on sait établir en quoi la signification associée change.

Par contenu, nous comprenons les inscriptions en tant qu'elles sont considérées comme des œuvres de l'esprit, production à la fois matérielle et intellectuelle. Un contenu est un objet matériel et l'expression d'un sens, sens plus ou moins visé et produit par l'auteur (son « vouloir dire » ou son intention de discours), reçu par un lecteur ou un public, normé par des conventions culturelles et sociales.

Finalement, la représentation est une inscription particulière destinée à modéliser une réalité donnée. Le comportement de la représentation reflète celui de ce qu'elle représente, en fonction de ce que la représentation retient de la réalité représentée. Les représentations peuvent être plus ou moins précises et la correspondance avec la réalité représentée plus ou moins informelle ou implicite. Quand cette correspondance est totalement explicitée, on a affaire à une représentation formelle, dans la mesure où, d'une part, sa signification dépend seulement de sa forme et structure syntaxique (l'ordre et la structure des symboles qui la composent) et d'autre part des règles explicites précisent le lien entre la forme syntaxique et l'entité représentée. Quand nous parlons d'ingénierie des représentations, nous évoquons les outils et méthodes permettant de gérer la représentation et sa sémantique selon les critères de la logique formelle.

L'ingénierie des contenus fait appel également à la notion de représentation, quand on représente par exemple la structure d'un document ou sa forme physique. Mais il s'agit alors d'une représentation dont la sémantique n'est pas explicite, c'est-à-dire explicitée selon les critères de la logique formelle. Ce qui est recherché, c'est l'efficacité opérationnelle de la représentation, qui permet d'effectuer les transformations idoines sur le contenu, plus que l'explicitation d'un sens pour garantir l'exactitude d'un raisonnement.

Le praticien de l'ingénierie des connaissances peut être surpris et déconcerté par nos définitions et notre terminologie. D'un point de vue classique, l'ingénierie des connaissances modélise les connaissances en construisant un modèle formel destiné à être opérationnalisé informatiquement. Les connaissances en jeu sont celles que détiennent les praticiens du domaine qu'ils mobilisent pour réaliser leurs tâches. Toute la difficulté est alors de savoir appréhender ces connaissances.

Une tentation peut être de considérer les connaissances comme des phénomènes observables que l'on pourrait caractériser et modéliser pour les reproduire de manière artificielle dans un système informatique. Mais on s'aperçoit très vite que les connaissances ne sont pas des observables. Ce que l'on appelle connaissance est toujours associé à un substrat matériel qui, à son niveau, peut être observé empiriquement. C'est ainsi que les connaissances du domaine se trouvent matérialisées dans les documents et sont manifestées dans les comportements et usages.

Il convient donc de renverser la perspective : au lieu d'observer les connaissances que l'on modélise, il faut caractériser les inscriptions qui les matérialisent. Comme on l'a précisé dans la section précédente, ce qui peut varier est le rapport à l'inscription à la connaissance. Soit on produit l'inscription et on pose par définition que l'inscription reflète la connaissance dont elle est l'expression, comme par exemple lorsque l'on parle, on suppose que ce que l'on dit correspond à ce que l'on veut exprimer. Pour assurer une correspondance la plus univoque possible entre l'inscription et la connaissance qu'elle exprime, on recourt à des langages formels dont la sémantique est contrôlée et qui permet dès lors d'explicitier quelle est la connaissance associée à l'expression. Dans ce cas, cela revient à poser que l'inscription reflète la connaissance et qu'en un sens elle la modélise. C'est alors l'ingénierie des représentations dont nous avons parlé. Mais on peut aussi être confronté à des inscriptions que l'on n'a pas produites et pour lesquelles les connaissances associées relèvent d'un processus complexe d'interprétation. On peut alors se concentrer sur l'inscription elle-même et s'intéresser à la modifier et la transformer sans expliciter les connaissances associées et exprimées par l'inscription. Ce sera alors le point de vue de l'ingénierie des contenus comme nous l'avons définie. Ces deux postures sont rarement totalement distinguées en pratique : on se retrouve la plupart du temps à manipuler des contenus ou des documents (ingénierie des contenus) en tâchant de prendre en compte les connaissances qu'ils expriment et donc en représentant ces connaissances par des inscriptions formelles (ingénierie des représentations) dont la sémantique contrôlée explicite la connaissance qu'on pense être associée aux contenus. Cette dernière tâche revient donc à modéliser les connaissances associées aux documents et donc aux connaissances dites du domaine que ces documents expriment de manière observable.

PREMIÈRE PARTIE

Ingénierie du numérique : connaissances
et contenus

Chapitre 2

Numérique et ingénierie

Le numérique est une technique à la source de modifications considérables dans notre vie intellectuelle, culturelle et quotidienne. Il transforme les activités et les tâches dont il instrumente la réalisation. En effet le numérique possède des propriétés et caractéristiques particulières qui exercent une profonde influence sur la nature des processus soumis à la numérisation.

Le numérique se définit comme une discrétisation et une manipulation : une réalité donnée, un contenu, est rapporté à des unités discrètes, c'est-à-dire distinctes les unes des autres, vides de sens, sur lesquelles des opérations ou transformations machinales ou mécaniques, c'est-à-dire exécutables par une machine, sont appliquées. De ce fait, le numérique possède deux propriétés essentielles. La manipulation machinale d'une part, puisque un contenu discrétisé devient dès lors manipulable par tout programme ou procédé calculatoire intervenant sur les entités primitives le codant, l'arbitraire sémantique d'autre part, puisque la discrétisation aboutit à un code indépendant du sens et de la nature du contenu numérisé : un fichier binaire audio peut être lu par un décodeur vidéo, comme une image et non comme un son (le fait que ce fichier binaire code un son est arbitraire et n'est pas intrinsèque au code binaire lui-même).

Cette essence du numérique permet de comprendre que le numérique instaure un rapport différent au contenu. Un contenu numérique doit être pensé comme étant toujours le résultat d'un processus calculatoire et totalement arbitraire par rapport à son interprétation et exploitation. C'est ce que nous appelons le noème du numérique (noème signifiant le concept ou la compréhension que nous devons avoir du phénomène appréhendé), que nous reformulons par les deux clauses suivantes : « ça a été manipulé » et « ça ne veut rien dire » en plagiant le « ça a été » de Roland Barthes.

Mais l'essence du numérique n'implique pas seulement une posture intellectuelle particulière qu'il faut adopter face aux contenus numérisés. Le numérique ne transforme pas seulement notre manière de nous rapporter aux contenus, mais

également notre manière de les élaborer et de les exploiter. Le numérique introduit en effet une manière particulière d'aborder l'instrumentation techniques des contenus et de leur exploitation. C'est ce que nous appelons la « tendance technique » du numérique en empruntant ce concept à André Leroi-Gourhan. Le numérique possède une double tendance : fragmenter les contenus pour les recomposer d'une part, dé-sémantiser les contenus pour les ré-investir de sens d'autre part. En effet, le numérique permet de rapporter des contenus à des entités primitives discrètes manipulables et vides de sens. Puisqu'elles sont manipulables, on peut donc recombinaisonner les primitives librement, et transformer les contenus en ne se limitant qu'aux possibilités calculatoires et non aux prescriptions liées à leur nature culturelle ou sémantique. Puisqu'elles sont vides de sens, les recombinaisons peuvent être totalement arbitraires par rapport aux contenus initiaux et introduire des ruptures radicales. On a donc une dé-sémantisation qui peut parfois se monnayer par de nouvelles sémantisations, mais pas obligatoirement. L'évolution de l'ingénierie des contenus audiovisuels en fournit des exemples contemporains tout à fait illustratifs.

Finalelement, le numérique correspond à une formalisation, si on comprend par formalisation la modélisation à l'aide d'un code formel d'une réalité donnée. On peut distinguer deux types de formalisation selon que l'on modélise la forme d'expression d'un contenu ou sa signification. Dans le premier cas, nous parlons de codification : la forme d'expression est codée et permet de reconstruire le contenu dans son apparence perceptible (Ce sont notamment les formats physiques des contenus, comme le PDF pour les textes, le MPEG en vidéo, etc.). La modification du code entraîne une modification de la forme perceptible, mais la signification de cette modification reste arbitraire et imprédictible (modifier un pixel dans une image, modifier un caractère dans un texte ne permettent pas de dire à l'avance en quoi le sens du texte ou de l'image changera). Dans le second cas, nous parlons de formalisation proprement dite, où la connaissance exprimée par le contenu, sa signification, sont directement appréhendés par la modélisation en négligeant du coup la forme d'expression. L'enjeu est alors d'avoir un code exprimant le sens du contenu de manière à ce que toute transformation du code entraîne une modification motivée du sens, motivée au sens où la modification peut être contrôlée et prédite par la nature de la transformation du code (par exemple, la représentation formelle des connaissances avec des langages comme RDF, Knowledge Interchange Format - KIF, etc.). A ce niveau, le code est une représentation formelle qui modélise la connaissance associée.

L'ingénierie des représentations est cette partie de l'ingénierie du numérique qui s'intéresse à la modélisation du sens et de la signification des contenus. Puisque la connaissance est l'interprétation du contenu, l'ingénierie des représentations modélise les connaissances. L'ingénierie des contenus s'intéresse, quant à elle, à la codification ou formalisation de la forme d'expression. Alors que l'une veut modéliser formellement les connaissances, l'autre veut proposer des outils pour manipuler leur forme d'expression. Les chapitres suivants montreront que ces projets apparemment disjoints convergent dans une ingénierie du numérique où l'on modélise à la fois les transformations des formes d'expression (codification) et les significations qu'elles peuvent avoir pour nous (formalisation), sans prétendre à modéliser les connaissances en soi ni appréhender la signification en soi.

Concluons cet argumentaire du chapitre par une considération terminologique : l'ingénierie des connaissances est pour nous la réunion de l'ingénierie des représentations et de l'ingénierie des contenus. Mais dans la mesure où la tradition tend à confondre l'ingénierie des connaissances avec celle des représentations (l'ingénierie des connaissances porterait ainsi essentiellement sur la modélisation des connaissances), nous parlerons plutôt d'ingénierie du numérique pour éviter la confusion, conservant l'appellation d'ingénierie des connaissances pour désigner son périmètre traditionnel, à savoir la modélisation des connaissances.

2.1. Numérique : entre informatisation et numérisation

Le numérique est désormais une réalité incontournable dans la réalité quotidienne des communications et des échanges d'information d'une part, ou de l'accès aux contenus culturels et intellectuels d'autre part. Cette réalité se traduit et se manifeste cependant selon plusieurs logiques que l'on pourrait appeler l'informatisation pour l'une et la numérisation pour l'autre. L'informatisation est la démarche selon laquelle un processus est abstrait et représenté comme un traitement d'information, ce traitement pouvant dès lors être effectué par un système informatique. La numérisation est la démarche selon laquelle un objet est représenté de manière codée pour être rendu manipulable sur une machine informatique sans pour autant déterminer les processus qui pourront lui être appliqués. L'informatisation porte ainsi sur les processus, la numérisation sur les contenus ; l'informatisation modélise pour ensuite opérationnaliser alors que la numérisation codifie pour ensuite réaliser des traitements que l'on tente dans un second temps de modéliser et de comprendre. L'informatisation procède d'une démarche théorique où l'on pense un processus pour ensuite le construire, la numérisation d'une démarche pratique où l'on réalise un objet technique pour ensuite comprendre ses possibilités.

Le numérique est donc au carrefour d'une ingénierie qui se veut modélisatrice, représentant des processus pour ensuite les opérationnaliser, et d'une ingénierie qui se veut pratique, construisant des objets pour ensuite les exploiter. L'ingénierie des représentations serait la première, l'ingénierie des contenus la seconde.

L'ingénierie des représentations a traditionnellement pour objectif de représenter des connaissances pour qu'une machine puisse les exploiter et mener les opérations et calculs correspondant à leur application ou mise en œuvre. L'ingénierie des représentations modélise donc les connaissances pour ensuite les opérationnaliser en machine. Parmi ses objectifs on trouvera donc l'étude du raisonnement médical, le traitement automatique de la langue, l'aide à la décision, etc. L'ingénierie des représentations s'est développée ces dernières années pour donner une discipline scientifique dans la mesure où elle relève d'une communauté de chercheurs et possède ses revues et ses congrès.

La numérisation des contenus, quant à elle, n'est pas une discipline scientifique. Elle correspond au fait de coder numériquement des contenus pour les rendre exploitables informatiquement. Mais, alors que l'ingénierie des représentations procède du modèle à l'opérationnel, de la conception du système à sa réalisation, l'ingénierie des contenus est plus pratique et conçoit des dispositifs techniques sans que la théorie en soit nécessairement finalisée ou élaborée. Si bien que la numérisation se manifeste à la fois par des innovations techniques d'ingénieurs et des innovations sociales d'usage. La pratique technique et sociale précède la science qui doit reprendre à nouveaux frais la compréhension de ces innovations et leur théorisation. C'est ainsi que les sciences de l'information et de la communication étudient de près les conséquences de la numérisation, et ignorent largement l'ingénierie des représentations.

Mais ces deux facettes du numérique ne sont pas à hiérarchiser dans le sens où l'une serait scientifique, l'autre pratique, l'une renvoyant à une démarche théorique et l'autre se cantonnant au tâtonnement empirique. Tant l'une que l'autre posent des questions difficiles et nécessitent, pour leur pleine compréhension, une démarche théorique et conceptuelle.

2.2. Numérique : formalisation et codification

Informatisation et numérisation ne font qu'exploiter deux propriétés fondamentales du numérique, la formalisation d'une part et la codification d'autre part. Ces deux propriétés permettent de dégager ce que l'on pourrait qualifier d'*essence du numérique*. On peut distinguer en effet deux niveaux dans le numérique :

La mécanisation : la formalisation consiste à rapporter un contenu ou une expression signifiante à des symboles vides de sens que l'on peut dès lors manipuler par des règles mécaniques qu'une machine peut appliquer et exécuter. Il s'agit dès lors d'une *mécanisation* des expressions signifiantes.

La codification : la codification consiste à rapporter un contenu ou une expression signifiante à une autre expression de telle manière que la signification de la première expression n'ait qu'un lien *arbitraire* avec la seconde expression. Autrement dit, il n'existe aucun moyen de trouver la signification de la première expression à partir de la seconde, sans disposer du code permettant de faire le lien avec les deux expressions. Le code est à alors à comprendre comme le lien arbitraire entre une expression et son sens. Par ailleurs la codification sous-entend également le fait que des lois de calcul et de transformation s'appliquent à l'expression codée indépendamment de la signification associée, même si le code peut permettre de donner un sens aux transformations effectuées et au résultat obtenu.

La codification renvoie à une mécanisation : un code mobilise des expressions vides de sens qui ne possèdent par elles-mêmes aucune signification. Il se laisse manipuler de manière machinale et formelle. Le fait qu'un code *code* quelque chose correspond au fait qu'on dispose d'un système de correspondance qui permet de passer de ces symboles vides de sens à une expression signifiante, par exemple en langue naturelle.

Mécanisation et codification sont essentielles pour comprendre la portée du numérique et son impact. Elles renvoient toutes deux à d'importantes innovations théoriques et conceptuelles dont elles découlent. Elles reposent sur le fait d'avoir une représentation permettant de prescrire les opérations à suivre ou de reconstruire un contenu. La représentation, formelle, codifie la commande d'un système ou le contenu d'expressions linguistiques. Le numérique procède ainsi de cette mutation fondamentale selon laquelle au réel est substitué une représentation qui permet de le reconstruire et de le piloter¹. Cette mutation possède une double origine historique qui, aujourd'hui encore, commande les disciplines (notamment celles relevant des « sciences et techniques de l'information et de la communication » – STIC) et les paradigmes. En effet, deux mouvements ont permis l'émergence du numérique tel que nous le connaissons à présent :

La représentation comme contrôle des systèmes : le principe ici est d'abstraire le fonctionnement d'un système physique dans les termes d'une transformation d'information. La représentation en termes d'information du système et de son comportement permet ainsi de le piloter. On n'agit plus au niveau de l'énergie échangée ou transformée dans le système, mais on contrôle le système à partir de sa représentation en termes d'information. La physique des systèmes devient une physique de l'information.

La représentation comme formalisation des langages : le principe est ici de représenter de manière manipulable les connaissances ; l'objectif est que les transformations syntaxiques des expressions possèdent une correspondance directe

1. Mais cette mutation due au numérique n'est qu'une étape d'un processus plus profond lié au langage et à son écriture. Si la parole permet de mettre entre l'homme et l'objet qu'il manipule le nom qui le désigne, l'écriture introduit une médiation supplémentaire en opposant au terme parlé sa représentation écrite. L'écriture est un objet à part entière que l'on peut considérer et manipuler indépendamment du monde réel. Elle permet de représenter des rapports et des relations qui ne reflètent pas l'apparence immédiate des choses, mais qui en théorisent la réalité profonde. L'écriture ouvre ainsi la possibilité de la modélisation en proposant un espace de manipulation, les représentations écrites, autonome et indépendant du monde réel. Cette mutation due à l'écriture franchie une étape particulière au XII^e siècle, quand le livre et le texte prennent un statut sémiotique à part entière. Frédéric Barbier parle à ce propos d'une « mutation sémiotique » [BAR 06]. Ivan Illich insiste également sur cette mutation en montrant l'émergence d'un nouveau style d'argumentation et de conceptualisation, voire de modélisation [ILL 91].

et univoque au niveau des significations associées à ces expressions. La syntaxe permet ainsi de contrôler la sémantique, toute transformation syntaxique entraînant une transformation prédictible et calculable de la sémantique. Ce contrôle de la sémantique à partir de la syntaxe est le principe même de la formalisation : le sens se donne à voir dans la structure des énoncés, leur forme syntaxique permettant de déduire leur sens.

La formalisation des langages est une démarche de *modélisation* où le sens des énoncés est représenté dans un langage formel qui permet de « voir » directement le sens sur la structure syntaxique des énoncés de ce langage. De même, le contrôle des systèmes recourt à la représentation formelle non pour modéliser le contenu ou le sens, mais pour contrôler le contenu. Dans cette perspective, on voit que le contrôle des systèmes correspond à notre moderne discipline désormais appelée « automatique », la formalisation des langages correspondant, quant à elle, à une large part de la logique mathématique. Clarifions l'origine historique de ces histoires conceptuelles pour mieux situer les notions mobilisées ici.

2.2.1. *La cybernétique : la représentation comme contrôle*

L'usage doxographique fait remonter la cybernétique au *governor* de Watt. Bien que notre souci ne soit pas historique, nous revenons à ce dispositif tant il est exemplaire de la corrélation entre le contrôle des systèmes et la notion d'information. Le *governor* de Watt est un dispositif de rétro-action (*feedback*) permettant de réguler le fonctionnement d'une machine à vapeur : quand la pression augmente, l'admission diminue, quand la pression diminue, l'admission augmente. Ainsi, le régime de la machine à vapeur reste constant (voir figure 2.1).

La physique de l'époque, notamment Maxwell, tenta de théoriser ce processus en le décrivant dans le formalisme des équations différentielles, considérant ainsi que ce qui est en jeu est une transformation d'énergie. Mais plus tard vint l'idée que ce qui était échangé entre la sortie du système et son entrée n'était pas de l'énergie, mais de l'information. Cette idée est particulièrement bien exposée dans l'article fondateur de 1943, *Behavior, Purpose and Teleology*, de Rosenblueth, Wiener et Bigelow, paru dans la revue *Philosophy of Science*. Les traducteurs de cet article l'introduisent de la manière suivante :

« Le mécanisme ordinairement retenu pour symboliser la rétroaction régulatrice est le *governor* inventé par Watt en 1784 et destiné à corriger les variations de l'admission de vapeur en fonction des variations du régime de travail de la machine. Un dispositif de tringlerie utilisant la force centrifuge faisait varier l'admission de la vapeur de façon à régulariser le rendement de la machine. Pour fonctionner, le régulateur utilisait une partie (minime) de l'énergie motrice. C'est pourquoi, durant

de manière identique les machines, le vivant et le connaissant. Ce sera la démarche de la cybernétique, comme l'indique le titre de l'article cité ci-dessus. Mais sans devoir aborder les sciences cognitives, l'essentiel est ici pour nous que la théorie de l'information est une théorie physique des machines et des systèmes naturels ou artificiels.

2.2.2. Le programme de Hilbert : la représentation comme langage

Il en est autrement dans le formalisme hilbertien dont la finalité est davantage épistémologique. On se souvient en effet que devant les paradoxes soulevés dans la théorie des ensembles à la fin du XIX^e siècle, Hilbert entreprit de fonder les mathématiques sur une base sûre et une méthodologie sans faille. La solution qu'il proposa est pourtant fort simple. Il suffit de remarquer que, quand on est mathématicien, on manipule des symboles sur un support matériel d'écriture : autrement dit, on écrit et on manipule un nombre fini de symboles, en un temps fini, avec des ressources finies. L'idée est alors de pouvoir considérer cette écriture comme une manipulation simple et calculatoire de ces symboles, aussi simple que peut l'être l'arithmétique élémentaire, indépendamment de la complexité des significations associées à ces symboles.

Mais, pour cela, il faut dissocier la manipulation des symboles de la compréhension que l'on en a. Et c'est là l'essence du « formalisme » hilbertien : considérer que l'on peut manipuler les symboles mathématiques de manière purement formelle, c'est-à-dire uniquement en fonction de leur forme syntaxique et indépendamment de leur signification sémantique. Et le principe de sauvetage des mathématiques devient alors simple. Lorsque nous effectuons des mathématiques mobilisant des principes fort abstraits, comme l'infini et les ensembles, nous construisons des énoncés et des démonstrations. L'abstraction du contenu mathématique mobilisé est telle que nous ne pouvons garantir que nos démonstrations et énoncés sont sans erreur ou contradiction : en fait, nous écrivons des choses que nous ne comprenons pas très bien et le paradoxe peut surgir sans que nous soyons capables de déterminer l'argument fautif. Pour parvenir à une garantie de non contradiction, Hilbert propose de considérer ces mêmes énoncés et démonstrations comme des constructions purement formelles de symboles vides de sens. Les démonstrations se ramènent alors à une simple manipulation de ces symboles. Cette manipulation correspond aux règles d'écriture des mathématiques, à ce qu'il est permis d'écrire. Hilbert propose de codifier ces règles de manière formelle, machinale, de manière à pouvoir contrôler, de la même manière que nous vérifions nos additions dans l'arithmétique élémentaire, le déroulement de nos démonstrations et s'assurer que l'application des règles d'écriture ne permet pas d'obtenir l'écriture d'une contradiction, un énoncé du type $0 = 1$.

En termes contemporains, et donc anachroniques, on peut paraphraser ainsi cette démarche : si on considère que les règles mathématiques sont formelles et peuvent se codifier comme une combinatoire, elles constituent ce que l'on peut appeler en informatique un « programme ». Faire une démonstration, c'est s'assurer que les énoncés

écrits par ce programme ne peuvent conduire à une contradiction. Evidemment, il faut pouvoir s'en assurer d'une manière sûre et finie dans le temps, c'est-à-dire à travers un autre programme. Par conséquent, la question est : existe-t-il un programme permettant de vérifier que les programmes correspondant à l'écriture des mathématiques sont consistants et ne peuvent conduire à des paradoxes ou des contradictions ? La réponse apportée par les grands travaux logiques de la première moitié du XX^e siècle, notamment les théorèmes de limitation de Gödel [MEN 87, GÖD 89] et les propositions de Turing autour de ce qu'on allait appeler dorénavant « la machine de Turing » [TUR 95], est qu'un tel programme n'existe pas.

Mais toute négative que fut la réponse, la manière de poser la question a permis de voir comment il est possible de considérer une écriture ou une expression de manière purement formelle, et surtout de comprendre comment elle devient alors l'objet d'une manipulation mécanique. Autrement dit, le formalisme hilbertien permet de construire une technique de manipulation des écritures, quand on les considère formellement. Bien sûr, cette idée est présente depuis longtemps : de Raimond Lulle à Leibniz, à travers l'Oulipo et autres tentatives de manipuler le langage ou la pensée à travers la formalisation matérielle qu'en propose l'écriture, on a toujours tenté de soumettre l'écriture à une dynamique de transformation. Mais, avec Hilbert, pour la première fois, on a la description précise de ce à quoi peuvent ressembler ces transformations, quelle théorie on peut en faire. Cette théorie, c'est celle des *systèmes formels* : système, car on décrit de manière systématique toutes les transformations possibles, en indiquant comment un système fini peut néanmoins produire l'ensemble infini des énoncés ; formel, car ces transformations s'effectuent indépendamment du sens véhiculé, en ne se fondant que sur la forme des symboles, matériellement distincts entre eux. Par conséquent, le formalisme hilbertien permet de considérer la représentation du langage et des connaissances dans un cadre permettant leur manipulation technique.

Ainsi, quand Gödel puis Turing ont montré comment mécaniser la notion de système formel (la « machine » abstraite de Turing), il a pu être déduit le principe de machine manipulant la représentation formelle des inscriptions et des connaissances. La dernière étape devait être franchie par McCulloch d'un côté et Von Neumann de l'autre, quand le premier proposa de voir dans le cerveau la réalisation physiologique d'une machine logique aussi puissante que la machine de Turing, et quand le second proposa une architecture permettant de construire de telles machines. Ainsi, on est passé de l'idée d'une transformation de l'écriture à celle du système formel pour terminer sur la notion de *machine* formelle².

2. Sur tout ceci, voir [BAC 96] et [BAC 94].

2.3. Numérique et tendance technique : manipulation et arbitraire sémantique

2.3.1. *L'essence du numérique*

Nous avons caractérisé jusqu'à présent le numérique comme une formalisation et une codification. Ces deux processus s'ancrent dans le fait de représenter le réel d'un système ou d'un contenu dans une structure syntaxique formelle manipulable de manière calculatoire, c'est-à-dire selon une procédure que l'on peut rapporter à de l'arithmétique. L'histoire que nous avons brièvement résumée permet donc de dégager ce que nous appellerons l'essence du numérique pour mieux comprendre son impact sur les connaissances et les contenus.

L'essence du numérique tient à deux propriétés constitutives : la manipulation et l'abstraction. La manipulation tient au caractère calculatoire du numérique, qui discrétise des contenus pour pouvoir les manipuler. En effet, ce que nous avons vu de la formalisation permet de comprendre ce processus comme le croisement de deux opérations complémentaires :

La discrétisation : un contenu est rapporté à des énoncés exprimés à l'aide d'un langage composé de symboles vides de sens, définis indépendamment les uns des autres, comme des primitives. Ces symboles sont en nombre fini ou dénombrable.

La manipulation : les symboles sont soumis à des règles formelles, c'est-à-dire applicables de manière machinale, sans interprétation, qui déterminent comment assembler des symboles en formules et comment organiser les formules en démonstrations.

« Formel » signifie donc ici « vide de sens », ce que l'on peut manipuler sans comprendre ou interpréter, simplement en suivant des instructions de manière machinale. Cette dernière locution est à prendre au pied de la lettre : *formel signifie donc ce qui est applicable et exécutable mécaniquement, par une machine*. Et nous avons vu que ce qui est capable de manipuler mécaniquement des symboles vides de sens correspond à l'implantation d'une machine de Turing.

Discrétisation et manipulation sont complémentaires : pour manipuler, il faut avoir déjà discrétisé, c'est-à-dire avoir défini des unités que l'on peut assembler et combiner. Manipulation signifie littéralement « saisir par des poignées » : la discrétisation définit les poignées dont pourra se saisir la manipulation pour effectuer ses transformations. Discrétiser, c'est rapporter un contenu, un système, des choses à des poignées qu'un système de règles peut manipuler par des procédures mécaniques et machinales. Réciproquement toute discrétisation s'effectue en vue d'une manipulation dans la mesure où une discrétisation est achevée quand la manipulation est devenue possible : je sais

que j'ai correctement discrétisé un contenu quand il est devenu manipulable mécaniquement.

Mais on comprend également que la discrétisation est une abstraction. Le contenu est codifié par un système d'unités discrètes et formelles combinables mécaniquement, syntaxiquement. La signification du contenu, la valeur que l'on peut lui associer d'un quelconque point de vue, est alors oublié ou ignoré par la discrétisation. Les manipulations devenues possibles par la discrétisation peuvent s'effectuer de manière parfaitement arbitraire par rapport à la signification du contenu et dans une complète ignorance de celle-ci. Bref, non seulement le contenu est devenu manipulable, mais il est également « dé-sémantisé ».

Ce n'est qu'à travers une mise en correspondance explicite entre symboles formels et significations que les manipulations rendues possibles par la discrétisation pourront représenter et reproduire la signification des énoncés, le contrôle syntaxique de l'énoncé permettant de contrôler la sémantique.

2.3.2. *Le noème du numérique*

L'essence du numérique, comprise comme manipulation et abstraction, nous amène à caractériser le « noème » du numérique, c'est-à-dire ce qu'il faut comprendre et penser à propos du numérique, à l'instar de Roland Barthes qui évoque le noème de la photographie. En effet, Roland Barthes [BAR 80] parle du noème de la photographie alors qu'il cherche à cerner ce qui est supposé par la contemplation d'un cliché photographique. Or, la photographie consistant à faire coïncider le flux photonique émanant d'une réalité sur une pellicule, il existe une relation causale entre la photographie et ce qui est photographié : quand nous voyons une photo, nous savons que cette photo a nécessairement, causalement, coïncidé avec ce qu'elle montre. Roland Barthes, considérant une photographie d'un ancien grognard de Napoléon 1^{er}, constate : je vois les yeux qui ont vu l'Empereur. Ce qui signifie qu'il existe une chaîne causale ininterrompue entre Napoléon 1^{er} et lui, Roland Barthes, puisque l'image physique de l'Empereur a impressionné la pupille du grognard, pupille elle-même saisie physiquement par la pellicule, produisant une photo qui impressionne finalement la pupille de Roland Barthes. Ce savoir de cette chaîne causale ininterrompue entre la réalité photographiée et la photographie contemplée, cette supposition à travers laquelle nous considérons toute photo, ce noème de la photographie est donc : « ça a été ».

Quel peut être le noème du numérique ? Ce que nous avons dit du numérique et de son essence implique que la numérisation d'un contenu le rend d'emblée manipulable. En outre, la possibilité de manipulation est co-originale avec la nature même du support numérique. En effet, il n'est pas possible de savoir si des manipulations ont déjà été effectuées ou non, si un contenu a été falsifié ou non. Le propre du calcul est que le contenu ne porte pas sur lui les traces de sa manipulation : il ne véhicule

pas sur lui sa genèse ni les étapes de sa construction. Il y a une relative indépendance entre le résultat d'un calcul et le processus suivi pour l'obtenir, si bien que le résultat n'apprend que fort peu sur le programme qui a permis de l'obtenir. L'état binaire ou numérique d'un document ne permet pas de savoir comment il a été construit, par quelles opérations il a été réalisé. Le résultat d'un calcul ne permet pas de savoir de quelle nature est le calcul. Autrement dit, un document numérique n'a pas de mémoire. Il est d'emblée falsifiable et possiblement falsifié. Ainsi, l'essence du numérique, ce que, à l'instar de Roland Barthes, nous appelons le noème du numérique, est-elle : « ça a été manipulé ».

Le numérique est manipulable et recombinaisonnable par essence ; tout ce que nous savons en considérant un contenu numérique, c'est qu'il résulte d'une reconstruction calculée et que notre lecture ou notre action va le recombinaisonner. Le numérique, c'est le falsifiable et le toujours falsifié. Le numérique est davantage du côté de la peinture que de la photographie, même s'il reprend de cette dernière ses applications et permet d'élaborer des appareils de photographie numérique, mais qui intègrent dès la prise de vue des possibilités de retouche et de manipulation.

En revanche, la manipulation, qui constitue donc l'essence du numérique, est bien une transformation effective et matériellement objectivable. Mais cette transformation ne peut être considérée à partir de significations qui seraient associées aux symboles formels car, par définition du formel, ils n'en possèdent pas. Le calcul ne peut donc que poser sa propre effectivité, sans poser quoi que ce soit d'autre.

La discrétisation implique qu'il y a une rupture effectuée entre le contenu et sa signification quand on rapporte le contenu à un système d'unités vides de sens. En elles-mêmes, ces unités ne signifient rien, ne disent rien, n'affirment rien. Ce n'est qu'à travers la médiation externe d'un modèle que les unités et les transformations syntaxiques qu'elles subissent peuvent endosser un sens ou une signification³.

Puisque le contenu numérique n'a pas de lien intrinsèque à une autre réalité que lui-même, puisque, d'une certaine manière, il ne représente rien sinon à travers une convention explicite surmontant l'arbitraire de sa codification, le calcul ne peut que

3. Quand un contenu, comme une image ou un son, est numérisé, on obtient des contenus binaires. Ces contenus binaires ont perdu tout lien direct avec les contenus d'origine ; ce n'est que lors de l'utilisation qu'on leur assigne un sens : en soumettant le fichier binaire d'un son à un *player* sonore, on restitue un son. Ainsi ce fichier binaire ne codifie-t-il un son que s'il est soumis à un *player* sonore. Mais il est tout aussi possible de soumettre ce même fichier binaire d'un son à un *player* image : il devient dès lors le code d'une image (ce procédé est d'ailleurs souvent utilisé dans le monde artistique, où des sons numériques sont également projetés sur écran). Par conséquent, ce qu'il code est défini de manière extrinsèque et non intrinsèque. Le lien que l'on pourrait croire naturel entre le code et ce qu'il code est, en fait, arbitraire et déterminé lors du décodage.

se représenter lui-même, il ne peut que se poser lui-même. Autrement dit le calcul est *autothétique*⁴ : il est une effectivité qui se pose soi-même. Mais il n'est pas *orthothétique*⁴ [STI 94], car il ne pose rien en dehors de lui-même, et, par force, il ne pose rien de manière exacte. Par conséquent, l'orthothèse numérique n'est pas possible pour deux raisons :

- un contenu numérique est d'emblée falsifiable, car il ne porte pas trace de sa genèse ni de sa constitution ; il pose exactement une effectivité calculatoire : il a été calculé, mais ne permet de rien dire sur l'éventuelle conformité du résultat calculé avec une extériorité qu'il poserait exactement ;
- le calcul est autiste : il ne renvoie à rien d'autre que lui-même ; l'orthothèse se mue en autothèse.

Par conséquent, le noème du numérique correspond au « ça a été manipulé » et à son autothéticité, qu'on peut gloser par « ça ne veut rien dire ».

2.3.3. La tendance du numérique

Si le numérique possède une essence caractérisée par son noème, il convient néanmoins de ne pas hypostasier cette notion, mais de la faire travailler pour tirer une meilleure intelligibilité du mouvement suscité par le numérique. En particulier, quand processus et objet tombent sous le coup d'une informatisation ou d'une numérisation, leur devenir semble conditionné et leur évolution paraît suivre des lignes de force tracées à l'avance, dont l'essence du numérique donne la direction et l'allure. Le principal intérêt d'une notion comme le noème du numérique est de pouvoir caractériser ce que le numérique peut apporter à un secteur ou à un métier et d'en déduire des *tendances* d'évolution. La tendance est un concept permettant de déterminer l'influence et le conditionnement exercés par un principe technique et ainsi d'anticiper la manière dont le futur s'organise et s'origine dans le présent.

2.3.3.1. Tendance technique

Dans *Evolution et Techniques*, volume I : *L'homme et la matière* [LER 71] et volume II : *Milieu et technique* [LER 73], André Leroi-Gourhan distingue deux concepts fondamentaux, la *tendance* et le *fait*, « deux faces (l'une abstraite, l'autre concrète) du même phénomène de déterminisme évolutif » :

La tendance : elle exprime la rencontre entre des contraintes naturelles et physiques d'une part (ce que Leroi-Gourhan appelle le milieu extérieur) et les traditions mentales et culturelles d'autre part (ce que Leroi-Gourhan appelle le milieu

4. Voir le glossaire.

intérieur). Elle possède intelligibilité et prédictibilité, elle est cohérente et cumulative.

Le fait : l'envers de la tendance, il est singulier, imprévisible et contingent. La tendance est idéale alors que le fait est concret : lui seul existe.

La notion de tendance a pour objectif d'assumer ce que l'on peut anticiper de l'évolution d'un processus. Cependant, elle ne permet pas de déduire l'avenir ni de le programmer. C'est une notion permettant de récapituler de manière intelligible et organisée ce qui s'est déroulé, mais elle ne peut aller au-delà : « elle autorise, sur le plan philosophique, une restitution du mouvement progressif, mais ne saurait aller au-delà et conduire à une reconstruction historique exacte. Celle-ci ne peut naître que de la continuité des faits dans l'espace et dans le temps. » [LER 73, p. 336]. Pourtant, la tendance renvoie à la nécessité que possède un principe technique et à son expression plus ou moins forte qu'il imprime sur le réel :

« La tendance a un caractère inévitable, prévisible, rectiligne ; elle pousse le silex tenu à la main à acquérir un manche, le ballot traîné sur deux perches à se munir de roues. [...] La roue entraîne l'apparition de la manivelle, de la courroie de transmission, de la démultiplication. Sur le terrain des tendances, toutes les extensions sont possibles : lorsqu'un voisin apporte le perfectionnement qui suit *dans l'ordre logique* l'état où se trouve le peuple touché, il l'adopte sans effort et l'ethnologue, sans arrière-plan historique, n'a plus de prise sur ce qui peut tout aussi bien être une invention locale qu'un emprunt récent ou millénaire. » [LER 71, p. 27]

Leroi-Gourhan définit la tendance technique comme un mouvement, situé dans le milieu intérieur, de prise progressive sur le milieu extérieur. En première approximation, le milieu extérieur est la nature matérielle et physique, et le milieu intérieur correspond à l'environnement social et culturel. La tendance possède donc la généralité d'un principe technique (l'optimisation d'une forme par exemple pour son aérodynamisme), mais hérite des traditions culturelles et mentales d'un groupe humain d'où elle s'exprime pour arraisonner le milieu extérieur. Elle revêt alors mille et une facettes qui déterminent la manière dont finalement elle se réalise. Le fait technique, qui relève de la réalisation de la tendance, reste du coup largement imprévisible :

« Le fait, à l'inverse de la tendance, est imprévisible et particulier. C'est tout autant la rencontre de la tendance et des mille coïncidences du milieu, c'est-à-dire l'invention, que l'emprunt pur et simple à un autre peuple. Il est unique, inextensible, c'est un compromis instable qui s'établit entre les tendances et le milieu. La forge par exemple est un compromis essentiellement plastique entre les virtualités inutilisables en pratique : feu, métal, combustion, fusion, commerce, mode, religion et de proche en proche à l'infini. La permanence de l'activité métallurgique

est maintenue par la réalité indépendante du temps et de l'espace de tous ces facteurs immatériels. L'évolution est le temps qui éprouve l'équilibre du compromis exprimé par le fait « Forge ». [LER 71, p. 27-28]

2.3.3.2. *Tendance technique du numérique*

Comprendre l'impact que peut avoir le numérique dans un domaine donné revient dès lors à savoir caractériser sa tendance technique. Si l'on demeure bien évidemment incapable de prédire l'avenir, il devient possible de l'anticiper dans le sens où l'on s'attend à une évolution des choses conformes à certaines contraintes ou propriétés des éléments intervenant dans cette évolution. Cette tendance trouvera à s'exprimer en fonction du contexte, des résistances ou des facilités qu'elle rencontrera dans l'environnement. Pour revenir au numérique, la tendance s'exprime en deux mouvements complémentaires :

Fragmentation / recombinaison : puisque le numérique repose sur la discrétisation et la manipulation, il en résulte que toute réalité touchée par le numérique sera réduite en unités vides de sens sur lesquelles des règles formelles de manipulation seront appliquées. La discrétisation fragmente la réalité considérée, la manipulation la recombine, fragmentation et recombinaison se faisant de manière arbitraire par rapport à la nature de la réalité considérée, de son sens ou de sa signification. Les unités auxquelles aboutit la discrétisation, les entités reconstruites par la recombinaison sont définies de manière totalement arbitraire par rapport à la nature des contenus considérés.

Désémantisation : de même, la discrétisation implique une rupture avec la sémantique propre aux contenus manipulés. Il en résulte donc une désémantisation, une perte de sens, qu'il faudra gérer à travers un processus de resémantisation explicitement assumé. Sinon, la numérisation, comme on le voit très souvent aujourd'hui, est vécue comme une perte de sens, une montée de l'arbitraire technique, au lieu d'être appréhendée comme la source de nouvelles possibilités techniques.

On trouvera un exemple de la tendance du numérique dans l'histoire récente des contenus audiovisuels. Le numérique a entraîné l'apparition d'applications qui exploitent les possibilités de fragmentation, permettant d'accéder à n'importe quelle unité arbitraire du contenu. On a ainsi vu émerger des applications permettant de manipuler les contenus audiovisuels à l'image près, puis on s'est intéressé à des séquences définies par l'utilisateur ou à des objets pris de manière arbitraire dans l'image, etc. Par ailleurs, on peut envisager une recombinaison qui reprendra ces éléments distingués et mobilisés par les outils numériques pour les exploiter dans de nouveaux contextes.

Si la fragmentation permet l'explosion du contenu en unités arbitraires, la recombinaison a tendance à recontextualiser les contenus de manière arbitraire. Progressivement, les outils de gestion audiovisuelle ne permettront pas seulement de retrouver des contenus et de les rejouer dans leur intégralité, mais ils proposeront aussi de sélectionner des parties pour en faire des ressources pour d'autres productions. Autrement dit, on passe de *l'indexation*, qui a pour but de retrouver un contenu, à une *éditorialisation*, qui a pour but de produire de nouveaux contenus à partir d'éléments pris arbitrairement (c'est-à-dire comme l'on veut, et non pas au hasard !). On obtient donc les systèmes de MAM ou DMAM, acronymes désignant le *Multimedia Asset Management* ou *Digital Multimedia Asset Management*.

2.4. Ingénierie numérique

Notre objectif est de caractériser l'ingénierie numérique. Nous avons élucidé dans les sections qui précèdent ce qu'il faut comprendre à travers la notion de numérique. Il convient de voir à présent ce que l'on entend par « ingénierie ». La chose est délicate car si les notions de science ou de savoir ont fait l'objet de l'épistémologie et des théories de la connaissance, le caractère servile des arts mécaniques a longtemps interdit à l'ingénierie et à la technique une semblable faveur. Pourtant, ce sont ces concepts qui nous sont utiles et qu'il nous faut donc considérer à présent.

2.4.1. Ingénierie et technique

Plusieurs approches sont envisageables. En reprenant des distinctions épistémologiques traditionnelles, mais qui ont fait leurs preuves, on peut distinguer une recherche empirique, qui construit des procédés et méthodes à l'école de l'expérimentation concrète, d'une recherche scientifique, qui élabore des outils en application d'un savoir fondé sur la formalisation et l'expérimentation scientifiques. Aux tâtonnements de l'expérience empirique aboutissant à la technique, une recherche scientifique, donnant lieu à l'élaboration d'une technologie, ajoute, voire oppose, une recherche systématique fondée sur la connaissance de la nature. Ainsi s'articulent :

La technique, qui correspond à tout mode de composition d'éléments d'une activité dont l'agent, individuel ou collectif, se représente les effets.

La technologie, qui correspond au faire technique dans la mesure où il met en œuvre un savoir scientifique. La technologie, c'est la technique, au sens précédent, élaborée à partir du *logos* scientifique. Ainsi pour François Russo (article « Technologie » de l'*Encyclopaedia Universalis*, édition 1986), la technologie se caractérise comme « un savoir organique fondé sur des principes ; une technique n'est donc vraiment une technologie que si elle se présente comme une *doctrine* ; la technologie s'oppose à la technique empirique, qui peut se définir comme

une pratique s'appuyant sur des règles non systématisées qui procèdent plus de tâtonnements et d'un contact immédiat avec la réalité que d'une expérience réfléchie. »

Le terme de technologie peut s'entendre de diverses façons, selon la relation que l'on veut établir entre le *logos* et la technique. Selon une première distinction :

Le logos est appliqué par la technique : le savoir scientifique et rationnel permet de concevoir des procédés techniques dont l'efficacité est gagée sur l'apodicticité des lois scientifiques appliquées ; la technique fonctionnerait alors dans la mesure où elle appliquerait des lois universelles et nécessaires, répétables toujours et partout.

Le logos prend la technique comme objet : il s'agit de construire un savoir rationnel et scientifique à propos de la technique, de dégager un savoir *sur* la technique, et non *appliqué* à la technique. La technologie établit des nomenclatures et étudie les différents types de techniques, leur domaine d'application et leurs interactions. Ce fut le projet par exemple d'André-Georges Haudricourt [HAU 87] d'élaborer une technologie comme la classification naturelle des objets, constituant une classification généalogique qui doit rendre compte de la parenté réelle historique.

Dans la continuité de la seconde acception, la technologie peut aussi se concevoir dans la perspective des phénomènes socio-culturels, et on parle alors de « technologie culturelle ». L'enjeu, dans ce contexte, est d'articuler les innovations techniques et les transformations sociales, dans un sens ou dans l'autre. Elle a connu un développement remarquable avec l'anthropologie et l'ethnologie de la technique, à travers les travaux fondateurs et fondamentaux d'André Leroi-Gourhan [LER 64], où ce dernier considère la technique non pas comme une entité autonome à part de la société, mais comme une entité engendrant ses tendances propres, tout en restant en continuité avec l'évolution sociale et cognitive, puisque, pour lui, l'anthropo-génèse est une technogénèse.

Encadré 2.1. Les différentes acceptions du terme de « technologie »

L'art de l'ingénieur est étymologiquement celui de construire des engins, construction où il fait la preuve de son talent ou de son *ingenium*. Réservées à l'origine à l'art militaire, ces constructions concernent rapidement tous les domaines où des engins sont utiles et nécessaires. Plus tard, en 1964 si l'on en croit *Le petit Robert*, le terme d'« ingénierie » fut introduit à la suite du terme anglais d'*engineering*, datant lui de 1953 environ, pour désigner l'art de l'ingénieur et l'activité consistant à étudier un projet technique et industriel sous ses différents aspects : technique, économique, sociétal, financier, etc. Ainsi, l'usage rapporté par le dictionnaire nous apprend que l'ingénierie ne saurait se réduire à la technique ou à la technologie, même si elle

en procède. Mais l'ingénierie reste toujours motivée par la réalisation d'un artefact technique, en incluant toutes les modalités liées à son usage et son exploitation.

Mais cette opposition n'est que partiellement satisfaisante dans la mesure où elle ferait de la technologie l'aboutissement naturel de la rationalisation de la technique. Selon nous, la technique possède un statut fondamental que la rationalisation technologique ne suffit pas à expliciter. En effet, la technique caractérise le fait humain, l'*homo faber*, et lui permet d'adopter, à la différence des règnes animal et végétal, des modes d'évolution non biologiques ou organiques, mais fondés sur l'instrumentation technique de son corps et de son environnement [STI 94]. Comme l'a argumenté André Leroi-Gourhan (voir encadré 2.1), la technique est en quelque sorte le propre de l'homme, ce dernier étant autant l'auteur de la technique que son produit, ses manières de penser, s'organiser et d'évoluer dépendant largement de l'environnement technique dont il se dote.

2.4.2. Ingénierie des représentations et des contenus

Il est donc temps de rassembler nos idées et de conclure sur la notion d'ingénierie du numérique que nous articulerons en ingénierie des représentations⁵ et ingénierie des contenus.

L'ingénierie du numérique vise à la conception d'artefacts calculatoires permettant de manipuler des contenus codifiés, pour reprendre les notions introduites plus haut (voir section 2.2). La codification peut se poursuivre en une formalisation selon que le code obtenu évolue de manière conforme à la signification du contenu ou non. On distingue par conséquent plusieurs niveaux dans le passage du contenu à son équivalent codifié puis formalisé (voir figure 2.2) :

La codification : elle permet de passer d'une entité quelconque à une représentation formelle, c'est-à-dire une représentation discrète exprimée à partir d'unités indépendantes les unes des autres et vides de sens. La codification passe donc du contenu au formel. Le formel signifie que l'on a affaire à des entités discrètes que l'on manipule par des règles machinales. Ce formel peut être symbolique ou numérique. Dans le premier cas, le formel se fait syntaxique : la syntaxe correspond à la structure des formules assemblant les symboles. Les transformations appliquées sont des inférences ou des modifications de la structure syntaxique. Dans le second cas, le formel se fait calculatoire : le formel est un code sur lequel appliquer des transformations numériques. Ces conceptions ne sont pas opposées, mais correspondent à deux points de vue complémentaire sur la

5. Selon les distinctions du début de ce chapitre, l'ingénierie des connaissances est souvent réduite à l'ingénierie des représentations.

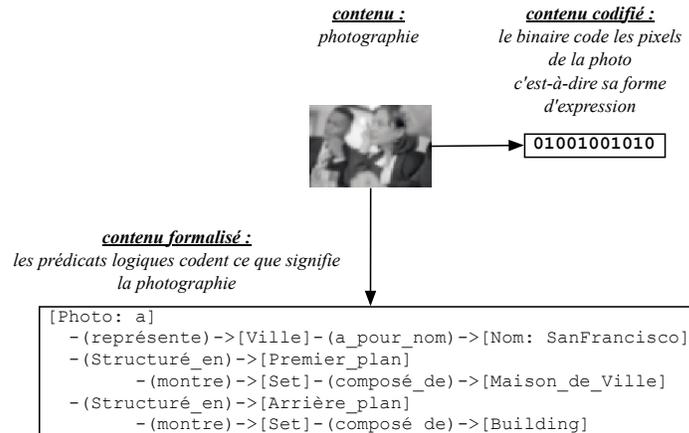


Figure 2.2. Un contenu, ici une photographie, peut être codifié au niveau de sa forme d'expression, c'est-à-dire la forme sous laquelle elle est exprimée et perçue. Le code utilisé est généralement un code binaire codant les pixels (picture element), c'est-à-dire les points lumineux constituant l'image. Le contenu peut être codifié au niveau de sa signification : le code utilisé est généralement une représentation logique, la logique formelle permettant d'exprimer un sens au moyen d'une syntaxe qui lui est totalement adéquate.

même réalité : on a finalement un contenu arithmétique ou binaire, où une séquence de bits représente un caractère, c'est alors du symbolique structuré par du syntaxique, ou représente un nombre, c'est alors du numérique structuré par du calculatoire. Mais, et c'est là l'intérêt, on n'a au final que de la manipulation de code binaire ou arithmétique.

La formalisation : elle permet de mobiliser le contenu codifié comme un modèle du contenu dans la mesure où une transformation du code possède une corrélation déterminée et prédictible au niveau de la signification. La formalisation aboutit au contenu formalisé : la formalisation modélise le sens du contenu.

Par conséquent, le contenu, production matérielle de l'esprit, peut donc se codifier, c'est la *formalisation de la forme d'expression* et on obtient le contenu codifié ; le contenu peut également se formaliser, c'est la *formalisation du sens de l'expression*, et on obtient le contenu formalisé (voir figure 2.3).

L'ingénierie des représentations et l'ingénierie des contenus se distinguent par le fait que l'ingénierie des contenus s'intéresse à la codification sans aller à la formalisation : on ne modélise pas le sens des contenus, mais seulement la forme de leur expression. En revanche, l'ingénierie des représentations s'intéresse à la modélisation

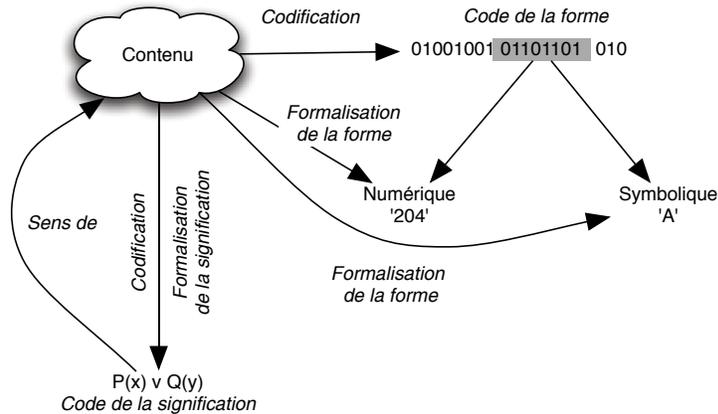


Figure 2.3. La codification permet de formaliser la forme d'expression : en changeant un élément du code, on modifie la forme du contenu mais pas forcément sa signification (modification d'un caractère dans un texte, d'un pixel dans une image). La formalisation permet de formaliser le sens de l'expression : en changeant un élément du code, on affirme une signification différente. Le code formalisant le sens est l'expression dont la structure expressive, la syntaxe, reproduit fidèlement la structure sémantique. Le code formalisant la forme est l'expression dont la structure expressive reste arbitraire au sens du contenu.

de la signification des contenus. C'est en cela qu'elle se fait ingénierie des représentations et pas seulement des contenus : elle dépasse les contenus pour modéliser les connaissances qu'ils expriment.

Dans les deux chapitres suivants, nous revenons sur la notion de modélisation en ingénierie des représentations et celle de codification en ingénierie des contenus. Nous tâcherons de montrer que l'ingénierie des représentations aborde la question de la modélisation en essayant non pas de modéliser la nature cognitive des connaissances telles qu'elles pourraient se présenter dans notre esprit, mais plutôt de modéliser ce qu'une machine pourrait faire de ces connaissances. L'ingénierie des représentations délaierait ainsi la modélisation cognitive pour la modélisation technique, cherchant des modèles ne décrivant pas la nature des choses, mais la manière d'en construire. L'ingénierie des contenus, quant à elle, se distingue par le fait qu'elle se déploie dans le cadre des technologies intellectuelles en proposant un nouveau type de support, le support numérique, pour inscrire des contenus en tant qu'ils expriment des connaissances et suscitent des interprétations. Les propriétés particulières de ce support permettent de renouveler les possibilités d'interprétation et d'exploitation des contenus, ouvrant de nouvelles perspectives à une ingénierie se concentrant sur les contenus codifiés mais non formalisés, ou plutôt sur les contenus dont seule la forme d'expression est formalisée mais dont la signification reste arbitraire par rapport au code.

Chapitre 3

Numérique et ingénierie des connaissances

L'ingénierie du numérique se décompose en ingénierie des contenus d'une part et ingénierie des représentations d'autre part. Toutes deux ont affaire avec les inscriptions numériques, numériques du fait des conditions techniques de leur inscription, inscriptions car elles n'existent que pour exprimer un sens ou une valeur. Les inscriptions ne sont donc pas des objets physiques comme les autres, ni ne sont de pures abstractions. Concrètes par leur matérialité façonnée par la technique, abstraites par les interprétations dont elles font l'objet et en vue desquelles elles sont réalisées, les inscriptions sont des objets culturels et intentionnels dans la mesure où elles n'existent pas pour leurs propriétés physiques (énergie, force, structure matérielle), mais pour l'interprétation dont elles pourront faire l'objet et qui permettra de transmettre ou de retrouver un contenu de pensée ou une connaissance. Les inscriptions sont donc les médiations techniques de la pensée qui trouvent à travers elles le moyen de s'exprimer, se transmettre et finalement se retrouver.

Toute inscription se caractérise par sa forme d'expression, celle dont la structure matérielle permettra de soutenir le processus d'interprétation comme les lettres de l'alphabet permettent de comprendre le sens de l'écrit, et par son interprétation ou le contenu de pensée résultant de cette interprétation. Alors que l'ingénierie des contenus modélise la forme d'expression des contenus, étudiant comment la représenter numériquement et la reproduire ou la transformer, l'ingénierie des représentations modélise le sens des contenus. L'ingénierie des contenus se confronte à la question de l'invention des formes d'expression et doit déterminer quelles formes se prêtent à l'expression de la pensée. En ce sens, elle est proche des interrogations esthétiques et l'ingénierie des contenus a toujours cohabité avec la recherche artistique dans un questionnement réciproque fécond, où l'art demande à la technique des moyens d'expression qui transcendent les formes matérielles courantes. L'ingénierie des représentations se confronte à la question de la modélisation du sens. Le problème est de savoir comment déterminer le sens d'une inscription et de

caractériser le contenu d'une pensée. En ce sens, l'ingénierie des représentations est proche des sciences cognitives et de l'intelligence artificielle.

Cependant, l'ingénierie des connaissances dont l'ingénierie des représentations est une composante n'est pas une science cognitive, fût-elle appliquée, mais une technologie intellectuelle : elle ne vise pas à déterminer la pensée en tant que telle, mais à élaborer des outils facilitant l'exercice de la pensée. Dans cette optique, la modélisation formelle du sens des inscriptions est comprise comme une technique permettant de rendre des informations manipulables par l'inférence logique dans les systèmes informatiques, sans conférer un quelconque statut cognitif aux représentations formelles élaborées pour cela. Ainsi, l'ingénierie des connaissances modélise les contenus pour manipuler leur forme d'expression, et les informations qu'ils contiennent pour raisonner sur leur signification. Ces deux aspects sont intrinsèquement liés comme on l'a déjà dit, forme et signification étant les deux approches pour élaborer une ingénierie des inscriptions.

Quand l'ingénierie des connaissances est comprise comme science cognitive appliquée, elle bute sur des difficultés théoriques profondes et, en outre, ne parvient pas à rendre compte de l'usage des artefacts numériques construits. Il y a une effectivité et une inventivité des artefacts d'inscriptions numériques qui ne se réduisent pas à ce qu'en disent les sciences cognitives. Ici aussi, l'ingénierie déborde la science et la théorie, l'ingénierie intellectuelle est une pratique qui précède la théorie : en fournissant des outils pour penser, elle ne reflète le fonctionnement de la pensée, mais l'aide à se constituer. En revanche, si l'ingénierie des connaissances est abordée comme science cognitive appliquée, elle ne fait pas ce qu'elle dit (elle fait plus) et ne comprend pas ce qu'elle fait (la théorie cognitive ne pense pas le rôle de l'artefact comme tel, mais seulement comme le reflet éventuel de la pensée) !

Le problème vient essentiellement de l'approche mobilisée par l'ingénierie des connaissances pour modéliser le sens et les connaissances, la formalisation logique, approche que nous appellerons « formalisme ». Cette approche est ambiguë car elle peut correspondre à la fois à un procédé technique, c'est le cas pour l'ingénierie des connaissances, à une hypothèse épistémologique et théorique, ce qui est le cas pour l'intelligence artificielle. Pour cette dernière, en effet, le formalisme est un principe de modélisation hérité de la tradition philosophique du Cercle de Vienne. Ce formalisme stipule que les connaissances sont par nature formelles et que pour dégager le contenu d'une connaissance, pour caractériser le sens d'une expression, il convient d'en extraire la signification formelle et donc de la formaliser. La connaissance serait ainsi de nature formelle, ce qui implique que, pour que cette connaissance soit celle d'un esprit connaissant et la connaissance d'un monde connu, cet esprit et ce monde soient eux-mêmes de nature formelle.

Or ni le monde ni les connaissances ne sont de nature logique : le formalisme ne permet donc pas de modéliser le monde et les connaissances. Mais, s'il a eu un tel succès en intelligence artificielle et fut adopté par l'ingénierie des connaissances comme technique de représentation, c'est que les représentations formelles sont directement exploitables par les systèmes informatiques qui sont des systèmes formels automatiques comme le soulignait [HAU 81] : tout ce qui est formel est exploitable par un système formel automatique.

Il n'existe aucune raison de remettre en cause la représentation formelle comme technique de représentation puisqu'elle permet de rendre exploitable informatiquement l'information contenue dans les documents. L'ingénierie des connaissances peut comprendre une ingénierie des représentations et une ingénierie des contenus sans déroger à ses principes technologiques. Alors que l'ingénierie des contenus modélise les transformations que l'on peut effectuer sur la forme des contenus et l'exploitation que l'on peut en faire, l'ingénierie des connaissances modélise l'interprétation que peuvent suggérer ces contenus et l'information qu'ils recèlent. Ingénierie des représentations et ingénierie des contenus ont le même projet de permettre l'exploitation des contenus en en proposant une instrumentation technique, en s'adressant à deux niveaux complémentaires, la forme pour l'une, le sens pour l'autre.

Mais si l'on abandonne le formalisme comme hypothèse épistémologique sur la nature des connaissances pour l'utiliser d'un point de vue technique, il convient d'être attentif à sa productivité dans le cadre d'une ingénierie. L'enjeu est en effet d'expérimenter pour observer et comprendre en quoi les techniques formelles enrichissent et dynamisent les outils intellectuels. L'objectif est de construire les représentations possédant le plus de pertinence, non pas en supposant qu'elles reflètent plus fidèlement notre manière de penser, mais en ce qu'elles sont plus productives en nous faisant penser et nous donnant à penser. L'ingénierie des connaissances n'imité pas notre manière de penser, mais voit comment penser plus loin en instrumentant nos moyens de raisonnement.

Quand on aborde la question des inscriptions matérielles et de leur interprétation, ainsi que du sens qui en résulte, la question qui se pose, et dont la réponse détermine largement le type de recherches à mener, est de savoir si le sens d'une inscription en est la cause ou la conséquence. En effet, dans quelle mesure le monde de la signification dépend-il du monde des contenus ? En quoi la forme matérielle des expressions ou inscriptions a-t-elle une influence ou non sur leur signification ? Part-on d'un contenu de pensée que l'on veut exprimer, se mettant à la recherche de la forme la plus adaptée pour l'exprimer, l'expression devenant ainsi la conséquence de l'intention d'expression, ou bien, part-on plutôt d'inscriptions ou de possibilités d'expression pour élaborer le monde des significations et des contenus de pensée correspondant ?

En répondant que la connaissance ne dépend pas de son inscription, la tradition des sciences cognitives et de l'intelligence artificielle postule qu'il est nécessaire de modéliser la pensée et les connaissances pour pouvoir ensuite les exprimer dans un langage adéquat, c'est-à-dire permettant d'exprimer le contenu de la pensée sans l'altérer. Si l'ingénierie des connaissances cherche à caractériser le sens des inscriptions ou des contenus culturels, elle devrait se faire science cognitive appliquée et appliquer les outils et concepts de l'intelligence artificielle pour caractériser les contenus de pensée exprimés par les inscriptions qu'elle considère.

Si on répond, au contraire, que les connaissances se construisent en partie à partir des inscriptions qui les expriment dans la mesure où la structure et les propriétés

matérielles de l'inscription conditionnent l'interprétation et la lecture, l'ingénierie des connaissances devient autonome car elle ne cherche plus à modéliser la pensée pour ensuite déterminer comment l'exprimer adéquatement, mais à définir comment une expression devient constitutive du sens qu'elle exprime.

En effet, l'exercice de la pensée est souvent comprise comme une activité désincarnée de l'esprit. En réalité, nous pensons munis d'un stylo et d'une feuille de papier, d'un clavier et d'un écran d'ordinateur, et recherchons souvent l'ambiance et l'environnement favorable d'une bibliothèque ou de notre bureau. La pensée est une activité possédant ses outils. Mais, et c'est là un point fondamental, la structure de ces outils, leurs fonctionnalités, conditionnent la nature et le style des constructions intellectuelles : ce que nous pensons dépend pour une large part des instruments que nous utilisons pour penser. Qui ne remarque qu'il a besoin d'écrire pour mettre en ordre ses pensées ? L'écrit propose en effet par ses propriétés spatiales (on écrit sur une surface plane, écran ou feuille de papier) d'organiser et de disposer dans l'espace d'inscription différents contenus. L'écrit structure par sa nature même ce que nous lui confions.

Bien évidemment, le paradoxe que soulève ce constat, est que les outils de la pensée sont aussi les outils produits par la pensée : ils sont donc la cause et la conséquence de la pensée. On résume souvent cette relation circulaire entre pensée et outils de la pensée en disant qu'ils se « co-construisent » : nous utilisons des outils pour penser d'autres outils, en une circularité productive et incessante. Or, nous connaissons aujourd'hui une mutation majeure dans les outils intellectuels avec l'introduction de l'informatique et du numérique. L'informatique consiste à représenter les processus en termes de traitement d'information : qu'ils soient physiques ou intellectuels, les processus sont rapportés à de l'information qui permet de piloter ou commander un système (c'est l'automatique ou le contrôle des systèmes), ou à de l'information qui permet d'instrumenter les processus intellectuels (c'est alors l'ingénierie des connaissances). Cette révolution s'est mise en place dans les années suivant la seconde guerre mondiale. Plus récemment, l'adoption des techniques numériques a étendu aux contenus la mutation entraînée par l'informatisation : tout contenu, qu'il soit textuel, audiovisuel, graphique ou photographique, peut être codé de manière numérique et soumis dès lors à des processus calculatoires informatiques. Nous sommes actuellement au cœur de cette mutation dont nous commençons seulement à entrevoir les conséquences.

Que représentent ces différentes évolutions pour les conditions techniques de l'exercice intellectuel ou du travail de la pensée ? Sans nul doute, l'informatique et le numérique proposent de nouvelles conditions et constructions à l'esprit qui peut travailler selon d'autres modalités, et élaborer des contenus dégagant d'autres manières de signifier. L'ingénierie des connaissances s'intéresse à ces nouveaux contenus et instruments de la pensée élaborés sur les supports numériques (codage) et informatiques (traitement).

Ainsi, du point de vue de son objectif, l'ingénierie des connaissances a pour but d'instrumenter l'exercice de la pensée et de permettre ainsi l'accès aux connaissances, leur élaboration et appropriation. L'ingénierie des connaissances élabore des outils de l'intelligence et s'intègre dans les technologies intellectuelles et cognitives. S'inscrivant dans la révolution informatique et numérique, l'ingénierie des connaissances se distingue des autres technologies intellectuelles en se concentrant sur les possibilités offertes par le codage et le calcul. L'ingénierie des connaissances se définit donc comme la recherche pour l'équipement numérique de la pensée, profitant ainsi des possibilités calculatoires des supports informatiques.

On aboutit donc à une question fondamentale à la base de l'intelligence artificielle et de l'ingénierie des connaissances : quel rapport y a-t-il entre les manipulations effectuées par les programmes sur les codes de la machine et l'interprétation menée par les utilisateurs sur les signes reconstruits à partir de ces codes à l'écran ou sur un autre support ? Nous avons dégagé deux postures possibles. Selon la première, on cherche à reproduire à travers les manipulations calculatoires les parcours interprétatifs du sens : le comportement informatique reflète l'interprétation sémantique, si bien que le système informatique modélise la pensée et son fonctionnement. Cette posture est celle de l'intelligence artificielle qui, comme son nom l'indique, recherche à modéliser l'exercice de la pensée pour la reproduire artificiellement. Selon la seconde posture, on cherche à produire à travers les manipulations calculatoires des configurations symboliques s'inscrivant dans la pratique d'un utilisateur qui sait comment les interpréter et les intégrer à son raisonnement et comportement. Le système informatique n'est pas un modèle *de* la pensée, mais un modèle *utile pour* la pensée qui trouve son exercice transformé et rendu possible par l'usage de ce modèle. L'enjeu n'est pas de modéliser la pensée, mais de l'instrumenter et de l'équiper en lui donnant les outils aptes à développer ses capacités. Cette posture est alors celle de l'ingénierie des connaissances, qui revendique ainsi son statut d'ingénierie (*supra*, encadré 1.1), s'il faut l'opposer à celui de science, et dont l'objectif est la conception et l'élaboration des *technologies de l'intelligence*.

3.1. L'ingénierie des connaissances comme science cognitive appliquée

L'ingénierie des connaissances (IC) est historiquement issue de l'intelligence artificielle. Elle consiste en une approche de *modélisation* et d'*opérationnalisation*. L'IC modélise en effet les tâches intellectuelles en caractérisant les connaissances qu'elles mobilisent : le modèle obtenu décrit ces connaissances et les opérations qu'elles permettent ou dont elles sont l'objet. L'IC opérationnalise ensuite les modèles ainsi élaborés pour qu'un système informatique s'intègre efficacement dans l'exercice de la tâche intellectuelle visée, que ce soit pour l'effectuer automatiquement ou pour en assister la réalisation. On trouvera ainsi l'ingénierie des connaissances mobilisée pour automatiser ou instrumenter / assister des tâches comme la consultation de dossiers patients dans le contexte médical hospitalier ou encore comme l'indexation documentaire pour

des applications pédagogiques. Dans ces situations, l'ingénierie des connaissances entreprend typiquement :

- de décrire et cerner les connaissances liées à l'activité étudiée : ce que contiennent les documents, ce que recherchent les utilisateurs, les méthodes permettant de relier les buts de la recherche et le contenu des documents ;
- d'organiser ces connaissances selon les différentes modalités de consultation et d'exploitation qui sont envisagées. A ce niveau, l'ingénierie des connaissances augmente la perception que les utilisateurs peuvent avoir de leurs propres connaissances ou des connaissances associées aux contenus, en donnant à voir et à percevoir ce qui resterait seulement implicite sinon ;
- d'instrumenter ces connaissances en représentations codifiées manipulables informatiquement et en méthodes de transformations ou d'interventions sur ces représentations. L'instrumentation résultante est l'outil proposé aux praticiens par l'ingénierie des connaissances.

Méthodologiquement, le projet de l'ingénierie des connaissances est de construire des systèmes à base de connaissances (SBC) effectuant des tâches ou résolvant des problèmes relevant d'activités intellectuelles ou cognitives. Le spectre d'intervention des SBC est vaste : cela peut aller de l'automatisation du traitement d'une tâche à l'assistance apportée à un utilisateur en passant par l'instrumentation des pratiques, où les utilisateurs se voient proposer des instruments leur permettant d'appréhender différemment la réalité et des outils pour y intervenir selon des modalités appropriées¹. Dans cette optique, il faut déterminer quelles connaissances sont nécessaires pour traiter ces problèmes ou tâches et définir comment les rendre exploitables informatiquement, c'est-à-dire les opérationnaliser.

Mais présentée ainsi, l'ingénierie des connaissances ne se distingue pas des autres disciplines modélisatrices qui représentent par un modèle les connaissances que l'on a sur le réel, pour ensuite le mettre en œuvre dans des systèmes techniques qui en suivent les prescriptions. Ce qui caractérise l'ingénierie des connaissances est que les connaissances considérées sont exprimées en langue naturelle de manière plus ou moins explicite, en recourant à des modes d'expressions plus ou moins codifiées. La difficulté qu'il faut surmonter pour réaliser des SBC est donc de caractériser les

1. Selon l'usage, nous distinguons les *instruments* d'appréhension, qui augmentent le domaine du perceptible et donnent à voir et à appréhender des facettes du réel débordant la perception commune, et les *outils* d'intervention qui augmentent nos capacités d'action et de construction. On retrouve donc l'opposition classique entre le capteur et l'effecteur, l'instrument de mesure et l'outil de construction. Mais cette distinction est souvent plus terminologique que réelle dans la mesure où l'appréhension mobilise souvent une intervention, et l'intervention repose pour sa conduite sur une appréhension particulière de la réalité manipulée. Mais elle reste néanmoins utile pour souligner l'apport des techniques selon deux facettes fondamentales, complémentaires et interdépendantes : la perception et l'action.

connaissances pertinentes (que faut-il savoir pour traiter de ce problème ou de cette tâche ?) et de déterminer la manière de les opérationnaliser (comment les représenter pour que la machine puisse s'en servir et effectuer son travail de manière adéquate ?).

L'opérationnalisation des connaissances sur les machines informatiques passe nécessairement par leur formalisation et leur codification en des représentations manipulables « mécaniquement » par la machine. Si l'opérationnalisation implique la formalisation, la question se pose alors de savoir si la modélisation ne peut pas également être adéquatement traitée par la formalisation. Autrement dit, est-ce que la formalisation permet de représenter les connaissances en prenant en compte leur signification et leur contenu conceptuel ? Si la réponse est positive, cela implique que l'objectif de l'ingénierie des connaissances est, après avoir cerné les connaissances relevant de la tâche ou situation abordée, de modéliser par la formalisation ces connaissances. La notion de formalisation est prise ici dans un sens fort : une connaissance formalisée est une connaissance exprimée dans un langage formel du type de la logique du premier ordre ; le lien au monde réel est assuré et décrit par la sémantique formelle, c'est-à-dire l'ensemble des règles qui permettent de relier aux objets du monde réel les symboles et formules du modèle.

Par conséquent, la question de la formalisation est cruciale pour le projet de l'ingénierie des connaissances. Plusieurs réponses peuvent être données. Historiquement, l'intelligence artificielle donna une réponse positive : la formalisation permet de modéliser les connaissances. Il en résulta tout un ensemble de méthodes et outils fort utiles qu'on retrouve en informatique et en ingénierie des connaissances. Mais cette dernière n'adopte pas la même attitude vis-à-vis de la formalisation. C'est pourquoi il convient de faire le point sur cette question et d'expliquer comment l'IC exploite les outils proposés par la formalisation. Cette discussion est nécessaire pour savoir comment positionner et mettre en œuvre l'ingénierie ontologique et l'ingénierie documentaire qui font l'objet des parties suivantes.

3.2. Modéliser le sens : le formalisme en question

3.2.1. *Le formalisme comme double principe*

Le formalisme est une notion qui recouvre de nombreux aspects distincts. Il faut distinguer deux aspects essentiels du formalisme :

Le formalisme comme principe de modélisation : la modélisation (voir encadré 3.1) consiste dans la construction d'une représentation d'une réalité dont elle exprime certaines caractéristiques et en ignore d'autres. Cette représentation se comporte, via des règles de transformation et d'inférence, à propos de ces caractéristiques, de la même manière que la réalité représentée. En disant que la

formalisation est une modélisation, on affirme qu'un système de logique formelle, exprimé dans un langage formel munie d'une sémantique, permet de décrire certains aspects de la réalité et d'en reproduire le comportement. La description de la réalité s'effectue par la relation de dénotation ou référence : un symbole du système formel désigne un objet ou un état de chose de la réalité visée. Le comportement du système formel obéit aux règles de compositionnalité : la signification d'une formule s'obtient par un calcul sur la signification de ses parties, indépendamment du contexte. Le système formel est un modèle quand dénotation et compositionnalité permettent de décrire le réel.

Le formalisme comme principe d'effectivité : l'effectivité consiste dans le fait que les systèmes formels s'opérationnalisent dans les termes mêmes du système : en formulant les termes du système formel dans les langages de la logique, en particulier ceux correspondant aux langages de programmation, on est assuré d'avoir une machine dont le comportement effectif est conforme à ce que dit le système formel.

Nous appelons :

modèle tout système de connaissances permettant de raisonner à propos d'une réalité et d'en anticiper l'évolution sous un certain point de vue ;

formel tout ce qui est consigné dans les termes d'un langage artificiel comme la logique ou les mathématiques, où la compréhension des énoncés est commandée par la forme plutôt que par le contenu des structures symboliques employées ; le formel peut être numérique ou symbolique, dans la mesure où les entités mobilisées sont régies par les lois de calcul fondées sur l'arithmétique ou par celles de l'inférence fondées sur la syntaxe. Comme on le sait, ces deux conceptions ne sont que deux points de vue sur une même réalité calculatoire, à savoir le code d'une machine de Turing ou la définition d'un système formel ;

formalisation la formalisation porte sur la modélisation d'une réalité que l'on exprime dans un langage formel, en confiant à la structure formelle (numérique ou symbolique) le fait de représenter la réalité et d'en prédire le comportement ; nous avons distingué jusqu'à présent la modélisation de la forme d'expression, relevant de l'ingénierie des contenus, de la modélisation du sens de l'expression, assumée par l'ingénierie des connaissances. On obtient dans les deux cas un *modèle formel* ;

modèle formel le résultat d'une formalisation.

Encadré 3.1. *La notion de modèle*

Ainsi, le formalisme comme modélisation des connaissances consiste dans l'affirmation que formaliser des connaissances exprimées en langue naturelle, c'est dégager en quoi elles sont des connaissances et en quoi consiste leur contenu. Le formalisme est alors une théorie épistémologique sur la nature de la connaissance. Le formalisme comme effectivité computationnelle consiste dans le fait que le syntaxico-formel correspond à la description de l'effectivité de processus naturels en termes d'exécutions d'algorithmes ou calculs (voir figure 3.1).

Un modèle se caractérise par :

la systémativité qu'il introduit entre les notions, c'est-à-dire que les notions s'interdéfinissent par l'intermédiaire des relations qui les relient. La systémativité implique qu'il faut être « systématique » : par exemple, si « droit » est défini, « gauche » doit l'être ; le système doit définir les notions qui, appartenant à un même niveau de généralité, s'interdéfinissent et s'entre impliquent. Par exemple, si un modèle médical pour la coronarographie contient la notion de sténose, il doit également contenir la notion de diamètre, d'artère et de débit sanguin ; en revanche, il n'est pas nécessaire qu'il possède les notions ressortissant au métabolisme des graisses, dans la mesure où ce n'est pas le point de vue de la coronarographie ni le niveau de détail qui la concerne ;

la cohérence qu'il impose aux relations définissant les notions ; formellement il ne doit pas être possible d'inférer P et $\neg P$;

la correction qu'il recherche en autorisant que des raisonnements vrais dans le domaine ;

la complétude qu'il recherche en déterminant les notions ; le modèle doit contenir tous les éléments permettant de raisonner sur la réalité visée en fonction de l'objectif poursuivi.

Encadré 3.2. *Les propriétés d'un modèle*

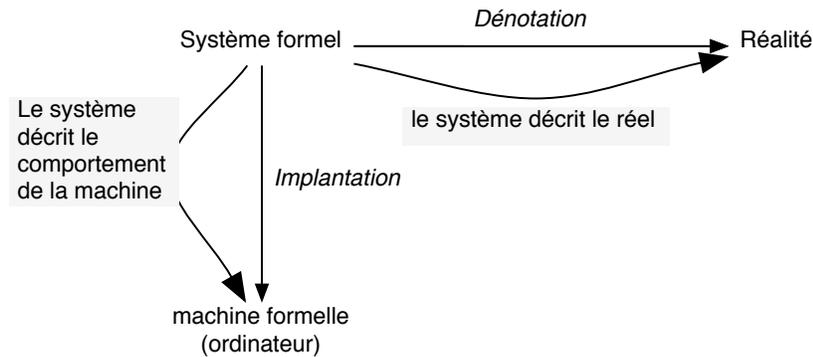


Figure 3.1. Le système formel vu comme un modèle : le système formel est une représentation exprimée dans le langage d'une théorie logique calculable. Le problème est de savoir ce qu'elle représente. La relation de dénotation permet de relier les symboles du modèle aux objets de la réalité visée. Le formalisme comme modélisation affirme que la relation de dénotation permet au système formel de reproduire et prédire la réalité visée, et donc de la modéliser. La relation d'implantation permet d'obtenir un système mécanique, une machine, se comportant exactement selon les termes du système. D'une certaine manière, la machine implante le système formel qui devient dès lors le modèle du comportement de la machine. Ce modèle décrit le comportement de la machine de manière exacte, en en faisant l'abstraction en termes d'information.

3.2.2. Formalisme et modélisation des connaissances

Le formalisme comme modélisation des connaissances affirme que la formalisation des connaissances permet de dégager en quoi des connaissances sont des connaissances. On rencontre une telle conception dans les thèses des philosophes formant le Cercle de Vienne², notamment sous la plume de Moritz Schlick qui écrit :

« Toute connaissance est donc par essence une connaissance des formes, des relations, et rien d'autre. Seules les relations formelles au sens défini sont accessibles à la connaissance, au jugement au sens purement logique du terme. » [SCH 85, p.188-189]

Confronté à une connaissance exprimée en langue naturelle, il est nécessaire, pour dégager le savoir qu'elle recèle, de faire abstraction de tout contenu, au sens de vécu

2. La bibliographie est abondante sur un mouvement intellectuel aussi important, par son contenu et par sa postérité, que le Cercle de Vienne. Ce mouvement s'inscrit dans les différents courants philosophiques nés de la révolution frégréenne de la logique. On peut consulter à ce sujet [JAC 80b], [JAC 80a], [MAL 81], [ENG 89].

Nous appelons :

modélisation formelle la conception d'un modèle formel ; parmi les modèles formels, il convient de distinguer :

une axiomatisation où le modèle prescrit à la réalité décrite une structure syntaxico-formelle ; par exemple, c'est la description de la réalité linguistique à partir de grammaires formelles, ou bien la description d'un système physique comme la régulation cardiaque à partir d'un système de règles formelles ; en d'autres termes, une axiomatisation élabore une grammaire des phénomènes à expliquer ;

une mathématisation où le modèle ne prescrit pas à la réalité décrite une structure syntaxico-formelle, mais une réalité décrite par des équations ; c'est par exemple la description de la régulation cardiaque à l'aide d'un système dynamique ; en d'autres termes, une mathématisation met en équation les phénomènes à expliquer ;

Dans la mesure où tout système de connaissance est un modèle, une formalisation peut être comprise comme une modélisation formelle. « formalisation » n'est donc pas synonyme d'« axiomatisation », que l'on appellera parfois « modélisation syntaxico-formelle » ou encore « formalisation syntaxique » ;

modélisation informelle tout système de connaissances exprimé dans un langage non formel ; par exemple, les connaissances exprimées dans la langue naturelle à propos d'un problème donné et rationalisées en une théorie du domaine constituent un modèle informel du problème et de la réalité du monde dans laquelle il s'insère.

La principale distinction opposant « axiomatisation » de « mathématisation » repose sur le fait que dans une axiomatisation, la syntaxe du modèle renvoie à la réalité du monde alors que même si un modèle mathématique possède sa propre axiomatisation, ce n'est pas cette structure syntaxico-formelle qui est attribuée à la réalité, mais les équations déduites de cette structure. Quand la mathématisation est axiomatisée, autrement dit quand le langage formel permettant l'expression du modèle repose sur des axiomes, ces axiomes permettent d'exprimer les principes mathématiques du modèle de manière syntaxique et calculable : le modèle devient implantable en machine. Cependant, cette axiomatisation n'apporte rien à la modélisation en tant que telle, le lien à la réalité modélisée étant abordée par la formalisation mathématique (voir figure 3.3).

Encadré 3.3. *Les différentes notions de modélisation*

« évoqué » ou « éveillé » par un terme de l'énoncé. En effet, le vécu est privé, individuel et incommunicable. Le vécu ne peut donc être une connaissance puisqu'une

connaissance est par définition une vérité sur le monde qui comme telle est partageable. Schlick note ainsi :

« Le vécu est contenu alors que le connaître est par nature dirigé vers la pure forme. [...] On exprimera peut-être mieux la tâche et la fonction purement formelles de la connaissance en disant que tout connaître est, sans cesse, un ordonner et un calculer, jamais un regarder et un vivre les choses. » [SCH 85, p.188]

En affirmant que toute connaissance est formelle et que tout contenu est incommunicable car ressortissant au vécu privé qui s'évoque et s'éveille chez autrui sans se communiquer, Schlick affirme par là même que tout ce qu'un mot veut dire, s'il possède du sens, c'est-à-dire s'il véhicule une connaissance, ne peut consister que dans les relations formelles qu'il décrit entre des objets. Ainsi, qu'un mot soit utilisé par un poète ou un scientifique ne changera rien à son contenu ; seulement, dans un cas, on l'utilise non pour son sens, mais pour son pouvoir d'évocation – c'est le cas du poète, et, dans l'autre, on l'utilise pour son contenu – c'est le cas du scientifique. En d'autres termes, il ne peut exister de différence de nature entre les langues naturelles et les langages artificiels dans la mesure où ces derniers sont spécialement conçus pour dégager le « contenu » formel des expressions linguistiques en tant qu'elles véhiculent ou expriment des connaissances. Le formalisme du Cercle de Vienne abolit donc la différence entre langue naturelle et langage scientifique dans l'expression des connaissances :

« Car le sens de ces mots, utilisés par le poète ou par le psychologue, ne peut en toutes circonstances être donné et expliqué qu'en le réduisant aux relations formelles entre les objets. Le mot « vert » n'est en rien plus riche (au contraire, il est même plus pauvre) que le concept de fréquence des oscillations lumineuses par lequel le physicien l'a remplacé. Le mot « vert » n'exprime pas réellement ce qui est vécu lorsque l'on regarde une prairie verte, le mot n'a aucune affinité de contenu avec le vécu du vert ; il n'exprime qu'une relation formelle selon laquelle tous les objets que nous nommons verts sont reliés les uns aux autres. » [SCH 85, p.187]

Cela implique que, selon le Cercle de Vienne, il n'y a pas lieu d'opposer le sens commun et la vérité scientifique. Si, en effet, le sens commun possède une vérité sur le monde, c'est qu'il possède un contenu formel qui le rend analogue en cela avec les connaissances scientifiques :

« Aussi paradoxal que cela puisse paraître, il est littéralement vrai que tous nos énoncés, des plus triviaux dans la vie de tous les jours aux plus complexes dans les sciences, ne reflètent que des relations formelles au sein du monde, et que n'entre en eux tout simplement rien de la qualité du vécu. [...] Nous voyons maintenant qu'à

cet égard les énoncés de la physique théorique ne diffèrent en rien de tous les autres énoncés de la vie quotidienne, pas plus que des énoncés des sciences de l'esprit. » [SCH 85, p.186-187]

Toute connaissance serait donc formelle. Mais il s'agit de savoir s'il s'agit d'un formel syntaxique ou d'un formel mathématique (voir encadré 3.3), si les modèles que l'on conçoit doivent être compris comme des axiomatisations ou des mathématisations. Or, là dessus, les auteurs du Cercle de Vienne sont également très clairs : la formalisation est une analyse logique du langage si bien que les relations formelles dégagées par la formalisation des connaissances sont des relations logiques syntaxiques.

Si le projet de l'intelligence artificielle (IA) est de résoudre des problèmes informatiques en opérationnalisant les connaissances exprimées en langue naturelle dont on dispose sur ces problèmes, le formalisme du Cercle de Vienne fournit le principe modélisateur de la démarche de l'IA : l'IA modélise la réalité du problème à résoudre en formalisant les connaissances puisque la formalisation ne fait pas autre chose que de dégager en quoi ces connaissances sont des connaissances du problème à résoudre.

Mais il manque encore un principe opérationnel qui rend le modèle ainsi obtenu effectif, pour qu'il puisse être opérationnalisé en un système matériel concret qui assure la résolution du problème posé. Il s'agit d'obtenir un principe général garantissant que tout modèle obtenu par la formalisation des connaissances soit effectif et opérationnalisable. Il ne suffit en effet pas, pour un projet comme celui de l'IA, qu'il y ait des constructions effectives de systèmes concrets de résolution selon des méthodes établies au cas par cas ou de manière *ad hoc*. Il faut avoir un principe opérationnel qui garantisse *par principe* que toute formalisation est effective. Un tel principe est fourni par la notion de machine de Turing universelle. On obtient donc une approche cohérente et complète de l'ingénierie des connaissances où l'on précise à la fois ce qui permet de modéliser les connaissances, c'est la formalisation de leur expression, et ce qui permet de les opérationnaliser, c'est l'effectivité du calculable (voir figure 3.2).

3.3. Les problèmes de l'approche formaliste

L'approche formaliste de l'ingénierie des connaissances considère que pour modéliser le sens des contenus et des inscriptions de connaissances, il faut les formaliser pour dégager leur véritable signification et déterminer ce qui, en elles, en fait des connaissances et non un simple verbiage. Mais pour que le formel soit le véritable vecteur de la modélisation, assurant le lien entre l'expression formalisée et la réalité qu'elle dénote, encore faudrait-il que le monde fût de nature formelle et que l'esprit appréhendant ces connaissances le fût également. Ainsi associée au formalisme syntaxique comme principe de modélisation trouve-t-on également l'idée d'une axiomatisation du monde et de l'esprit, le monde connu et l'esprit connaissant devant se rejoindre dans la connaissance formalisée et axiomatisée.

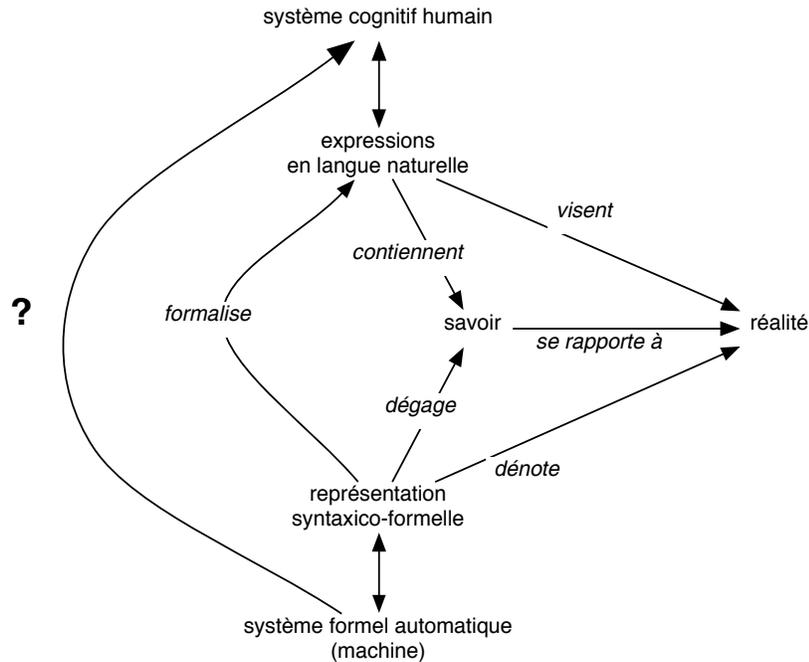


Figure 3.2. *L'approche formaliste en IA : des connaissances exprimées en langue naturelle visent une réalité dans le cadre de laquelle un problème doit être traité ; elles visent cette réalité en explicitant un savoir à son égard ; la formalisation dégage ce savoir et produit des représentations syntaxico-formelles qui constituent dès lors un modèle de la réalité visée par les connaissances linguistiques. Ce modèle, étant syntaxico-formel, est effectif et implémentable sur un ordinateur : son exécution opérationnalise les connaissances et permet de résoudre le problème posé. Cette approche laisse donc entendre que l'esprit humain serait réductible à un système formel automatique, hypothèse qu'il convient de discuter.*

Tant l'axiomatisation du monde (voir encadré 3.3) que celle de l'esprit ont rencontré leurs fervents défenseurs et penseurs [BAC 96]. Cependant, malgré des innovations conceptuelles et théoriques fondamentales que ces projets ont permis d'obtenir en pratique, le formalisme syntaxique comme modélisation bute sur des obstacles dirimants. En particulier, le principal obstacle à une reconstruction informatique syntaxico-formelle est la non formalité des connaissances qui y sont exprimées et des inscriptions qui les expriment. En effet, les connaissances ne s'expriment que rarement de manière formelle en dehors du cas exemplaire de la connaissance scientifique mathématisée. Mais tant le droit, la médecine que les sciences humaines et sociales expriment leur connaissance en recourant à la langue naturelle qui reste résolument non formelle.

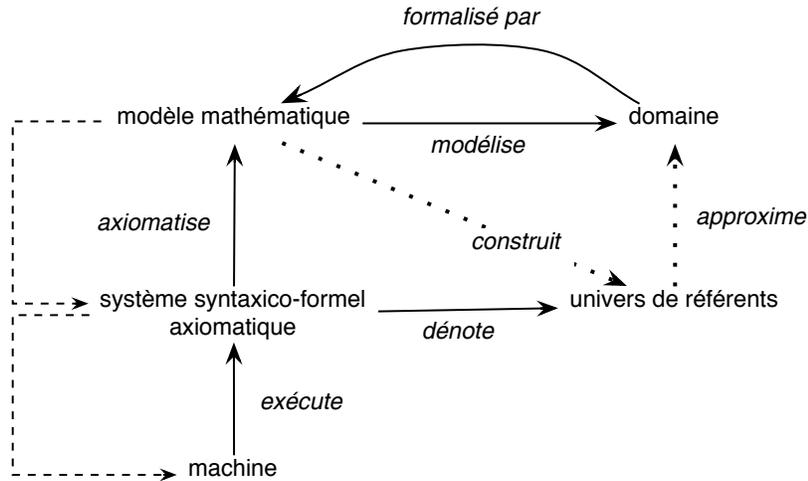


Figure 3.3. Le système syntaxico-formel ne modélise pas le domaine mais axiomatise le modèle mathématique du domaine et permet de l’implanter. Pour considérer le système syntaxique comme un modèle, il faut l’interpréter en lui réinjectant la sémantique du modèle qu’il formalise. En particulier, le système syntaxique ne dénote pas directement le monde modélisé, mais des entités théoriques construites à l’aide du modèle mathématique. Il est néanmoins nécessaire de disposer d’un tel système dans la mesure où le formalisme comme principe d’effectivité assure l’opérationnalisation de la mathématisation.

La non formalité des connaissances linguistiques a été souvent relevée et certains auteurs y ont vu sa caractéristique essentielle. Notamment, Terry Winograd a clairement soulevé ce point et y a reconnu une pierre d’achoppement fondamentale pour toute approche formaliste de la connaissance telle qu’une IA classique pouvait adopter. Dans l’exemple suivant, Winograd illustre comment le contexte est indispensable pour comprendre et analyser le contenu d’une assertion en langue naturelle :

« Imaginez qu’un docteur demande à une infirmière : “Est-ce que le patient est en train de manger ?” S’ils doivent décider d’entreprendre un examen ou non, la question peut être paraphrasée : “Est-ce qu’elle mange maintenant ?” Si le patient est à l’hôpital pour anorexie et si le docteur est en train de tester l’efficacité d’un traitement, ce serait plutôt : “ Est-ce que le patient a mangé une quantité minimale le jour dernier ?” Si le patient a récemment subi une intervention chirurgicale, cela peut signifier : “Est-ce que le patient peut s’alimenter par la bouche ?”, etc. En répondant, une personne interprète la phrase comme ayant une pertinence dans la situation courante, et répondra typiquement de manière appropriée sans avoir

conscience de choisir parmi différentes significations. » [WIN 90, p. 180] (notre traduction³).

Le sens d'un énoncé dépend de son insertion dans le contexte, de la même manière que le sens des mots qu'il contient dépend de l'énoncé. En d'autres termes, le sens véhiculé par la langue n'est pas compositionnel : le sens du tout n'est pas composé par le sens des parties. Or, une approche formaliste repose au contraire sur l'hypothèse de la compositionnalité du sens dans la mesure où la notion même de syntaxe générative permet, par des règles de construction, l'assemblage de symboles pour en faire des formules, et où la signification associée à de telles formules est déterminée par le sens associé aux symboles primitifs et par les règles de composition sémantique permettant de composer le sens des symboles pour déduire le sens de la formule qu'ils constituent.

On retrouve le problème de la non compositionnalité des termes également dans les taxinomies construites dans les domaines non formels. L'idéalisation correspondant à la systématisation des connaissances et des dénominations n'entraîne pas la fixation de la signification des termes. C'est ainsi qu'en zoologie, on peut rencontrer semblables phénomènes :

« Même dans un domaine bien défini, les normes qui fixent la signification du mot, et par suite sa référence, n'ont pas de régularité prévisible. Prenons un exemple dans le domaine de la zoologie, bien structuré par ses traditions académiques et scientifiques. Dans *buse variable*, *variable* signifie « dont la couleur varie selon les individus », alors que dans *lièvre variable*, *variable* signifie « qui change de couleur selon les saisons ». [RAS 94, p. 60]

Comme le note Winograd, ce problème « repose sur l'hypothèse des systèmes symboliques physiques elle-même. Pour caractériser une situation par une forme symbolique, on utilise un système de distinctions de base, c'est-à-dire des termes. Les règles portent sur les relations mutuelles entre les termes et non sur leur interprétation dans le

3. « *Imagine that a doctor asks a nurse : "Is the patient eating ?" If they are deciding whether to perform an examination, the request might be paraphrased : "Is she eating at this moment ?" If the patient is in the hospital for anorexia and the doctor is checking the efficacy of the treatment, it might be more like : "Has the patient eaten some minimal amount in the past day ?" If the patient has recently undergone surgery, it might mean : "Has the patient taken any nutrition by mouth," and so on. In responding, a person interprets the sentence as having relevance in the current situation, and will typically respond appropriately without conscious choosing among meanings. »*

monde. »⁴. Or, ce qui nous intéresse dans les connaissances exprimées en langue naturelle, c'est précisément leur interprétation dans le monde, ce qu'elles commandent de comprendre et de faire dans le monde.

Ce fait est également fortement souligné en linguistique par F. Rastier qui y voit une manière de congédier toute approche formelle de la langue :

« Si le principe de compositionnalité est invalide en sémantique linguistique et si l'interprétation échappe ainsi au paradigme du calcul, la détermination du global sur le local s'exerce par les contraintes initiales imposées ou proposées au parcours interprétatif. » [RAS 94, p. 37]

C'est qu'en effet, le sens d'énoncés linguistiques ne leur est pas immanent, il ne leur est pas propre ou local. Il est ainsi impossible de décontextualiser un énoncé formulé en langue naturelle exprimant un savoir pour obtenir une représentation de ce savoir. Si la langue naturelle nous permet d'exprimer notre rapport au monde tel que le caractérise la notion de sens commun, c'est que le monde qui se présente ainsi n'est pas « atomiste » et compositionnel, mais holiste. Souligné dans [HAY 85], le holisme des faits relevant du sens commun, comme ceux de la physique naïve, interdit leur description par des moyens purement formels, ou du moins ceux provenant d'une théorie atomiste telle que la théorie des ensembles :

« Les représentations contemporaines de l'expérience de sens commun sont extrêmement étroites, au point d'être suspectes en tant que représentations qui se veulent fidèles. Nous avons suggéré que cette étroitesse découle d'une adhésion trop précipitée aux traits attirant du point de vue de l'implantation, traits qui renvoient à leur tour à l'emploi des moyens essentiellement atomistes (non holistiques) de la théorie des ensembles. » [SMI 93]

Par ailleurs, comme nous l'avons souligné plus haut, la langue naturelle permet d'exprimer un rapport au monde et une attitude à prendre dans un contexte donné, une conduite à tenir. Elle seule permet d'exprimer le savoir constituant une pratique comme la médecine. Seule la langue permet d'exprimer avec des termes généraux (par exemple « le patient a-t-il mangé ? », « la sténose est serrée », etc.) un rapport au contexte qui prescrit une conduite à tenir. Dès lors, le projet de décontextualiser une telle connaissance en l'extrayant de sa gangue linguistique n'a plus de sens : en passant d'une sémantique contextuelle de la langue naturelle à une sémantique compositionnelle, localiste et non contextuelle d'un langage formel, on perd le contenu ou

4. « *The problem lies in the symbolic physical system hypothesis itself. In order to characterize a situation in symbolic form, one uses a system of basic distinctions, or terms. Rules deal with the interrelations among the terms, not with their interpretation in the world* », notre traduction.

le savoir véhiculé par l'énoncé, c'est-à-dire le rapport au monde ou au contexte (voir ce qu'affirme Winograd ci-dessus).

« Le sens d'un texte ne lui est pas immanent, il est immanent à la situation de communication à laquelle appartient le texte. Il varie donc avec les paramètres de cette situation. Comme tous les objets culturels, il est soumis à une évolution historique. » [RAS 94, p. 16 (note)]

Les principes formalistes mettent en place une conception objectiviste de la connaissance dans la mesure où une connaissance est rapportée à une représentation syntaxique qui possède des réalisations physiques. La connaissance est dès lors un objet que l'on range en mémoire et que l'on manipule dans des processus symboliques :

« La conception objectiviste de la connaissance inspire la définition des connaissances comme des chaînes de symboles, que l'on peut « manipuler » et « stocker ». Cette réification est inacceptable, car ces connaissances supposées sont produites et traitées indépendamment de tout contexte et de toute situation. Et une connaissance n'existe pas en soi, même une vérité factuelle : elle est toujours située dans une culture. » [RAS 94, p. 14]

Comme le souligne F. Rastier, cela revient à vouloir reconnaître une objectivité aux connaissances indépendamment du contexte de leur utilisation : s'analysant comme une représentation syntaxico-formelle, une connaissance existerait en tant qu'entité computationnelle, au même titre qu'un programme. Or, ce que signifie la non compositionnalité de la langue, c'est qu'une connaissance n'existe qu'en contexte. En d'autres termes, il est nécessaire, pour exploiter des connaissances exprimées en langue naturelle de renoncer au principe formaliste de modélisation qui voit en une connaissance une représentation syntaxique possédant une autonomie objective. Il faut adopter une théorie de la connaissance adaptée au holisme de la langue, adaptée à la détermination du local par le global. Une telle théorie de la connaissance doit s'adosser sur une théorie de la sémantique de la langue : ce n'est que par l'étude des expressions linguistiques des connaissances que l'on peut atteindre le contenu de ces connaissances.

3.4. Modéliser le sens : retour aux contenus

Le formalisme ne permet pas de dégager une approche épistémologique suffisamment solide pour fonder le projet de l'ingénierie des connaissances, à savoir d'instrumenter l'exploitation des inscriptions de connaissances en modélisant leur sens. En effet, en considérant qu'il suffit de formaliser les inscriptions pour dégager ce qui constitue en elles la connaissance, le formalisme isole les inscriptions de leur contexte

et de leur appartenance à des pratiques culturelles et sociales qui conditionnent leur lecture et utilisation. En faisant ainsi, le formalisme se coupe la possibilité de considérer le sens des inscriptions tel qu'il est et privilégie une reconstruction obtenue par l'axiomatisation de la sémantique des inscriptions.

Or, l'ingénierie des connaissances doit revenir aux contenus mêmes pour être capable de dégager leur signification et de la modéliser dans le but d'instrumenter l'exploitation de ces contenus. En effet, les contenus numérisés, quels qu'ils soient, qu'ils représentent une image, un texte, un raisonnement formalisé, possèdent un sens et sont interprétés comme tels par les utilisateurs. Ils sont « investis d'esprit » et c'est ce qui commande leur utilisation. En outre, leur mise à disposition sur un support numérique démultiplie les possibilités de transformation et de reconfiguration et la question est de savoir parmi ces possibilités lesquelles peuvent être porteuses de signification et comment les caractériser.

Support d'expression, le numérique permet d'inscrire des inscriptions investies d'esprit. Support de manipulation, le numérique permet d'explorer les reconfigurations des contenus et de leur signification.

3.4.1. *Interprétabilité du symbolique*

Le fait que les symboles utilisés dans les systèmes formels automatiques que sont les artefacts IA soient empruntés à la langue naturelle, c'est-à-dire c'est-à-dire des unités linguistiques prélevées sur l'expression linguistique des connaissances du domaine, est essentiel. Il est en effet à l'origine d'une caractéristique tout à fait particulière de ces systèmes, à savoir qu'ils sont « investis d'esprit ». Précisons ce que nous entendons par cette notion.

3.4.1.1. *Des objets investis d'esprit*

Il est important de remarquer que les systèmes conçus en IA sont, en pratique, utilisés comme de véritables *auxiliaires cognitifs*, c'est-à-dire qu'on les utilise comme produisant du sens, indépendamment du problème de savoir s'ils simulent cette production de sens qu'on leur prête ou s'ils la produisent effectivement.

Le fait est que bien que l'on sache qu'ils ne pensent pas, bien qu'ils ne soient pas le siège de phénomène cognitif, on interagit avec ces systèmes comme si c'était le cas. Même si le système expert médical ne pense pas, et qu'il ne viendrait pas à l'idée d'un utilisateur médecin de le croire, on considère que son résultat est un diagnostic, et pas seulement une inférence formelle. On suit ses prescriptions en tant que diagnostic, et pas en tant qu'inférence formelle. Quand Mycin infère sur les infections causées par la bactérie E. Coli, l'utilisateur ne s'intéresse au résultat du programme que d'un point de vue médical. On ne veut pas que le système *simule* l'inférence d'un diagnostic, on veut qu'il la produise, exactement comme on ne veut pas qu'une voiture simule le

déplacement dans l'espace, mais qu'elle le produise effectivement, même si on ne lui prête pas la locomotion propre aux êtres vivants.

L'expérience concrète des artefacts conçus en IA est qu'ils sont effectivement *anthropomorphisés* et qu'on leur prête raisonnements et pensées. C'est d'ailleurs la seule stratégie rationnelle que peut posséder un utilisateur pour construire son interaction avec le système. Et cet utilisateur entend bien que cette stratégie soit payante : qu'il soit allé plus loin en termes de connaissances en utilisant un système informatique que d'avoir fait du sur place avec un simulateur de raisonnement.

La situation des artefacts IA est en effet différente des simulations informatiques habituelles, où l'on explore les possibilités d'un modèle. Dans une simulation informatique, le résultat produit correspond à la forme prédite du phénomène mais non à sa mesure effective : c'est une prédiction théorique et non la donnée d'une mesure expérimentale par un capteur. Dans un système IA, le résultat n'est pas considéré comme une prédiction d'un raisonnement, mais comme étant le raisonnement lui-même. Ainsi, en télémédecine, l'utilisateur se conformera aux prescriptions du système comme s'il était en face d'un praticien ; dans un serveur de connaissances encyclopédiques, les sorties sont utilisées comme des connaissances du domaine et non comme des simulations de connaissances.

Par ailleurs, dans le cas d'une simulation informatique, le système *produit* de véritables connaissances sur le modèle lui-même, alors qu'il ne fait que simuler, par l'intermédiaire du modèle, la réalité modélisée. C'est d'ailleurs ce qui se produit dans le cas des modèles complexes dont on ne connaît pas les propriétés et que l'on opérationnalise informatiquement pour les étudier : la réalité explorée n'est pas le monde, mais le modèle lui-même, et le travail n'est pas un travail de prédiction théorique, mais un travail d'investigation expérimentale sur la nature du modèle.

On constate que les modèles ou les entités théoriques motivent des explorations expérimentales. Cela signifie que des entités théoriques comme les modèles doivent investir des supports matériels pour acquérir davantage de détermination, c'est-à-dire de précision idéale et théorique. Il faut en passer par l'observation empirique des supports matériels dans lesquels s'investissent les modèles pour accroître la connaissance que l'on en possède. Cela n'est pas propre à l'opérationnalisation informatique. L'écriture est la première forme, et la forme exemplaire, de l'investissement de la matière par l'idéalité et c'est ainsi qu'elle en permet la contemplation et la connaissance. Toutes les idéalités sont écrites, sont inscrites sur des supports, il n'y pas d'idéalité non matérielle. L'ordinateur n'est donc à cet égard qu'un support de plus, à la suite des parchemins, livres, figures, etc., mais avec cette caractéristique essentielle que désormais le support est dynamique.

Le caractère dynamique du support est ce qui permet d'utiliser l'ordinateur comme un auxiliaire cognitif dans la mesure où un livre propose des liens statiques que seul le

lecteur peut parcourir dynamiquement. En parcourant dynamiquement les liens existant entre les différentes inscriptions, l'ordinateur s'investit d'esprit. Cette dynamique est à la source de la production de nouvelles connaissances, nouvelles pour l'utilisateur qui les reçoit comme telles. C'est la raison pour laquelle l'ordinateur paraît pouvoir penser alors qu'il ne le fait pas. En donnant au livre la dynamique qui lui manque, l'ordinateur transforme cet objet investi d'esprit en un processus investi d'esprit, c'est-à-dire en ce qui ressemble à s'y méprendre à un agent.

C'est qu'en effet, l'ordinateur est une machine physique particulière, une machine « informatique » qu'il faut distinguer d'une machine physique au sens habituel. Les machines physiques permettent d'opérationnaliser une action physique dans le monde réel : elles automatisent un savoir-faire. Ces machines sont construites à partir des connaissances pratiques, comme le moulin à vent, ou bien à partir de connaissances théoriques appliquées, comme les machines mécaniques ou thermiques. Dans ces derniers cas, la machine opérationnalise non pas la connaissance théorique en tant que telle, mais son schème, c'est-à-dire son rapport à la réalité physique et concrète. Les machines physiques sont construites à partir de connaissances portant sur la forme des phénomènes physiques dont on veut obtenir la reproduction. Par conséquent, la machine physique met en œuvre le pouvoir causal de la matière physique de manière à produire dans le monde les conséquences physiques prédites par les connaissances théoriques. La machine physique opérationnalise donc ces connaissances dans la mesure où elle produit les phénomènes dont elles prédisent la forme théorique.

La situation est sensiblement différente pour les machines informatiques dans la mesure où elles n'opérationnalisent pas un savoir-faire, mais un savoir théorique : ce qui est automatisé n'est pas une action dans le monde physique, mais une action dans le monde théorique, conceptuel. Les machines informatiques automatisent la forme des phénomènes physiques indépendamment de leur matière. Les machines informatiques permettent donc d'opérationnaliser les connaissances théoriques dans leur fonctionnement théorique et conceptuel, et non dans leur rapport au monde réel. Ce qui est reproduit, c'est le fonctionnement théorique – plus exactement son fonctionnement symbolique – du modèle et des connaissances et non les processus naturels décrits par les connaissances. Les machines physiques utilisent des connaissances théoriques pour mettre en jeu des processus naturels dont elles décrivent la légalité, alors que les machines informatiques mettent en jeu les connaissances elles-mêmes et non la réalité qu'elles décrivent.

C'est pourquoi l'informatique a pu devenir une science cognitive et proposer un temps les modèles les plus convaincants pour naturaliser l'esprit. En reproduisant le fonctionnement des connaissances et non ce qu'elles décrivent, les machines informatiques semblent reproduire l'activité même de la pensée et, de ce fait, s'investir d'esprit.

On peut se demander ce qu'il faut exactement comprendre par objet ou processus « investis d'esprit ». Nous empruntons la notion d'« objet investis d'esprit » à Husserl qui [HUS 82] montre comment un objet comme le livre ne peut être considéré seulement comme un objet physique et matériel auquel se surajouterait un sens, le sens du contenu qu'il véhicule. Le livre, comme livre, est un objet qui traversé de part en part par un sens qui l'« anime » :

« Le livre avec ses feuilles de papier, sa reliure, etc., est une chose. A cette chose, il n'y en a pas une autre, le sens, qui se raccrocherait, mais au contraire celui-ci, d'une certaine manière, *pénètre de fond en comble* le tout physique *en « l'anime »* ; à savoir dans la mesure où il anime chaque mot, mais, encore une fois, non pas chaque mot pour soi mais des chaînes de mots qui sont liées de façon à former des configurations douées de sens, celles-ci à leur tour des configurations plus élevées, etc. Le sens spirituel, en animant les apparences sensibles *fusionne* d'une certaine manière avec elles, au lieu de leur être lié dans un simple juxtaposition. » [HUS 82, p. 326]

L'objet s'investit d'esprit dans la mesure où il « fusionne » avec le sens qu'il véhicule : il ne fait qu'un avec lui. Autrement dit, un objet comme un livre ne peut recevoir le qualificatif de livre qu'à partir du moment où il n'existe que par et pour le sens qui l'anime. Etant d'emblée animé par un sens « spirituel », le livre s'adresse à l'esprit qui y reconnaît une unité de sens, une intentionnalité qui s'adresse à lui. Par conséquent, l'esprit reconnaît dans le livre la trace de l'esprit.

En apportant une dynamicité au support physique d'inscriptions symboliques, les représentations syntaxico-formelles élaborées en IA par exemple, l'ordinateur apporte au sens fusionné avec le support symbolique physique une mobilité qui lui est propre : le sens spirituel n'anime plus simplement des apparences sensibles statiques, mais des processus sensibles dynamiques qui font un avec le sens qui les anime. L'esprit du lecteur ne reconnaît plus alors simplement la trace d'un esprit, mais la présence d'un esprit lui-même dans la mesure où un processus sensible animé d'un sens spirituel renvoie au sens vivant, au sens présent à lui-même, c'est-à-dire au sens de la conscience.

Que le processus investi d'esprit soit une notion essentielle est un fait bien connu, même s'il n'est pas toujours formulé en ces termes. En effet, ce fait a été clairement mis en évidence par l'expérience du programme ELIZA de J. Weizenbaum [WEI 66]. Un système, laissé en libre accès simulait le comportement d'un psychiatre. Pour cela, il reprenait les phrases de l'utilisateur pour les transformer en une question qu'il lui renvoyait. Si l'utilisateur disait par exemple : *Quelle belle journée aujourd'hui*, ELIZA répliquait par *qu'est-ce qui vous fait dire cela ?*. Egalement, si on lui disait : *Je me sens déprimé*, ELIZA répondait : *Je suis désolé de savoir que vous êtes déprimé*. ELIZA

fonctionnait en repérant des mots-clefs dans les phrases de l'utilisateur et en choisissant une transformation pour produire une réplique. Le plus surprenant est que, malgré les mécanismes rudimentaires à la base d'ELIZA, un tel système a grugé des utilisateurs au point qu'ils refusaient de croire Weizenbaum quand il leur affirmait que ce n'était pas un véritable psychiatre mais un programme rudimentaire qui leur avait donné la réplique pendant qu'ils se confiaient aveuglément.

Ce que prouve un système comme ELIZA, c'est que ce que nous avons appelé « la plausibilité interprétative » dans [BAC 94] ne repose pas en son principe sur une « plausibilité cognitive ». Cette dernière notion renvoie à la situation dans laquelle le système informatique produit du sens en opérationnalisant un modèle de l'esprit. La plausibilité interprétative renvoie au fait que le système fasse sens, c'est-à-dire qu'il est possible d'attribuer une signification aux processus symboliques (physiques) exécutés par le système. Or, selon les critères des partisans d'une IA forte, un système comme ELIZA ne possède aucune plausibilité cognitive. En particulier, les structures computationnelles mises en œuvre dans ce programme sont incapables de produire des actions intelligentes ou des performances cognitives (voir section 3.1). Pourtant, la plausibilité interprétative fut manifeste pour ses utilisateurs.

En d'autres termes, la notion d'« investissement d'un sens spirituel » que nous avons empruntée à Husserl ne qualifie pas l'essence réelle de l'objet mais le statut de son apparaître pour l'esprit. Pour qu'il y ait investissement d'un sens spirituel, la question n'est pas de savoir si le système informatique est réellement un esprit ou non, en donnant à ce terme le sens que l'on voudra, mais de savoir si les processus symboliques apparaissent comme étant animés d'un sens spirituel.

3.4.1.2. *Des représentations orthothétiques*

Comment se fait-il que les livres et les processus symboliques puissent s'investir ainsi de sens ? Cela provient du fait que les symboles consignés dans les livres, les symboles exhibés dans les processus computationnels ne sont pas n'importe quels symboles. Ce sont des symboles qui s'annoncent comme possédant d'emblée du sens.

« Il s'agit partout d'une *mode d'aperception fondamentale*, d'une attitude expérientielle tout à fait particulière, dans laquelle un apparaissant sensible (un pré-donné) ne devient pas un donné sensible, un perçu, un objet d'expérience, mais dans son « fluidum psychique », dans l'unité même d'une appréhension d'un autre type, contribue à constituer une objectivité d'un type propre. Il est manifeste que ce mode d'aperception a, dans ce cas, une « fonction subjective » autre, un mode subjectif autre que celui qu'il a dans le cas d'une expérience thématique externe. » [HUS 82, p. 327]

Husserl convoque, comme symbole possédant d'emblée du sens, tous les objets d'usage et du monde de la culture : il cite pêle-mêle « un verre, une maison, une

cuillère, un théâtre, un temple, etc. ». Cependant, il est difficile de mettre sur un même plan un livre et une cuillère, même si tous deux possèdent une signification qui excède leur sens en tant qu'objet matériel sensible que peut considérer une attitude naturelle. En effet, l'un contient des représentations structurées symboliquement, alphabétiquement, l'autre non. La fusion du sens avec son support sensible n'est pas identique dans les deux cas. Dans le premier, celui des caractères orthographiques consignés dans un livre, l'objet se constitue comme étant l'enregistrement exact d'un sens : par essence, l'objet qu'est l'écrit est de renvoyer à un sens dont il donne le contenu exact, tandis que dans le second cas, celui d'un objet d'usage par exemple, l'objet se constitue comme ayant d'emblée un sens, mais sans en révéler la teneur exact ou le contenu. Il faut donc distinguer parmi les objets investis d'esprit ceux qui s'animent d'un sens spirituel dont ils révèlent le contenu exact, et ceux qui s'animent d'un sens sans dire précisément lequel.

En effet, nous avons déjà noté que la langue naturelle, la parole par conséquent, permettait d'exprimer le rapport au monde, le rapport au contexte, c'est-à-dire la manière dont les choses du monde font sens pour nous dans un contexte particulier. L'écriture, en consignait la parole, fixe dans la lettre ce rapport au monde, et renvoie de manière exacte à un sens. Cela ne contredit pas le fait que nous avons relevé dans notre constat négatif soulignant la contextualité du sens de la langue naturelle. En effet, le fait que ces représentations *prétendent* renvoyer exactement à un sens n'implique pas qu'elles renvoient exactement au même sens quel que soit le contexte. Le contexte de lecture de l'utilisateur détermine l'exactitude des représentations à renvoyer exactement au sens pertinent du contexte, exactement comme la lecture d'un énoncé écrit formulé dans la langue renvoie exactement au sens que le lecteur lui attribue dans son contexte de lecture. Dire que le sens est contextuel, c'est affirmer que le sens n'est pas assignable hors contexte. Mais, en pratique, on est toujours situé dans un contexte. C'est pourquoi l'écriture renvoie de manière exacte à *un* sens, mais non *au* sens : le fait de consigner la parole énoncée en contexte dans une écriture qui devient un objet non contextuel implique que l'écriture prétend renvoyer à un sens unique sans pouvoir dire précisément lequel du fait de la perte du contexte d'énonciation. En d'autres termes, l'écriture se caractérise, d'une part, par l'exactitude de son enregistrement de la parole et donc par sa capacité à prétendre renvoyer à un sens unique, et, d'autre part, par son incapacité à dire quel sens exactement.

On comprend ainsi pourquoi les connaissances dans les domaines pratiques ne peuvent s'élaborer et se théoriser que dans la langue naturelle. En effet, seule la langue naturelle permet d'exprimer le rapport au monde dans lequel consiste la pratique. L'écriture alphabétique, en transcrivant *exactement* cette expression, fournit le matériau sur lequel édifier un système de connaissance qui sera permanent et partageable. Mais il restera un fossé irréductible entre la théorie et la pratique. En effet, la transcription exacte du savoir décontextualise la connaissance si bien qu'un travail de recontextualisation est nécessaire. Et il est bien connu que dans les domaines de la pratique, comme la médecine pour reprendre cet exemple, l'enseignement repose pour

une large part sur un apprentissage de la contextualisation du savoir tel que l'écriture l'a transcrit. Si les médecins se forment davantage à l'hôpital qu'en faculté, et que les ingénieurs se forment davantage dans les entreprises que dans les écoles, c'est qu'il est nécessaire de savoir constituer un contexte de lecture qui soit propre à assigner le sens correct auquel l'écrit prétend renvoyer de manière exacte.

Les langages formels de la science ne possèdent pas ce problème dans la mesure où ils prescrivent d'eux-mêmes comment effectuer la recontextualisation. En effet, dans la mesure où les langages de la science prescrivent comment construire l'objet dont on parle, le rapport au contexte est internalisé dans la théorie. En revanche, la langue naturelle exprime un rapport, un contexte que l'écriture consigne sans l'internaliser : il est donc nécessaire, lors de la lecture, de lui redonner un contexte que l'écrit ne détermine pas, même s'il contient des contraintes interprétatives ; il est en effet possible de discriminer les contextes pertinents des contextes impertinents de lecture. Mais ces contraintes ne suffisent pas à déterminer quel rapport au monde, quelles choses se donnant dans ce rapport, est exprimé. L'écrit consigne la rencontre passée et vécue avec des choses et un contexte : le lire et le comprendre, c'est produire une nouvelle rencontre qui possède une communauté de sens avec la précédente, une analogie, mais non une identité. L'écrit scientifique consigne la manière de susciter une rencontre, l'expérimentation, avec tel ou tel objet, dont les critères d'identité sont déterminés par la définition même de l'expérimentation. Il ne s'agit pas alors d'analogie entre deux expérimentations, mais d'incertitudes sur les résultats qui permettent de parler d'identités ou de différences.

3.4.2. Effectivité du symbolique

Mais les modèles construits par l'IC ne sont pas seulement couchés sur le papier, mais ils sont aussi implantés en machines. Le modèle est à la fois la représentation d'une réalité externe et l'abstraction d'une réalisation effective en machine. Le modèle devient ainsi lui-même une réalité effective à travers une telle implantation. Dans ces conditions, le modèle n'est pas seulement la concrétisation d'une abstraction théorique disant à l'avance ce qu'il faut en attendre, mais il constitue une réalité qu'il faut investiguer à travers les interprétations qu'il suscite. En effet, à travers ses inférences et autres calculs menés sur les représentations syntaxiques et formelles du sens des contenus, l'IC produit de nouvelles représentations dont l'interprétation peut conduire à des résultats inédits, non pas à l'instar des modèles scientifiques qui se substituent à la réalité étudiée pour révéler à travers les lois du comportement intégrées dans le modèle les conséquences insoupçonnées de leur application, mais, du fait de l'importance du contexte, selon un mode, encore largement à étudier, d'interaction entre les usages et pratiques d'une part, et les représentations formelles interprétées dans le cadre de ces usages d'autre part.

Chapitre 4

Numérique et ingénierie des contenus

L'ingénierie des contenus s'intéresse à la modélisation formelle de la forme d'expression des inscriptions matérialisant les contenus culturels et les connaissances. L'enjeu est de transcrire en une forme manipulable et calculable l'apparence de ces inscriptions pour être capable de les enregistrer, les préserver, les transmettre et les reconstruire. Complémentaire de l'ingénierie des connaissances qui se concentre sur le sens des inscriptions pour le modéliser et en tirer une instrumentation des inscriptions fondées sur leur signification, l'ingénierie des contenus n'aborde pas directement la question du sens et de la modélisation, mais cherche à instrumenter les formes d'expression et à proposer les outils pour travailler et transformer cette matière expressive.

La forme d'expression, sa structure matérielle, son apparence sensible et perceptible, conditionnent l'interprétation qui pourra être effectuée et le sens qui pourra être attribué à l'inscription. L'inscription, dans sa matérialité, fournit une matière à réflexion et donne à penser à l'esprit qui l'appréhende. Selon le type de matérialité qui l'incarne, un type d'interprétation se dégagera qui reflétera dans sa conceptualité et ses structures cognitives la matérialité interprétée.

Quand la forme d'expression est graphique, mobilisant les possibilités spatiales de l'inscription dans une surface plane bidimensionnelle, comme l'illustre par exemple l'écriture, on obtient une rationalité que l'on peut qualifier de graphique à la suite de Jack Goody. Quand de surcroît elle résulte des possibilités du calcul pour devenir dynamique et interactive, on peut alors envisager une rationalité qui serait computationnelle, dont les structures cognitives resteraient à dégager.

L'ingénierie des contenus, en s'intéressant au support numérique comme support d'inscription et de formalisation des formes d'expression, est à la base de cette évolution de la raison graphique en computationnelle. La question posée à l'ingénierie des contenus est de déterminer les conséquences de cette mutation et de caractériser les figures rationnelles qu'elle suscite et constitue. En particulier, le numérique instaure de nouvelles conditions pour l'environnement culturel pour

les esprits qui trouvent des outils et inscriptions configurées et accessibles selon des modalités nouvelles en rupture avec la culture de l'écrit. Proposant toujours et partout un accès à la sphère immense et en expansion des contenus mis en ligne et numérisés, le numérique propose une abondance déstructurée qui supprime les repères habituels et instaure une désorientation des esprits.

Cette désorientation ne peut être surmontée que par la constitution d'une culture endogène à ces innovations techniques, en proposant les outils critiques et intellectuels, où les esprits retrouvent leurs repères, ont prise sur les contenus et reconstituent une société des esprits par delà les médiations numériques.

Plusieurs tentatives pour gérer cette désorientation sont possibles. L'une recourt à la médiation technique, modélisant le sens pour confier aux outils la gestion des contenus et de leur signification. Le web sémantique est la figure actuelle de cette tendance toujours présente de notre société technicienne et industrielle. L'ingénierie des contenus se mue alors en ingénierie des connaissances, retrouvant les difficultés du chapitre précédent. Selon une autre, il convient de ne recourir à l'ingénierie des connaissances que localement pour laisser la place à la constitution d'outils culturels instrumentés au niveau de leur forme d'expression par l'ingénierie des contenus. Il s'agit alors de renouer avec une tradition rhétorique et philologique, où le travail du sens s'élabore sur un travail de la forme, et non l'inverse. Ainsi, tant l'ingénierie des connaissances que l'ingénierie des contenus convergent vers une ingénierie numérique comprise comme une technologie intellectuelle où la pensée se construit à partir de l'instrumentation technique des inscriptions du sens.

Les contenus numériques sont constitués de signaux binaires représentant une information codée. Les contenus présentent une double face, une face technique, puisqu'ils se manipulent selon des outils et méthodes relevant d'une technologie, et une face culturelle, puisqu'ils ne sont pas utilisés pour leur valeur matérielle et physique, mais pour l'interprétation qui voit en eux l'expression d'un contenu de pensée. Le contenu est la médiation matérielle entre des esprits qui communiquent entre eux.

L'ingénierie du numérique a pour objectif d'optimiser cette médiation matérielle en instrumentant les contenus, de manière à ce que leur face technique vienne soutenir leur face culturelle, la structurer et la rendre ainsi possible. On peut instrumenter les contenus en formalisant leur forme d'expression, c'est l'ingénierie des contenus, ou en formalisant leur signification, c'est l'ingénierie des connaissances.

L'ingénierie des contenus repose sur le fait que la forme de l'expression est une condition pour l'exercice de la pensée qui trouve dans les inscriptions matérielles un horizon où muer son vouloir dire potentiel dans une expression actuelle. Les possibilités d'expression suscitées par une technique constituent en quelque sorte le prétexte pour constituer un contenu et l'exprimer. Autrement dit, la possibilité technique d'expression constitue la pensée et aide à la façonner. Par conséquent, une technologie particulière d'expression suscitera un type de pensée qui reflétera, dans son contenu et sa structure, la structure technique des expressions. On devra donc constater une

corrélation, plus ou moins lâche, entre une technique et un type de pensée, quitte à qualifier la pensée de la technique qui la constitue. On parlera ainsi d'une pensée graphique pour évoquer la pensée se constituant à partir des possibilités graphiques, de pensée orale pour les cultures orales ne recourant pas à l'écriture, etc.

Or, le numérique impacte profondément les techniques d'expression qu'il reconfigure de part en part. Il en résulte que les possibilités culturelles et intellectuelles suscitées par le numérique doivent se manifester par une pensée particulière, que l'on pourrait qualifier de « computationnelle ».

Il semble en effet que ce soit bien le cas. Les anthropologues, en particulier Jack Goody [GOO 79, GOO 85, GOO 94], évoquent une raison graphique pour expliciter le fait que l'écriture induit un mode de pensée particulier et un rapport au monde spécifique. Nous parlerons, quant à nous, d'une raison computationnelle pour expliciter le fait que nous pensons différemment avec les outils numériques. L'ingénierie des contenus est donc une ingénierie de la culture et de la pensée.

4.1. La raison graphique

Selon Jack Goody, l'écriture permet de constituer trois types principaux de structures conceptuelles, conditionnant notre mode de pensée. Ce sont la liste, le tableau et la formule.

La liste permet de délinéariser le discours pour en prélever des unités que l'on ordonne ensuite dans une énumération. La liste permet de rassembler dans une même unité ce qui est dispersé dans le discours : elle induit par conséquent un classement et une catégorisation. Faire des listes, c'est choisir de consigner un item parmi d'autres en considérant qu'ils ont quelque chose à faire ensemble : ils appartiennent à une même classe, une même catégorie. En favorisant la structure de liste, l'écriture induit un rapport au monde qui procède de la raison classificatoire : penser le monde, c'est l'organiser en classes et hiérarchies, c'est l'ordonner et le ranger. Le monde de l'écriture, c'est le cosmos des antiques, comme univers (au sens de totalité, *universum* renvoyant à l'ensemble des choses considérées globalement) organisé, cohérent et harmonieux. On sait en effet que *kosmos* signifie originellement « ornement » et a donné le « cosmos » de « cosmologie » comme celui de « cosmétique » [BRA 99]. Cet univers harmonieux serait-il un artéfact de l'écriture alphabétique ? C'est une hypothèse suscitée par les possibilités classificatoires induites par les listes que l'écriture permet de constituer.

Le tableau est le fait de représenter un ensemble de rapports entre des unités à travers leur position respective selon les deux dimensions de l'espace de l'écriture : être à gauche ou à droite, être au-dessus ou au-dessous, sont les deux types de relations spatiales qui permettent de mettre en relation sémantique les unités ainsi disposées.

Dans un tableau, l'unité occupant une case prend une signification déterminée, à tout le moins conditionnée, par la position de la case dans le tableau. Le mode de pensée induit par le tableau est alors le système : un tableau spécifie des relations entre les cases, et permet par exemple de prévoir *a priori*, de manière systématique, la valeur devant occuper une case, du fait de la position de cette dernière. L'exemple le plus fameux est sans doute le tableau de Mendeleïev des éléments, dont la systématique a permis de prédire, lors de sa formulation, que de futurs éléments (comme l'uranium) devaient être trouvés.

La formule est un procédé permettant de mener des raisonnements en fonction seulement de la forme, sans avoir à prêter attention à la signification. La forme prenant en charge dans sa structure ce qu'il faut retenir des significations considérées, il suffit alors de manipuler la forme pour mener à bien les raisonnements sur le contenu ou la signification. C'est ce qui est à la base de la logique formelle et plus généralement des mathématiques. Le problème n'est pas tant le fait de savoir si le formalisme permet de mener le raisonnement indépendamment du contenu, ce dernier pouvant même être remis en question (existe-t-il vraiment ?), mais le fait de pouvoir se fier à la forme.

Se fier à la forme est l'attitude à la base de tous les formalismes, notamment ceux qui seront à l'origine de l'informatique et du numérique. Comme nous l'avons rappelé plus haut (voir 2.2.2), Hilbert considère l'écriture mathématique de manière purement formelle, c'est-à-dire en ne considérant que les signes utilisées indépendamment de leur signification, préfigurant ainsi, grâce aux structures cognitives engendrées par l'écriture, en particulier par la structure de formule, l'informatique.

La métaphore de l'écriture se poursuit encore avec Turing, le père de l'informatique, lorsqu'il proposa une machine abstraite conçue de la manière suivante [TUR 95] : on dispose d'une bande mémoire infinie composée de cases ne pouvant contenir qu'un et un seul symbole (c'est en fait la feuille de papier sur laquelle travaille le mathématicien), une tête de lecture et d'écriture, se déplaçant sur la bande mémoire de case en case (une à la fois), pouvant lire et écrire un symbole (c'est le stylo du mathématicien), et enfin un état interne de la tête de lecture (c'est l'état mental du mathématicien)¹. Un programme, purement formel permet de déterminer ce que doit écrire la tête de lecture et comment elle doit se déplacer en fonction de ce qu'elle lit

1. Turing écrit : « Un homme en train de calculer la valeur d'un nombre réel peut être comparé à une *machine* susceptible de se trouver dans un nombre fini d'états q_1, q_2, \dots, q_n , que nous appellerons ses *m-configurations*. La machine est alimentée avec une *bande* (analogue au papier qu'utilise l'homme), divisée en sections (appelées *cases*), dans chacune desquelles peut être inscrit un *symbole*. Dans la case r est inscrit le *symbole inspecté*, le seul dont la machine est pour ainsi dire « directement consciente ». Cependant, la machine peut garder trace de certains des symboles qu'elle aura vus (*inspectés*) précédemment en modifiant sa *m-configuration*. A chaque instant, la liste des comportements possibles de la machine est entièrement déterminée par sa *m-configuration* q_n et le symbole inspecté $S(r)$. » [TUR 95, p. 51]

et de son état interne. Autrement dit, en fonction de ce qu'il pense et de ce qu'il voit, le mathématicien écrit un symbole sur sa feuille de papier. La métaphore ne doit pas nous égarer : les manipulations de symboles sur la bande mémoire sont purement formelles et le fonctionnement de la machine de Turing ne repose sur aucune interprétation ni signification associées aux symboles, mais uniquement sur leur forme.

Autrement dit, le formalisme, issu de la structure de formule rendue possible selon Goody par l'écriture, a permis d'engendrer l'idée de systèmes automatiques manipulant des signes formels : une écriture formelle automatique, qui s'écrit en quelque sorte toute seule. Cette idée a engendré l'informatique, technique permettant de manipuler automatiquement les inscriptions symboliques, qu'elles représentent des nombres, des lettres, ou n'importe quoi d'autre. De la même manière que l'écriture a permis d'engendrer un mode particulier de pensée, la question peut être posée de savoir si on peut constater un phénomène semblable avec l'informatique et le numérique : en quoi le recours à des représentations calculées induit-il une rationalité particulière ?

4.2. La raison computationnelle

Nous aborderons cette question sous deux angles : d'une part, quel serait l'apport cognitif ou phénoménologique du calcul formel et de l'informatique à la connaissance, à l'instar de l'écriture qui propose une synthèse synoptique spatiale de ce qui est dispersé dans le temps ? d'autre part quelles seraient les structures de pensée fondamentales suscitées par l'informatique, à l'instar de ce que sont la liste, le tableau et la formule pour l'écriture ?

Si l'écriture permet la synthèse du temps dans l'espace, en permettant que ce qui est dispersé dans le temps (flux de la parole) soit rassemblé dans l'unité d'une représentation spatiale synoptique, offrant au regard de l'esprit la possibilité de repérer des configurations synthétiques constituant de nouveaux concepts, l'informatique permet le déploiement de l'espace en temps. En effet, un programme n'est pas autre chose qu'un dispositif réglant un déroulement dans le temps, le calcul ou l'exécution du programme, à partir d'une structure spécifiée dans l'espace, l'algorithme ou programme. L'algorithme spécifie que, les conditions initiales étant réunies, le résultat ne peut manquer d'être obtenu, selon une complexité donnée. Le programme est donc un moyen de certifier l'avenir, d'en éliminer l'incertitude et l'improbable pour le rapporter à la maîtrise. Le temps de l'informatique n'est donc pas une disponibilité à ce qui va venir, aussi improbable que cela puisse être, mais la négation du futur dans son ouverture pour le réduire à ce qui peut s'obtenir à partir du présent. Le calcul, c'est le devenir, c'est-à-dire le futur compris comme l'ouverture et la disponibilité à

l'Être ou ce qui va arriver, réduit à ce qui est à-venir, dans la certitude de la prévision formalisée².

Le calcul instaure une espèce d'équivalence ou correspondance entre temps et espace : le temps devient celui qui est nécessaire à l'exploration systématique d'un espace de calcul, comme parcours de tous les cas possibles d'une combinatoire ; l'espace devient l'espace qu'il faut parcourir en un certain nombre d'étapes, spécifiées par le calcul. Mais l'espace et le temps sont duaux : l'espace est celui que l'on peut parcourir à travers les étapes du calcul ; le temps, ce sont les étapes nécessaires au parcours de l'espace.

Dans ces conditions, quelle est la fonction cognitive du calcul correspondant à la spatialisation synoptique de l'écriture ? Nous proposons la notion d'exploration systématique. Le calcul, c'est ce qui permet de parcourir systématiquement un espace de possibles. Ces possibles sont possibles en tant qu'ils sont calculables, et le calcul les parcourt pour les examiner et leur appliquer un critère donné. C'est cette notion d'exploration systématique qui permet de dériver les structures conceptuelles caractéristiques d'une raison computationnelle. Nous proposons de considérer la notion de programme, de réseau et de couche.

Le programme est à la raison computationnelle ce que la liste est à la raison graphique. Autant la liste permet de catégoriser et de classifier, d'offrir une synopsis spatiale, le programme permet de spécifier un parcours systématique : l'exécution du programme n'est alors que le déploiement temporel de la structure spatiale symbolique qu'est le programme.

Le réseau est à la raison computationnelle ce que le tableau est à la raison graphique. Alors que le tableau propose une structuration et une systématisme entre les contenus répartis dans les cases du tableau, le réseau propose un mode de communication et répartition entre les cases du tableau. C'est un tableau dynamique.

Enfin, la couche est à la raison computationnelle ce que la formule est à la raison graphique. La formule permet en effet de considérer la forme, abstraction faite du contenu : la couche permet de considérer des relations calculatoires entre des unités, abstraction faite des calculs sous-jacents impliqués. La notion de couche en informatique, *via* celle d'implantation et de compilation, permet de représenter les structures formelles en faisant abstraction des calculs élémentaires induits, comme la formule permet de s'abstraire du sens.

2. Nous distinguons ainsi le devenir, c'est-à-dire ce qui devient à partir de ce qui est présent, de l'à-venir, qui peut survenir dans le futur sans ce que cela soit prévisible à partir du présent. L'à-venir est donc l'ouverture à ce qui n'est pas simplement la répétition de ce qui est déjà, ou la simple extrapolation à partir de qui est actuellement.

Raison graphique	Raison computationnelle
Liste	Programme
Tableau	Réseau
Formule	Couche
Schéma	Maquette numérique

Figure 4.1. *Raison graphique et raison computationnelle*

On peut étendre la comparaison au-delà des structures indiquées par Goody et s'interroger sur des structures graphiques essentielles pour le raisonnement comme le schéma. Le schéma est une structure intéressante dans la mesure où il correspond à la figuration dans l'espace d'un concept. Le schéma n'est pas le produit du réel qui vient impressionner notre sensibilité. Le schéma correspond à l'acte de l'esprit qui se donne à voir ce qu'il pense, il le schématise. Le schéma n'est donc pas analogue à une photographie qui retient sur sa pellicule tout le réel, indépendamment de ce qu'il y a à en penser. Le schéma est, quant à lui, l'objet qui manifeste de manière minimale dans le réel sensible le concept, de manière à ce que la structure matérielle et perceptible du schéma corresponde à la structure abstraite du concept. On peut penser à la différence qu'il y a entre les photos d'un corps disséqué et les dessins anatomiques. Alors que seul un regard exercé et entraîné arrive à reconnaître les organes et les structures anatomiques sur une photo, le schéma est compréhensible par les novices et donne à voir les structures qu'il faut repérer, d'où le succès et l'utilité des schémas dans l'enseignement.

Quel pourrait être l'équivalent des schémas dans le contexte numérique ? La réponse semble devoir être la maquette numérique qui permet de schématiser non seulement dans l'espace comme le faisaient les dessins anatomiques ou techniques, mais aussi dans le temps, donnant à voir et percevoir le comportement du système à concevoir. Le numérique permet alors de démultiplier le soutien à la pensée en franchissant une étape supplémentaire dans l'expression de la pensée, donnant une expression temporelle et pas seulement spatiale aux contenus de la pensée.

Il ne faut pas confondre cette schématisation temporelle avec les contenus temporels comme les sons ou les images animées de l'audiovisuel. Car ce schéma temporel ne montre pas seulement un enchaînement temporel, mais aussi une articulation non linéaire dans le temps des dépendances conceptuelles. Ce schéma temporel permet de considérer des liens de dépendances, des variations, des substitutions que les images animées seraient bien en peine d'illustrer. Le schéma temporel appartient à l'âge numérique de la manipulation, non à l'âge mécanique de la reproduction du mouvement par des images animées.

Ces structures cognitives sont fondamentales et affectent désormais nos modes de pensée. La raison graphique a produit la raison classificatoire, la raison computationnelle produit la pensée en réseau et le temps de la prévision. Pour une raison graphique, le réseau n'est pas une structure de l'intelligible : le réseau, échappant à la synopsis spatiale de fait de sa complexité, est un labyrinthe où l'on se perd. C'est une figure de l'irrationnel, et non une manière de penser le monde. L'interaction et la communication selon la structure des réseaux sont devenues intelligibles car le calcul permet de réduire la complexité et de parcourir l'ensemble des possibles induit par les réseaux et par les programmes qui en spécifient le comportement.

De même, la notion de couche est une manière de réduire la complexité et de rapporter une masse quasi infinie de calculs formels à des structures plus intelligibles pour l'être humain. Les structures en réseau et en couche, via les programmes qui les réalisent et les rendent effectives, permettent d'aborder le réel non comme une structure hiérarchisée et organisée en classes, mais de le considérer comme une dynamique déployant une rationalité et un ordre sous-jacents : le monde n'est que l'exécution de programmes qui temporalisent les relations qu'ils spécifient. Non pas qu'il faille sous-entendre qu'il y ait un seul programme sous-jacent, mais au contraire que plusieurs ordres interagissent ensemble. Ces interactions n'étant pas forcément prédictibles ni cohérentes, il faut alors en rechercher le programme et reconduire la recherche d'un ordre calculé. Si la taxinomie des espèces peut être une illustration de la pensée induite par la raison graphique, le code génétique est celle de la pensée induite par la raison computationnelle.

4.3. Enjeux d'une ingénierie des contenus

4.3.1. Désorientation

Les dites nouvelles technologies de l'information et de la communication nous mettent dans une situation d'abondance et de profusion de contenus symboliques. Ces contenus, produits ailleurs et par d'autres, se présentent à la consultation sans qu'il soit possible d'en avoir ni l'origine (d'où vient-il, pourquoi, quelle est son intention initiale ?) ni la genèse (comment est-il fait, construit, quelles versions aurait-il eues antérieurement, quelles connexions avec d'autres contenus, etc. ?). Cette abondance de contenus, d'inscriptions, se présentent en excès par rapport à ce que nous pouvons discerner, comme un donné dont la construction nous échappe, comme une extériorité dont l'étrangeté nous frappe. Dans un tel contexte, l'enjeu est de ne pas être submergé, *désorienté*, c'est-à-dire de savoir comment se saisir de cette masse pour lui donner un ordre, une structure, un sens.

Cette situation n'est cependant après tout que l'amplification de ce que doit affronter toute interprétation : aborder un texte comme un fait, un donné dont il faut se saisir pour en établir la signification (comment déterminer ce qui fait signe dans le

texte ?) et établir la signification. Aussi, l'interprétation d'un texte n'est-elle pas le fait de retrouver ou décoder des significations déjà là, associées à des unités signifiantes déjà définies, déterminées et délimitées, mais elle consiste plutôt en un parcours interprétatif, effectué en fonction de conventions ou normes culturelles et sociales, de codes linguistiques, et d'une visée ou intention interprétative (voir [RAS 01]).

Néanmoins, ce constat reste paradoxal dans la mesure où les contenus dont il est question ont été créés, écrits, produits, bref construits. Pourtant, les interpréter n'est en rien les déconstruire, au sens où il s'agirait de refaire à l'envers le processus ayant conduit à leur production, de décoder un contenu dont l'intelligibilité tiendrait dans son mode de production. L'interprétation correspond à une construction dont les principes ne sont pas associés directement aux contenus. Dans cette optique, on pourrait mobiliser des structures transcendantales de la compréhension et de l'interprétation, où la construction du sens s'effectuerait conformément à des concepts conditionnant *a priori* toute lecture. Mais on peut également mobiliser le fait que toute lecture s'effectue en fonction de normes culturelles et sociales, qui jouent alors le rôle de structures transcendantales, mais historiquement constituées, variables et évolutives. Constituantes des lectures, constituées également par elles, les normes structurent l'horizon du sens.

Dans un cadre à la technologie très élaborée comme celui des contenus numériques, on peut constater un déficit d'intelligibilité des inscriptions alors qu'elles sont construites. Savoir qu'elles sont construites ne permet pas de mieux les aborder. En particulier, le numérique et le calcul permettent d'aborder des constructions de grande complexité et d'explorer systématiquement des espaces qui resteraient inintelligibles sinon. Cependant si le parcours de cet espace peut être programmé et effectué, l'intelligibilité des résultats de ce parcours n'est pas forcément acquise. En effet, le calcul permet d'automatiser des opérations formelles en grand nombre si bien que les résultats obtenus sont souvent difficilement appréhendables, et les rapporter à la rationalité qui a présidé à l'écriture du programme s'avère souvent impossible. Autrement dit, si le calcul permet d'aborder la complexité de l'espace en le réduisant aux étapes d'un calcul, le problème de la complexité de calcul et de l'intelligibilité de ses résultats demeure. On peut s'en rendre compte en considérant la situation qu'offre le web aujourd'hui et celle que proposera probablement le web sémantique de demain : l'internaute se trouvera confronté à des résultats obtenus par l'interaction de sources hétérogènes, parfois incomplètes et fautives, selon des protocoles et des calculs complexes. Ne connaissant pas les sources mobilisées, ne contrôlant pas les calculs menés, l'internaute se trouve confronté à une masse de résultats et de documents qui ne sont pas *a priori* intelligibles pour lui. Le calcul offre donc une situation paradoxale qui est celle de susciter un déficit d'intelligibilité, de compréhension, en face d'un ensemble de résultats et d'objets issus de la rationalité calculatoire. Mais cette situation n'est pas propre au numérique, qui n'en est qu'un amplificateur et révélateur supplémentaire. La désorientation est en effet constitutive de l'acte de penser et inhérente à la connaissance et ses supports.

4.3.2. Surmonter la désorientation

La désorientation conceptuelle dans laquelle nous entraîne les inscriptions se manifeste par une dispersion du sens : l'interprétation n'aboutit pas car le parcours se perd dans des manifestations matérielles désordonnées. L'enjeu est de déterminer comment le parcours peut aboutir à une interprétation qui sera reconnue comme telle : le problème n'est pas d'aboutir à une interprétation donnant *le* sens véritable des inscriptions, ces dernières pouvant susciter une pluralité de sens possibles, et ne pas donner lieu à des interprétations claires ou cohérentes. Il est des herméneutiques de l'obscurité comme de la clarté, et l'une n'est pas à privilégier plus que l'autre. La désorientation n'est donc pas l'échec constaté devant des inscriptions obscures, mais l'abandon de toute stratégie interprétative, le renoncement à la présomption du sens : la dispersion est telle qu'elle annule toute velléité d'interprétation.

Quelles sont donc les médiations auxquelles il faut recourir pour mener à bien les différentes stratégies interprétatives ? Les médiations qui sont à considérer sont celles qui conféreront suffisamment d'unité à un ensemble d'inscriptions pour qu'il suscite une présomption du sens. Ces médiations sont de plusieurs types :

Médiation philologique : la philologie est l'art d'établir les textes. En généralisant comme il convient, la médiation philologique consiste à déterminer les conditions d'établissement des inscriptions, leur reconnaissance en tant que telles. Quelles sont leurs conditions de production, de réception, d'interprétation ?

Médiation herméneutique : l'herméneutique est l'art d'interpréter les textes. Nous la considérons ici comme une herméneutique matérielle, c'est-à-dire philologique, dans la perspective de la médiation philologique précédente. La médiation herméneutique consiste donc à déterminer les conditions d'interprétation et d'établissement du sens des contenus.

Médiation rhétorique : la rhétorique [DES 96] est classiquement l'art de persuader. Mais, à la suite de [CAR 02a, CAR 02b], on retiendra essentiellement de la rhétorique qu'elle est un art d'inventer reposant sur la maîtrise mnémotechnique d'un fond commun partagé d'arguments et de lieux littéraires. La médiation rhétorique, c'est la reconnaissance dans les inscriptions d'un « nous » partagé à partir duquel on entreprend et élabore sa propre invention, sa propre interprétation. En reconnaissant dans l'inscription un *locus communis*, on présume et suppose son intelligibilité. Cette présomption permet d'entamer l'interprétation et de construire un sens qui sera local et spécifique.

Les médiations philologique et herméneutique font l'objet de la stimulante réflexion de [RAS 01] auquel nous renvoyons pour approfondir ces points. Nous revenons dans les lignes qui suivent sur la médiation rhétorique. La rhétorique réapparait

comme un domaine d'étude et une discipline scientifique après une longue désaffection³. La tradition distingue cinq parties dans la rhétorique : l'invention ou l'art de trouver des arguments, la disposition ou l'art de les structurer, l'élocution ou l'art de les mettre en forme, l'action ou l'art de les déclamer et la mémoire (voir par exemple [REB 91, AQU 99]). La mémoire est un art systématique dont l'orateur doit maîtriser les techniques. Ces techniques sont essentiellement les suivantes :

Les grilles numériques et alphabétiques : le principe est d'avoir une suite ordonnée que l'on peut parcourir systématiquement et à chaque unité de la suite on associe un élément à retenir. Ainsi, pour retenir les psaumes, on les numérote. Ensuite, pour le psaume 1, la première strophe sera numérotée 1.1, le premier vers 1.1.1 et on pourra apprendre par cœur le vers. On pourra lors s'exercer régulièrement à parcourir cette grille numérique pour se remémorer tous les psaumes [CAR 02a].

Les images suggestives : à l'instar des enluminures médiévales, une image frappante est associée à une idée ou un contenu à retenir.

Les supports des inscriptions : comme le font tous les étudiants, on se représente la page physique d'un texte que l'on lit mentalement. Le principe est de toujours se représenter la même page et de fixer sa mémoire sur cette image physique.

Les schémas narratifs : moins axé sur la perception, ce principe repose sur des structures narratives, d'histoires racontées. Ce sont à la fois des structures types et des récits littéraires dont l'apprentissage systématique permet d'en faire des bases pour aborder l'invention littéraire.

Les schémas argumentatifs : c'est le même principe que le précédent, mais appliqué au raisonnement : ce sont les lieux communs par exemple du tout et de la partie, des procédés démonstratifs consacrés par les grandes démonstrations, etc.

Ces techniques de la mémoire sont davantage que des cartes ou des boussoles. Elles sont plutôt des « maisons de la mémoire », d'où l'on vient et où on revient entre deux aventures du sens. Elles correspondent à ce que nous savons et elles nous constituent comme individus pensants car elles fournissent les bases à partir desquelles

3. Michel Meyer [MEY 99] fait remarquer que la rhétorique, art de persuader, devient incontournable dans les périodes de mutation et de bouleversement ; quand les savoirs institués vacillent et que les certitudes ne sont plus reconnues comme telles, on s'en remet à la discussion, à la dialectique et à l'art de s'entre-persuader. Plus profondément encore, Michel Meyer rappelle que la rhétorique est l'art permettant aux immigrants dans une culture qui leur est étrangère de l'assimiler et de la maîtriser. C'est ainsi que la rhétorique fut un pilier de la culture de la Rome antique, et de la culture du Nouveau Monde.

aborder et affronter la nouveauté. Ces maisons de la mémoire ne sont pas des maisons individuelles, mais des maisons communes, voire des monuments : elles se prêtent d'autant mieux à l'orientation qu'elles sont partagées et communes. En construisant une réponse à une situation nouvelle à partir d'une réflexion fondée sur ce sens commun, cette maison commune de la mémoire, elles permettent à un individu de montrer son individualité, de rendre son individualité perceptible comme une variation à partir d'un modèle commun et partagé.

L'art de la mémoire, c'est l'inventaire pour l'invention : ce sont les techniques permettant de parcourir les maisons communes de la mémoire pour inventer une réponse toujours nouvelle et singulière à une situation inédite et concrète rencontrée. Cette invention, au lieu d'affirmer une innovation radicale et démiurgique, à l'instar du héros romantique qui recherche une nouveauté en rupture avec tout ce qui existait déjà, plongeant le monde dans la *stupeur* ou la suspension du sens, affirme une variation individuelle reconnaissable comme telle à partir d'une connaissance commune. Engendrer de la diversité sans compromettre l'intelligibilité, telle est la leçon de la rhétorique et son art de la mémoire.

Dans ce contexte, l'ingénierie des connaissances consiste dans l'élaboration des outils de la connaissance permettant de gérer et mettre en place les médiations philologiques, herméneutiques et rhétoriques.

4.4. Conclusion : inscriptions et ingénierie des connaissances

L'ingénierie des contenus étudie les procédés techniques de manipulation des inscriptions en vue de leur interprétabilité. L'enjeu est de surmonter la désorientation conceptuelle inhérente aux inscriptions qui, dans leur multiplicité et profusion, annulent la présomption de signification. L'ingénierie des contenus doit alors mettre en œuvre les différentes médiations culturelles, sédimentées dans l'histoire et la tradition de la pensée, permettant de construire des représentations donnant prise à l'interprétation. Les médiations philologiques, herméneutiques et rhétoriques correspondent aux stratégies par lesquelles la présomption d'un sens connu et partagé permet d'amorcer un parcours interprétatif nouveau : la présomption du même sens permet l'émergence de la différence.

Une telle caractérisation de l'ingénierie des connaissances permet de mettre en lumière un autre abord des outils numériques que ce que nous rencontrons habituellement. La mobilisation commune du numérique consiste à construire un réseau exhaustif et complet de traces : on sait tout ce qui a été dit et fait sur un sujet donné, ou dans le cadre d'une activité donnée. Le numérique est exploité pour sa capacité à constituer une mémoire exacte et à la parcourir systématiquement. Cependant, ces deux possibilités ne conduisent qu'à engendrer une masse de plus en plus inexploitable. En effet, ces usages renvoient à deux fantasmes associés à ce réseau de traces numériques :

Le fantasme de la source authentique : le numérique permet de conserver la trace de ce qui a été dit dans les termes mêmes de son énonciation. C'est par exemple le fait de conserver les échanges entre collaborateurs et partenaires dans un projet, dans l'objectif d'avoir une mémoire de projet ou de travail. Ce fantasme est d'ordre philologique et herméneutique : garder l'origine permettrait de conserver l'intelligibilité, car on se retrouverait dans les circonstances de l'énonciation originale, dans la situation de l'échange et dans l'immanence de sa compréhension.

Le fantasme du fait brut : le numérique permet de conserver le fait dans son expression brute, indépendamment de toute interprétation qui viendrait en modifier ou altérer le sens. Ce fantasme est d'ordre empirique : garder le fait brut, c'est se retrouver en face de la nature pour en faire l'observation. La conservation reviendrait simplement à figer un état de la nature, et l'on pourrait consulter les faits enregistrés comme si on était confronté à la nature elle-même.

Le numérique introduit une tendance à répliquer la nature et ses circonstances, circonstances de l'énonciation et celles de l'observation. Au lieu d'être un instrument pour l'intelligence, elle n'est qu'un vecteur de complexité et de perplexité, redoublant le réel au lieu de structurer sa pertinence. Au lieu d'utiliser les techniques numériques pour conserver une mémoire parfaite, il convient de les mobiliser pour introduire des parcours au sein des contenus qui permettent de déterminer des lieux communs à partir desquels innovations et adaptations puissent être facilement objectivées et reconnues.

La mise en œuvre de l'ingénierie du numérique sera abordée dans cet ouvrage à travers deux types d'inscription essentiels : les ontologies et les documents. Les ontologies sont des représentations formelles de concepts permettant de constituer un consensus partagé entre les humains, d'opérationnaliser ces concepts dans la machine et de permettre à ces dernières d'être interopérables. Notre abord des ontologies consistera dans la construction de consensus par une autorité partagée ; les ontologies permettent de naviguer dans des autorités illustrant et autorisant l'usage des concepts. L'essentiel est de pouvoir se référer à un usage, et à un usage faisant autorité. On s'autorise d'un exemple (usage) exemplaire (modèle à suivre car émanant d'une autorité et faisant donc autorité) pour le reprendre et le détourner. Les subtilités et les variations propres à la reprise deviennent perceptibles et intelligibles car on peut les aborder depuis la version commune connue de tous.

Par conséquent, on recherche moins à répliquer dans l'ontologie les structures du réel (métaphysique) ou de la pensée (cognitivisme) qu'à fournir par leur moyen l'accès à un fonds culturel partagé permettant de reprendre à son compte des contenus et de les rendre appropriables par d'autres.

Les documents sont des traces d'expression permettant d'échanger des contenus et de les fixer dans la permanence d'un support. Rendre numérique ces supports et ces

contenus permet de les traiter automatiquement et de les parcourir systématiquement. Ces possibilités doivent être mises au service de la structuration de cette mémoire documentaire, en facilitant l'émergence de documents faisant autorité et produisant des variations qui permettent d'aborder les autres documents. Là encore, l'enjeu n'est pas de configurer les contenus en fonction d'hypothétiques thèses cognitives et/ou métaphysiques sur l'ordre de la connaissance ou du monde, mais de permettre le parcours documentaire de ces contenus.

DEUXIÈME PARTIE

Ingénierie des connaissances : ontologies

Chapitre 5

Problématiques ontologiques

L'inscription matérielle des connaissances permet l'expression, la transmission et l'appropriation d'un contenu. De manière générale, la structure physique et matérielle de l'inscription surdétermine et conditionne son interprétation, mais ne la programme, ni ne la détermine à l'avance. Les langages formels artificiels, en revanche, permettent de déterminer, par une sémantique formelle, l'interprétation qu'il faut donner à une formule en se fiant à sa structure syntaxique. Ces langages permettent d'exprimer une signification donnée dans une représentation symbolique et de la retrouver via son interprétation formelle. Ainsi, ces langages peuvent-ils être considérés comme des expressions canoniques emphyreprésentant l'interprétation associée. Cette expression devient une représentation de connaissance quand l'interprétation visée porte sur une vérité caractérisant le monde.

La représentation des connaissances repose ainsi sur la logique formelle pour disposer de représentations dont l'interprétation réglée permet de raisonner sur les connaissances associées. Elle fut donc exploitée en intelligence artificielle et en ingénierie des connaissances pour concevoir des systèmes à base de connaissances, dans la perspective de résoudre des problèmes et accomplir des tâches pour lesquels un raisonnement explicitement construit par le système est nécessaire.

Le problème majeur rencontré par une telle approche est de déterminer les représentations adéquates : on distingue habituellement la représentation des méthodes de raisonnement ou de résolution de problèmes d'une part, et la représentation des concepts et connaissances du domaine d'autre part. Les ontologies correspondent à la représentation des concepts et objets premiers d'un domaine à partir desquels construire un modèle formel qui permettra de guider l'interprétation des représentations symboliques qui seront exploitées par le système informatique à base de connaissances. Les ontologies ont pour objectif de constituer un consensus dans une communauté entre les praticiens, de permettre l'interopérabilité entre des applications informatiques pour lesquelles l'ontologie donne des règles de correspondance entre les structures utilisées, et, enfin, de guider l'opérationnalisation de

la représentation des connaissances, les concepts de l'ontologie étant à la fois une expression de connaissance et une structure opérationnelle formelle.

Il faut donc surmonter deux difficultés pour élaborer une ontologie : d'une part il faut déterminer les concepts de base d'un domaine et les notions fondamentales qui le structurent, d'autre part il faut formaliser ces concepts et notions en des structures exploitables informatiquement. Dans le premier cas, la difficulté provient du fait que la notion même de concept reste délicate à définir et que plusieurs points de vue s'affrontent pour le définir et déterminer comment expliciter son contenu. Différentes traditions philosophiques s'affrontent même si la tradition logico-aristotélicienne reste écrasante, tant dans l'approche que dans la manière même dont le problème est posé. Dans le second cas, la difficulté vient du fait d'avoir une formalisation syntaxique qui soit suffisamment expressive pour prendre en compte les concepts dégagés par l'étude du domaine et suffisamment contrôlée pour garantir une calculabilité efficace sur les concepts formalisés.

Alors que le second problème a reçu toute l'attention des spécialistes en ingénierie des connaissances, le premier reste encore largement un problème d'ordre épistémologique et philosophique qui, à ce titre, est renvoyé à ces domaines. Cependant, il doit être impérativement résolu pour que les solutions élaborées pour le second problème puissent trouver à s'appliquer.

Il convient donc de faire le point sur la question du concept pour envisager comment l'enrégimenter dans une formalisation exploitable informatiquement. Le concept peut être abordé de plusieurs points de vue, d'un point de vue matériel ou d'un point de vue formel. Matériellement, un concept renvoie à une réalité d'un domaine qu'il permet de penser et concevoir. Formellement, un concept correspond à une manière de penser cette réalité. Matériellement le concept renvoie au monde qu'il permet de penser, formellement à l'esprit qui le pense. Fort logiquement, on aura donc des ontologies matérielles, qui décrivent les concepts d'un domaine, et une ou des ontologies formelles qui décrivent notre manière de penser. Formel et matériel doivent s'articuler pour construire une ontologie.

Ce chapitre définit et situe la question des ontologies en ingénierie des connaissances et revient sur la question du concept comme pensée d'une réalité ou d'un objet. Le chapitre suivant définit les ontologies formelles et matérielles et les articule entre elles. Le troisième chapitre de cette partie propose une méthode pour élaborer une ontologie matérielle et une démarche pour l'intégrer à une ontologie formelle, pour obtenir un système de concepts exploitables informatiquement.

5.1. Acquisition et ingénierie des connaissances

L'ingénierie des connaissances élabore des systèmes d'inscriptions numériques et les instrumente pour leur conférer intelligibilité et exploitabilité dans des tâches requérant des connaissances pour leur réalisation. L'ingénierie des connaissances repose sur le principe selon lequel la structure matérielle et physique des inscriptions conditionne leur interprétabilité, et donc leur exploitation. Cette structure matérielle est numérique : c'est donc le format numérique de l'inscription qui sera la condition

de leur exploitation. Le format correspond à la mise en forme matérielle que propose le support numérique pour exprimer des inscriptions : c'est par exemple un langage de programmation, un format documentaire, un alphabet comme l'ASCII, etc. Le format numérique configure les transformations techniques possibles et prescrit l'espace des réécritures et manipulations numériques dans lequel l'interprétation et la compréhension pourront se déployer. En effet, pour interpréter, il faut pouvoir manipuler, la compréhension étant un effet et une conséquence de l'action. L'ingénierie des connaissances consiste dans la mise au point de systèmes de manipulation d'inscriptions numériques permettant l'interprétation.

La structure matérielle de l'inscription numérique *conditionne* l'interprétation mais ne la *pro-gramme* pas : elle ne détermine pas à l'avance ce qui sera compris ni comment sera exploitée l'inscription. En revanche, elle oriente, suggère, structure, suscite l'interprétation, mais ne l'impose pas. Par exemple, disposer d'un alphabet numérique comme l'ASCII ou l'UNICODE permet de manipuler des documents textuels au niveau des caractères, de les transformer, de les retrouver, de les tester, etc. Cependant, ces possibilités ne prescrivent pas, bien évidemment, la signification de ce qui est écrit à l'aide de ces alphabets, mais surtout elles ne permettent pas de déterminer *a priori* l'influence de ces opérations sur la signification, bien qu'il y en ait une¹. Autre exemple, une DTD XML permet de manipuler la structure d'un document et d'envisager son interprétation en se fondant principalement sur l'articulation logique des parties. Mais cette orientation peut ne pas être suivie et l'interprétation peut être guidée par une analyse lexicale du contenu. La structure numérique de l'inscription n'est donc pas un cadre dont il n'est pas possible de sortir, mais correspond plutôt à une configuration de l'espace que l'on peut toujours explorer selon d'autres parcours que ceux qui sont suggérés par cette configuration.

Il y a donc conditionnement du sens, mais indétermination de l'interprétation : pour lever cette indétermination, des langages² formels ont été élaborés pour contrôler l'interprétation des inscriptions qu'ils permettent d'exprimer. Ces langages, artificiels, reposent sur le fait que la forme de l'inscription non seulement conditionne, mais contraint aussi l'interprétation, pour que le sens associé à l'inscription puisse être invariable et univoque. Autrement dit, ces langages possèdent une sémantique *formelle* car la forme (syntaxique) suffit à déterminer le sens.

La détermination formelle du sens implique que les langages conçus à cet effet auront deux propriétés remarquables. D'une part, les énoncés exprimés dans ces langages sont non-contextuels : si, en effet, l'interprétation dépend du contexte, la forme

1. Le fait de disposer de *corpora* numériques a permis le développement des linguistiques de corpus par exemple [HAB 98, HAB 97]. Une telle linguistique étudie des phénomènes que seul l'examen systématique de corpus importants manifeste.

2. Voir l'encadré 5.1 pour situer et définir cette notion.

Selon les indications données par [RAS 94] et que nous reprenons, il faut distinguer les notions suivantes :

La langue : il s'agit de la langue telle qu'elle est étudiée par la linguistique ; reconstruction idéale, elle renvoie à un système, le système de la langue dont parlait Saussure.

Le langage : ce terme désigne à la fois la faculté humaine de s'exprimer et d'usage du langage, et le noyau universel et essentiel que toutes les langues partagent. Le langage renvoie à une reconstruction philosophique.

Les langages : le pluriel indique que l'on fait référence aux langages artificiels, conçus dans le cadre de formalismes pour guider le raisonnement et l'interprétation. Ces langages sont typiquement ceux des mathématiques, de la logique, et trouvent dans les langages de programmation une réalisation exemplaire.

Les langues : il s'agit des langues vernaculaires, telles qu'elles sont parlées, écrites, utilisées dans des pratiques sociales attestées.

Seuls les langages et les langues correspondent à des réalités empiriques attestées : qu'ils soient construits (les langages) ou qu'elles soient observées (les langues), ils sont tous l'objet de pratiques réelles.

Encadré 5.1. *Distinctions entre langue et langage, langues et langages*

de l'énoncé ne suffira pas à déterminer sa signification. Le fait que la sémantique soit formelle implique que l'interprétation soit la même quel que soit le contexte, et n'est déterminée que par la forme seule. D'autre part, l'interprétation formelle sera un calcul : seule la manipulation aveugle et machinale de la forme de l'énoncé permet de déterminer une interprétation non contextuelle. En effet, toute manipulation, faisant appel à une interprétation mobilisant autre chose que la simple forme serait nécessairement contextuelle. Or, une manipulation aveugle et machinale est un calcul.

Tout énoncé exprimé dans ces langages peut être considéré comme un programme spécifiant le comportement d'une machine exécutant le calcul. Les langages formels possèdent donc la remarquable propriété de spécifier à la fois le comportement d'un dispositif et de prescrire une interprétation. Ils sont donc incontournables pour spécifier le comportement d'une machine devant se conformer à un sens donné. Ce sera la base de l'intelligence artificielle, en particulier la réalisation des systèmes experts, puis des systèmes à base de connaissances.

Cependant, exprimer directement les connaissances dans un modèle opérationnel exécutable, autrement dit un programme, conduit à considérer comme différents deux

programmes syntaxiquement distincts, mais mettant en œuvre les mêmes connaissances et la même approche du problème à traiter. On mélange alors des considérations de modélisation des connaissances et de programmation du code. Pour distinguer ces deux niveaux de préoccupations et éviter les confusions que leur indistinction entraîne, Newell [NEW 82] proposa de distinguer entre le niveau symbolique ou niveau des programmes, où un programme est conçu pour produire le comportement effectif du système, et le niveau conceptuel ou niveau des connaissances, où un modèle est élaboré pour déterminer dans les termes des connaissances du domaine la manière dont le système s'y prendra pour résoudre le problème posé. Le niveau des connaissances est donc un niveau d'abstraction du niveau symbolique, et plusieurs programmes peuvent opérationnaliser un même modèle conceptuel. Au niveau conceptuel, le système à construire est décrit comme un agent rationnel, dont le comportement suit le *principe de rationalité* : il décompose ses buts en sous-buts et met en œuvre les moyens dont il dispose pour atteindre ces sous-buts (voir par exemple [NEW 90] pour une défense et illustration de ces principes).

De cette distinction féconde a surgi une littérature abondante sur la manière d'élaborer le modèle conceptuel du niveau des connaissances et de l'opérationnaliser au niveau des programmes. Classiquement³, le processus d'élaboration d'un système à base de connaissances est structuré en quatre phases :

Le recueil de l'expertise : il s'agit de déterminer les données pertinentes du problème et les connaissances idoines du domaine pour le résoudre. Ce sont en général des méthodes empruntées à la psychologie cognitive ou à l'ergonomie qui sont mises en œuvre à cette étape.

La construction d'un schéma de modèle conceptuel : il s'agit d'élaborer un cadre général et abstrait de la résolution qui sera effectuée par le système. C'est un schéma, dans la mesure où il ne spécifie pas tous les détails ni les étapes.

La spécialisation du schéma en un modèle conceptuel complet : il s'agit d'utiliser les connaissances du domaine et de l'application pour compléter le schéma conceptuel.

L'opérationnalisation du modèle conceptuel : le modèle conceptuel complet est opérationnalisé en un programme. L'enjeu est de choisir un langage de programmation dont les structures soient suffisamment abstraites pour être proches des structures du modèle conceptuel, leur apportant l'opérationnalité qui leur manque.

3. [AUS 92, LIN 93]

La conception de systèmes à base de connaissances a mobilisé une double approche⁴ :

Modéliser des méthodes de raisonnement : selon cette approche, on abstrait et généralise ce que savent faire les programmes logico-formels pour proposer des méthodes de résolution de problèmes ; ces méthodes sont des moules génériques, des schémas conceptuels, dans lesquels on peut exprimer les données tirées du domaine : on obtient un modèle instancié qu'il suffit d'opérationnaliser en un programme informatique pour obtenir le système à base de connaissances [DAV 93]. Ces méthodes permettent de guider l'acquisition des connaissances puisque, dès lors qu'on les a choisies, il suffit de mettre en correspondance les termes du domaine avec les éléments de la méthode. Selon le cas, on choisit une méthode parmi d'autres et c'est elle qui conditionne l'acquisition⁵, ou bien on construit un schéma conceptuel à partir d'une bibliothèque de tâches génériques qu'il faut combiner, la méthode CommonKADS étant l'exemple sans doute le plus abouti de cette démarche [SCH 93].

Modéliser des connaissances du domaine : selon cette approche, on se fonde sur l'application qu'il faut réaliser et la tâche du domaine plutôt que sur les méthodes de raisonnement que les programmes permettent de mener. Il s'agit alors de modéliser les objets pertinents du domaine, les concepts permettant de les considérer et les connaissances permettant de les manipuler. Cette démarche est dite « ascendante » car il s'agit davantage de rendre compte du problème (avec le risque d'aboutir à un modèle complexe peu opérationnalisable) que d'y appliquer un modèle générique (en ayant un modèle opérationnalisable, mais ne répondant pas à la question posée). « Coller au problème » ou y « plaquer un modèle » est l'alternative habituelle de la conception d'un système à base de connaissances. La démarche ascendante repose sur l'analyse des données du problème, souvent longue et difficile car mobilisant des outils performants mais complexes (par exemple MACAO [AUS 89]), mais permet de rester proche du domaine et de ses praticiens qui se reconnaissent plus facilement dans le modèle résultant que ne l'aurait permis une démarche descendante [LÉP 96]. Cette problématique donnera celle des ontologies, où il s'agit de répertorier les objets et concepts du domaine nécessaires à la réalisation du système à base de connaissances [BAC 96].

Ces deux approches sont complémentaires, mais elles ne reposent pas sur les mêmes hypothèses. Selon les méthodes de résolution de problèmes, on considère que

4. Voir [CHA 02b], chapitre 1 pour une bonne synthèse de cette question.

5. Par exemple, les tâches génériques de [CHA 86] ou les méthodes par limitations de rôles de [MCD 88].

toutes les applications et les domaines ne fournissent qu'un vocabulaire différent pour accomplir des tâches qui s'avèrent être toujours les mêmes. En effet, les opérations cognitives de l'esprit lui sont propres et sont les mêmes dans chaque domaine : ce dernier n'apportent donc que des variations de vocabulaire mais non de raisonnement. Selon les méthodes de modélisation du domaine, on considère que chaque domaine fait appel à des objets et concepts propres, mais également à des modes de raisonnement spécifiques. Ainsi aura-t-on un raisonnement juridique différent du raisonnement médical, sans qu'il soit possible de les dériver comme des instances différentes d'un même moule générique de résolution de problèmes. De ce point de vue, on considère que les raisonnements et les opérations se construisent de façon immanente au domaine, et se constituent et évoluent avec les objets qu'ils manipulent. Cette conception s'oppose à la première approche, qui suppose une indépendance et autonomie de l'esprit se traduisant par une cognition possédant ses propres opérations qu'elle appliquera ensuite aux problèmes posés dans les domaines pratiques⁶. Selon nous, pour chaque domaine pratique s'élaborent des connaissances et des modes de raisonnement propres, ce qui milite pour l'approche de modélisation du domaine. Cependant l'étude de ces raisonnements et connaissances, et de leur instrumentation ont tendance à construire des modèles communs à plusieurs domaines et à mettre en valeur leurs points communs en sous-estimant leurs différences. Par conséquent, le travail de modélisation tend à donner raison aux approches de modélisation par les méthodes, non que les choses soient réellement ainsi, mais parce que le supposer permet de les transformer et de les rendre conformes à ces hypothèses. Où, par conséquent, l'universel est une prophétie autoréalisatrice.

Après un ensemble de travaux très actifs ces dernières années, les recherches sur les méthodes de résolution de problèmes suscitent moins d'intérêt⁷, pour céder la place à des travaux concentrés sur la modélisation des problèmes rencontrés dans les domaines pratiques. Nous nous intéressons ici à cette seconde approche, où les ontologies occupent une place essentielle.

6. On retrouve l'hypothèse, plus ou moins implicite, selon laquelle l'ordinateur est un modèle de l'esprit : en construisant les méthodes de résolution comme des abstractions de ce que les programmes formels exécutent, on ne fait que retrouver les méthodes générales du fonctionnement cognitif, puisque l'esprit serait un ordinateur. L'esprit existe indépendamment des domaines où il se réalise.

7. Voir à ce propos l'article très intéressant de [AUS 03b] où l'évolution du domaine est décrite à travers l'examen des termes utilisés dans deux corpus distincts, datant l'un de 1996, l'autre de 1999-2000.

5.2. Les ontologies : définitions et fonctions

Selon l'approche fondée sur la modélisation des connaissances du domaine, l'enjeu est de pouvoir exprimer les connaissances du domaine en un langage formel permettant de mener à bien l'opérationnalisation menant au système effectif. En modélisant les connaissances dans un langage formel, on reste à un niveau conceptuel tout en se rapprochant du modèle effectif⁸.

Prenons par exemple un langage formel du 1^{er} ordre. Soit la formule suivante :

$$Douleur(x) \wedge Rougeur(x)$$

La sémantique formelle des langages du 1^{er} ordre spécifie que *Douleur* et *Rougeur* sont des prédicats, donc des fonctions d'un domaine D dans les valeurs de vérité $\{Vrai, Faux\}$. \wedge est un connecteur logique dont la table de vérité spécifie que $F_1 \wedge F_2$ est vraie si et seulement si F_1 et F_2 sont toutes deux vraies. Mais cette sémantique ne spécifie pas quels prédicats *Rougeur* et *Douleur* doivent représenter dans le domaine, même si le libellé de ces prédicats en donne quelque idée.

Les primitives logiques constituent donc le cadre formel qui s'impose à tous les domaines. Les primitives non logiques reflètent ce qui relève d'un domaine particulier. La modélisation d'un domaine repose sur le choix de primitives non logiques et la détermination de leur sémantique. Elle se poursuit dans l'expression des connaissances du domaine à partir de ces primitives. Ces deux étapes correspondent respectivement à la modélisation d'une *ontologie* (choix des primitives et de leur sémantique) et à la construction d'une *base de connaissances*. Les primitives reflètent ce qui est, les connaissances ce qui est vrai. Une ontologie n'est donc pas à strictement parler une base de connaissances car les primitives ne reflètent pas des vérités ou connaissances du domaine, mais un cadre constitué d'objets et de notions permettant d'exprimer ces connaissances ou vérités.

Encadré 5.2. Primitives logiques et non logiques

8. Cette approche possède sa généalogie que nous situons dans les travaux du *Cercle de Vienne*, dont les thèses philosophiques affirment que toute connaissance, en tant que connaissance, est de nature formelle : la formalisation n'est qu'une explicitation ou une révélation de la teneur gnoseologique d'un énoncé, et non une approximation, modélisation ou réduction. En ce sens, de telles thèses militent pour l'ingénierie des connaissances puisque (i) toute connaissance est formelle, (ii) tout ce qui est formel est informatiquement opérationnel (sans être toujours décidable) : le système à base de connaissance n'est alors que l'objectivation et la concrétisation des connaissances. Sur une présentation et critique du *Cercle de Vienne* et de son influence sur l'intelligence artificielle et l'ingénierie des connaissances, voir [BAC 96].

Tout langage formel repose sur une syntaxe générative et une sémantique compositionnelle : les règles de génération syntaxique des formules à partir de symboles primitifs sont redoublées par des règles de composition sémantique permettant de calculer le sens de la formule engendrée syntaxiquement à partir du sens des primitives dont elle est constituée. Autrement dit, les énoncés exprimés dans un langage de représentation des connaissances n'auront un sens assignable que si les primitives à partir duquel ils sont construits sont déterminées et leur signification explicitée. Or, les primitives sont de deux types : les primitives logiques, qui sont celles imposées par le langage lui-même et pour lesquelles il fixe une sémantique ; les primitives non logiques, qui sont déterminées par le modélisateur, qui fixe leur nature et leur sémantique. Dans un langage formel du 1^{er} ordre, les primitives logiques sont par exemple les connecteurs et leurs tables de vérité, les primitives non logiques sont les symboles de fonction et de prédicat (voir encadré 5.2). Il reste donc à déterminer la nature et la signification des primitives non logiques du langage de représentation. Ce sera le rôle de la modélisation ontologique :

Les ontologies consistent dans le choix des primitives non logiques et dans la détermination de leur sémantique. Elles correspondent à la signature relationnelle et fonctionnelle d'un langage de représentation des connaissances et à la détermination des modèles permettant leur interprétation.

Les ontologies sont des systèmes conceptuels destinés à fournir les notions élémentaires nécessaires à la formulation des connaissances dont on dispose sur un sujet donné. Par conséquent, les ontologies déterminent des concepts pour les articuler entre eux et les structurer. La manière de déterminer les concepts, de préciser leur contenu et d'articuler les relations qu'ils entretiennent entre eux peut varier selon le point de vue adopté et différentes méthodologies en découlent. Il est par conséquent important de préciser ce qu'il faut entendre par concept pour y adosser des méthodes de détermination, description et structuration qui soient adaptées.

5.3. Le problème du concept

Ce qui nous intéresse ici, d'un point de vue épistémologique, c'est de caractériser en quoi consistent les connaissances du domaine, et, en particulier, en quoi consiste une notion ou un concept du domaine. Pour cela, nous distinguons pour caractériser une notion :

Son contenu conceptuel, qui correspond à ce qui est visé, ce qui est dit ou compris dans cette notion ;

Son contenu gnoséologique, qui correspond à la manière dont le contenu conceptuel possède une réalité dans le monde, à la manière dont le contenu conceptuel est rapporté à une existence dans le monde ;

Un langage (formel) se définit à partir d'un alphabet A de symboles, une suite finie de symboles constitue un *mot*, les mots forment l'ensemble A^* sur lequel est définie une opération binaire de concaténation. Cette opération, associative et admettant comme élément neutre le mot vide, définit sur A^* une structure de monoïde libre engendré par A . Tout partie de A^* est un *langage formel* défini sur A .

On appelle « signature » d'un langage formel un ensemble Σ muni d'une application $ar : \Sigma \mapsto N$.

La signature d'un langage du premier ordre, tel que ceux qui sont utilisés en IA pour constituer les systèmes formels représentant les connaissances, est l'ensemble Σ des symboles de fonction et de relation qui figurent dans ses formules. On distingue dans une signature du calcul des prédicats deux signatures disjointes, la signature fonctionnelle et la signature relationnelle.

Les symboles contenus dans les signatures fonctionnelles et relationnelles doivent, pour que le système formel possède une sémantique, être interprétés dans un domaine. Par exemple, la signature du langage de l'arithmétique est $\{0, s, +, x, <, =\}$ où $0, s, +, x$ sont les symboles fonctionnels (s désigne ici la fonction successeur) et $=, <$ sont les symboles relationnels. Ces symboles sont ininterprétés dans le calcul symbolique, mais peuvent être interprétés dans le cadre usuel de l'arithmétique et ainsi 0 renvoie à l'élément nul et $+$ à l'addition entre des entiers naturels. Nous nous référerons par la suite aux signatures fonctionnelles et relationnelles par le terme de « primitive non logique » dans la mesure où elles ne possèdent pas de signification logique comme un connecteur, mais doivent être interprétées dans un domaine pour qu'il y ait un sens résultant de la formule. Sur tous ces points, voir [LAL 90].

Encadré 5.3. La notion de signature dans les systèmes formels

Son contenu prescriptif, qui correspond au fait qu'une notion possède un contenu conceptuel et un contenu gnoséologique.

Pour reprendre des catégories philosophiques classiques [GIL 81], le contenu conceptuel correspond à l'essence, et le contenu gnoséologique à l'existence de l'essence. Le contenu gnoséologique précise en quoi le contenu conceptuel détermine l'existence et s'y rapporte. Le contenu conceptuel correspond d'une certaine manière au sens de la notion : une notion dépourvue de contenu conceptuel est une notion absurde. Par exemple, c'est la notion de « cercle carré ». Le contenu conceptuel correspond donc au « sens » husserlien (voir *infra*). Le contenu gnoséologique correspond à la vérité de la notion, le fait qu'elle véhicule une vérité sur le monde. Une notion peut avoir du sens, posséder un contenu conceptuel sans avoir de contenu gnoséologique, c'est-à-dire sans être une connaissance sur le domaine.

Le but, dans la modélisation des connaissances d'un domaine, est d'être capable de disposer d'une représentation formelle des connaissances qui conserve leur contenu

prescriptif : le fait qu'elles signifient quelque chose et le fait que cela est vrai dans le domaine.

Une ontologie répertorie les concepts du domaine pertinents pour la conception d'une application. Elle comporte les notions utiles (elles permettent de concevoir l'application) et nécessaires (on ne peut la concevoir sans elles) pour la représentation des connaissances du domaine qui seront mobilisées dans le système conçu. Ce que sera une ontologie dépendra par conséquent de ce que l'on entendra par concept. Or, il existe plusieurs approches, irréductibles les unes aux autres. Il importe par conséquent d'en faire la cartographie, même rapide, pour situer le type de l'ontologie qui sera construite et déterminer la méthodologie qui sera cohérente avec la nature des concepts qu'elle contient.

5.3.1. *Différentes approches du concept*

La tradition nous a légué un héritage considérable sur la notion de concept. C'est en effet une question récurrente pour toute théorie de la connaissance. De manière schématique, on peut distinguer trois types d'approche :

Le concept comme essence : le concept d'un objet se détermine comme le noyau des propriétés nécessaires vérifiées par un objet, indépendamment des variations qu'il peut subir selon les différents contextes où il se rencontre. L'essence correspond donc à ce qui est permanent, stable, ce qui se tient derrière les apparences contingentes et variables.

Le concept comme essence est par conséquent traditionnellement connu par abstraction, dans la mesure où il faut abstraire ce qui est commun, dégager ce qui est toujours le même, des différences contextuelles. La tradition philosophique s'est alors concentrée sur la définition de ce qu'est une essence et sur la caractérisation de l'abstraction.

Le concept comme construction synthétique : le concept d'un objet est une règle qui permet de rassembler et de construire à partir des données diverses de l'expérience un invariant. Il ne s'agit donc pas de s'abstraire des contingences accidentelles pour ne retenir que ce qui est commun aux différentes apparitions de l'objet, mais de synthétiser les données de l'expérience, variables et contingentes, pour construire l'objet.

Il n'y a donc plus à proprement parler d'essence, mais il s'agit plutôt de méthode : c'est la méthode de construction qui permet d'obtenir le même à partir du divers. Dépendant de la méthode, la connaissance est donc une construction du sujet. C'est pourquoi le concept comme construction synthétique appartient aux approches constructivistes, parfois idéalistes, dans la mesure où la connaissance n'est pas un processus qui s'ajuste à une réalité objective préexistante

dont il faut appréhender la teneur en en dégageant l'essence, mais un procédé de construction de l'invariance à partir du divers.

Le concept comme performatif : le concept d'un objet n'est pas une essence ni une construction, mais une *opération* ; énoncer le concept, c'est faire quelque chose : le dire renvoie au faire. Le concept possède alors une dimension performative au sens de Austin [AUS 91]. L'informatique est cette discipline où tout concept énoncé dans un langage de programmation entraîne le comportement calculé d'une machine. L'énonciation permet l'effectivité.

Le concept comme essence appartient à la tradition logique et métaphysique, qui court de l'antiquité au Moyen-Âge et qui se manifeste aujourd'hui dans les travaux logiques de représentation des connaissances. Le concept comme synthèse appartient à la tradition mathématique et transcendantale, qui s'ouvre avec Kant pour se retrouver défendue dans les travaux des sciences cognitives autour des systèmes dynamiques (par exemple [PET 92]). Le concept comme performatif, abordé en linguistique depuis longtemps, reste peu mobilisé en ingénierie des connaissances et en informatique. Le concept comme essence est sans doute, dans la tradition, celui qui a produit des objets et des théories les plus proches de qui correspond aujourd'hui à la modélisation ontologique. Aussi n'est-il pas inutile d'en caractériser les traits principaux.

5.3.2. Une tradition bien établie : le concept comme catégorie et essence

5.3.2.1. L'héritage platonicien

Toute discussion sur la nature des concepts est bien sûr dominée par la tradition des catégories aristotéliennes, élaborée dans l'*Organon*⁹, et reprise dans l'*Isagoge* de Porphyre. Comme on le sait, la théorie des catégories a largement été élaborée en réponse à la théorie des Idées de Platon. Selon ce dernier, ce qu'est une chose peut s'aborder à partir de deux notions, celle d'*éidos* et celle d'*ousia*. [LIB 94] montre que dans le *Ménon*, l'*éidos* renvoie à trois significations possibles :

La forme immanente : la forme dans son immanence à la chose, c'est ce qui appartient à la chose et est présent en elle ; elle lui donne la forme et la réalité qui sont les siennes.

La forme séparée : la forme dans sa séparation ontologique ; elle donne toujours à la chose sa forme, mais elle est indépendante de la chose ; son être et son existence sont décorrélées de la chose, elle en est séparée ontologiquement.

9. Principalement dans les deux premiers traités : les *Catégories* et *De l'interprétation* ; nous avons utilisé la traduction Tricot [ARI 59].

Le genre logique : la forme dans sa séparation éidétique, comme catégorie de discours ou de pensée ; la forme existe comme concept de l'esprit, structure mentale me permettant de me rapporter à la chose.

On voit donc trois niveaux se dégager : un niveau physique où l'*eidōs* est une forme attachée à la chose matérielle elle-même, un niveau ontologique ou métaphysique selon lequel l'*eidōs* est une forme indépendante de la chose elle-même, de sa contingence et des vicissitudes de son devenir, et, enfin, un niveau psychologique ou noétique où le concept est une structure de l'esprit. Cette tripartition se retrouve dans les différentes acceptions de l'*ousia*, qui sont :

- l'*ousia* comme existence réelle d'une chose ;
- l'*ousia* comme nature réelle ou essence d'une chose : cette dernière peut être la réalité intelligible immanente, qui est du même niveau ontologique que les choses, et possède donc le même type d'être ; mais elle peut également être la réalité ontologiquement différente des réalités nommées d'après elle.

On voit donc se nouer tout un réseau de notions que la réflexion philosophique tâchera de distinguer et approfondir, et que la logique et la modélisation s'efforceront d'utiliser. En premier lieu, l'*eidōs* est une réalité non sensible qui permet de nommer les choses dont elle est la nature réelle ou l'essence : une chose s'appelle ainsi et non autrement car elle possède comme essence la nature réelle désignée par son nom. L'*eidōs* permet donc de désigner une classe d'êtres sensibles et joue donc le rôle d'un *universel*, c'est-à-dire un terme qui peut se dire de plusieurs choses différentes. Par ailleurs, l'*eidōs* synthétise et constitue toute la réalité dont les choses sont pourvues : il n'y a pas de différence ontologique entre l'*eidōs* et les choses que l'*eidōs* permet de nommer ; les choses possèdent une consistance ontologique dans la mesure où elles *participent* à l'*eidōs*.

En raisonnant selon l'opposition espèce / individu, ou classe / instance, selon laquelle l'*eidōs* est une classe rassemblant des individus, l'*eidōs* sert à définir ce que doit avoir un individu pour être ce qu'il est et il correspond à une réalité unique chez tous les individus d'une même classe. C'est la raison pour laquelle ces individus peuvent tous être nommés par le même terme, l'*eidōs*. Plus profondément, Platon suggère que la non différence individuelle fonde l'identité spécifique : les individus ne sont pas différents entre eux, autrement dit il n'y a aucun écart ontologique ou essentiel d'un individu à un autre ; ils sont ontologiquement indiscernables. Cette indiscernabilité justifie le fait qu'ils puissent être nommés par un terme commun, ce terme commun évoquant leur identité spécifique, à savoir le fait qu'ils possèdent la même essence et constituent donc la même espèce. Ceci aboutit, dans un autre dialogue, le *Phédon*, à la théorie des *idées comme formes éponymes* : les choses participent des idées qui leur donnent en retour leur nom. La dénomination, relation linguistique, est fondée sur la participation ontologique des individus à leur forme. Finalement, il faut donc caractériser les formes par trois propriétés :

Séparation : les formes possèdent une séparation ontologique par laquelle elles existent indépendamment du monde sensible ;

Participation : les choses sensibles tirent leur réalité ontologique de la participation à des formes séparées. Elles ne sont ce qu'elles sont que pour autant qu'elles participent à l'être d'idées ou formes séparées ;

Dénomination : les choses sensibles tirent leur nom des formes auxquelles elles participent : les choses blanches sont dites blanches (dénomination) du fait de leur blancheur, c'est-à-dire de leur participation à l'idée de blancheur.

Comme le souligne [LIB 94], la causalité éponymique déploie onto - logiquement la participation.

5.3.2.2. *Catégories et prédicables*

Depuis cet héritage platonicien, la discussion sur la nature des concepts s'inscrit dans une triade comprenant les mots, les concepts et les choses. Aborder le problème du concept depuis les choses aboutit à un réalisme et une ontologie, depuis les mots, à un nominalisme, et depuis les concepts, à un mentalisme. Une première articulation est donnée dans le traité d'Aristote *De l'interprétation* :

« Il faut d'abord établir la nature du nom et celle du verbe : ensuite celle de la négation et de l'affirmation, de la proposition et du discours. Les sons émis par la voix sont les symboles des états de l'âme, et les mots écrits les symboles des mots émis par la voix. Et de même que l'écriture n'est pas la même chez tous les hommes, les mots parlés ne sont pas non plus les mêmes, bien que les états de l'âme dont ces expressions sont les signes immédiats soient identiques chez tous, comme sont identiques aussi les choses dont ces états sont les images. [...] Et de même qu'il existe dans l'âme tantôt un concept indépendant du vrai ou du faux, et tantôt un concept à qui appartient nécessairement l'un ou l'autre, ainsi en est-il pour la parole ; car c'est dans la composition et la division que consiste le vrai et le faux. En eux-mêmes les noms et les verbes sont semblables à la notion qui n'a ni composition, ni division : tels sont *l'homme*, *le blanc*, quand on n'y ajoute rien, car ils ne sont encore ni vrais, ni faux. En voici une preuve : *bouc-cerf* signifie bien quelque chose, mais il n'est encore ni vrai ni faux, à moins d'ajouter qu'*il est* ou qu'*il n'est pas*, absolument parlant ou avec référence au temps. » *De l'interprétation*, 16a, 1-20, traduction Tricot.

Aristote inaugure ainsi la tradition classique affirmant que le terme écrit ou oral signifie un terme mental qui lui-même signifie une chose, idéale ou réelle. En effet, on a :

– une relation symbolique et conventionnelle entre le signe vocal et le concept mental. Cette relation est *symbolique* : le signe vocal est le symbole conventionnel du

concept. Ce type relation caractérise à la fois la relation entre le signe écrit et le signe oral d'une part, et le signe oral et le concept d'autre part ;

– une relation sémiotique et naturelle entre le concept et la réalité : le concept est le signe d'une chose. Cette relation est posée comme une ressemblance ou une similitude. On a une relation non symétrique : le signe ressemble à la chose (du signe donc vers la chose) et la chose cause le signe (de la chose vers le signe).

Par conséquent, le signe écrit ou oral ne renvoie pas directement aux choses, mais seulement à travers la médiation du concept dont il est le symbole. Cette conception se retrouve chez les modistes par exemple, où les *modi significandi* (la signification des termes oraux ou écrits) suivent les *modi intelligendi* (la manière de penser) qui eux-mêmes suivent les *modi essendi* des choses¹⁰ [ROS 83].

Aristote se pose également la question de savoir comment étudier la relation unissant les mots, les concepts et les choses (on notera notre formulation qui n'est pas aristotélicienne, décidant ce qui est en suspens dans la lettre aristotélicienne) : il propose de considérer dix manières de les articuler, c'est-à-dire dix types de relation que l'on peut avoir ; ce sont les catégories :

« Les expressions sans aucune liaison signifient la substance, la quantité, la qualité, la relation, le lieu, le temps, la position, la possession, l'action, la passion.
– Est substance, pour dire en un mot, par exemple, *homme, cheval* ; quantité, par exemple, *long de deux coudées* ; qualité : *blanc, grammairien* ; relation : *double, moitié, plus grand* ; lieu : *dans le Lycée, au Forum* ; temps : *hier, l'an dernier* ; position : *il est couché, il est assis* ; possession : *il est chaussé, il est armé* ; action : *il coupe, il brûle* ; passion : *il est coupé, il est brûlé*.

Aucun de ces termes en lui-même et par lui-même n'affirme, ni ne nie rien ; c'est seulement par la liaison de ces termes entre eux que se produit l'affirmation ou la négation. En effet, toute affirmation et toute négation est, semble-t-il bien, vraie ou fausse, tandis que pour les expressions sans aucune liaison il n'y a ni vrai ni faux : par exemple, *homme, blanc, court, est vainqueur*. » *Catégories 4, 1b25-2a10*

10. Occam bouleverse cette conception. Pour lui les termes oraux, écrits, et mentaux signifient tous les choses, directement ; les termes mentaux signifient naturellement les choses, les termes écrits et oraux sont subordonnés aux concepts : le signe écrit est subordonné au signe oral, lui-même subordonné au signe mental. Par conséquent, signes oraux et écrits signifient conventionnellement, et non naturellement, les choses (voir [PAN 91, BIA 97]).

Ce point est fondamental, car les signes linguistiques (écrits et vocaux) signifient directement les choses, sans recourir à la médiation du terme mental ou concept. Par conséquent, il est possible en principe de décrire la signification linguistique indépendamment de la pensée et des concepts. Occam porte en germe la linguistique contemporaine qui voudra décrire de manière logique et antimentaliste les relations entre signes linguistiques et choses, indépendamment de la pensée et des concepts [RAS 91].

Les catégories constituent les genres ultimes de l'être. Cependant, les catégories ne sont pas purement ontologiques, comme le voudrait un réalisme, ou purement linguistiques, comme le voudrait le nominalisme, ou purement conceptuelles, comme le voudrait un idéalisme. Les catégories correspondent au réel tel que nous le pensons et en parlons. C'est le réel vu depuis nos cadres de pensée, mais aussi notre pensée telle qu'elle reflète la nature et l'ordre des choses. Il s'agit donc des termes permettant de viser les choses, tels qu'ils expriment notre pensée des choses.

Le problème est de savoir comment articuler les différentes catégories entre elles d'une part, et comment les différentes notions relevant d'une catégorie s'organisent en son sein d'autre part. C'est le but de la théorie des prédicables que de fournir les outils permettant de comprendre comment les genres de l'être se décomposent.

Pour déterminer la liste des prédicables, le raisonnement d'Aristote est de type extensionnel : si le sujet et le prédicat sont coextensifs, alors soit le prédicat exprime l'essence du sujet et c'est alors la définition, soit il ne l'exprime pas et constitue le propre : ce que tout individu de l'espèce possède sans que cela fasse partie de sa définition (le rire est le propre de l'homme, mais le rire ne fait pas partie de son essence). Si le sujet a une extension incluse dans celle du prédicat, soit ce dernier exprime l'essence du sujet, et c'est son genre, sinon c'est un accident. On a donc deux champs d'analyse : d'une part la coextensivité (oui ou non), d'autre part la communauté d'essence (oui ou non). On a donc bien seulement quatre cas possibles : la définition (coextensif et même essence), le propre (coextensif mais sans communauté d'essence), le genre (non coextensif et communauté d'essence), et l'accident (ni l'un ni l'autre).

	Coextensif	Non coextensif
Communauté d'essence	Définition	Genre
Hétérogénéité d'essence	Propre	Accident

« En effet, tout prédicat d'un sujet est nécessairement soit réciproque, soit non réciproque avec la chose. Et s'il est réciproque, ce sera ou sa définition ou son propre : sa définition s'il exprime la quiddité, son propre s'il ne l'exprime pas, car avons-nous dit, un propre c'est ce qui se réciproque avec la chose sans pourtant en exprimer la quiddité. Si, au contraire, le prédicat ne se réciproque pas avec la chose, il est ou il n'est pas l'un des termes contenus dans la définition du sujet ; et s'il est l'un des termes compris dans la définition, il sera un genre ou une différence, puisque la définition est composée du genre et des différences, tandis que, s'il n'est pas l'un des termes compris dans la définition, il sera évidemment un accident, puisque nous avons appelé accident ce qui, tout en n'étant ni définition, ni propre, ni genre, appartient cependant à la chose. » *Topiques I, 8, 103b–103b20.*

Encadré 5.4. *Réciprocation et prédicables : pourquoi n'y en a-t-il que quatre ?*

Au fondement de l'organisation des catégories et des prédicables se situe la notion de prédication. C'est parce que l'on formule des jugements, pour répondre à des questions, que l'on peut distinguer différents types de question, différents types de réponse, ces différentes questions et réponses interrogeant le rapport entre les différents termes d'un jugement :

« Or, toute proposition comme tout problème expriment soit le propre, soit le genre, soit l'accident, car la différence aussi, étant donné qu'elle est de la nature du genre, doit être mise sur le même rang que le genre. Puisque, d'autre part, le propre tantôt signifie la quiddité de la chose, et tantôt ne la signifie pas, divisons le propre en ces deux parties que nous venons d'indiquer : l'une, celle qui signifie la quiddité, sera appelée *définition*, et l'autre restera appelée *propre*, du nom couramment donné à ces notions. – Ce que nous venons de dire montre donc bien que, selon notre présente division, les éléments obtenus sont en tout au nombre de quatre : la définition, le propre, le genre et l'accident. » *Topiques*, 101b 15–25.

Porphyre [POR 98] revoit cette liste dans son *Isagoge* et propose cinq prédicables : la définition est en effet abandonnée au profit de l'espèce et de la différence, que la tradition retiendra de préférence à la liste aristotélicienne :

La définition : le prédicat exprime la définition du sujet, c'est-à-dire son essence. Chez Porphyre, la définition n'est plus un prédicable, mais est définie par les deux nouveaux prédicables qu'il introduit (genre et différence) : le prédicat exprime une définition quand il donne le genre proche et la différence spécifique. Ainsi, l'homme est un animal rationnel, « animal » étant le plus petit genre englobant « homme », « rationnel » étant la propriété permettant de distinguer et constituer l'humanité parmi les animaux. Elle définit donc l'espèce « homme ».

Le propre : le prédicat est une propriété caractéristique du sujet, mais ne permet pas de le définir.

L'espèce : Porphyre affirme : « On appelle espèce ce qui est embrassé sous un genre défini, au sens où nous avons accoutumé de dire que l'homme est une espèce de l'animal, lequel est un genre, ou que le blanc est une espèce de la couleur, ou le triangle, une espèce de la figure. » *Isagoge*, II,2. Mais « l'espèce est ce qui est prédicable de plusieurs différant par le nombre, relativement à la question « qu'est-ce que c'est ? ». » *Isagoge*, II,4. Autrement dit, l'espèce est la plus petite détermination conceptuelle permettant de désigner des choses selon leur essence ; les différences entre des choses de même espèce sont contingentes et inessentiels : elles relèvent de l'accident. C'est ainsi qu'il faut comprendre l'expression « différer selon le nombre » : le seul fondement pour distinguer deux individus, c'est qu'ils soient deux, c'est-à-dire qu'ils soient numériquement distincts. Autrement dit, pour prendre une image, si je veux les différencier, je dois les numéroter car ils ne possèdent pas de signes distinctifs stables

permettant de les reconnaître : ils ont par exemple des apparences identiques, comme les jetons d'un jeu de dames, ou, s'ils ont des apparences différentes, ces apparences peuvent varier arbitrairement, car elles ne reposent pas sur l'essence ; par exemple, pour deux individus A et B, A prend l'apparence de B, et inversement. Comment alors les reconnaître ?

La différence : Porphyre affirme : « D'une manière générale, toute différence, venant s'ajouter à une chose, la rend différente, mais les différences communes ou propres rendent d'une qualité autre, tandis que les différences tout à fait propres rendent la chose [elle-même] autre. » *Isagoge*, III, 2. Il ajoute : « De fait, parmi les différences les unes rendent d'une qualité autre, et les autres rendent autre. Et celles qui rendent autre sont appelées « différences spécifiques », tandis que celles qui rendent d'une qualité autre, sont appelées différences tout court. » *Isagoge*, III, 3. Ce sont donc les différences spécifiques qui permettent de formuler les définitions.

Le genre : selon Aristote, « Est genre ce qui est prédicable de plusieurs différant par l'espèce, relativement à la question : « Qu'est-ce que c'est ? ». » *Topiques*, I,5, 102a31-32. Porphyre confirme : [les philosophes définissent le genre comme] « ce qui est prédicable de plusieurs différant par l'espèce, relativement à la question : « Qu'est-ce que c'est ? », par exemple « animal ». » *Isagoge*, I, 5.

L'accident : Aristote, du fait de son découpage systématique (voir encadré 5.4), définit l'accident comme le prédicat qui n'est ni une définition, un propre ou un genre. Porphyre, ne pouvant recourir à cette systématique, définit l'accident de la manière suivante : « L'accident est ce qui arrive et s'en va sans provoquer la perte du sujet. » *Isagoge*, V, 1. « Il se divise en deux sortes : une sorte est séparable, l'autre, est inséparable. Dormir, par exemple, est un accident séparable, tandis qu'être noir est un accident inséparable du corbeau ou de l'Éthiopien. » *Isagoge*, V, 2. « L'accident est ce qui peut appartenir ou ne pas appartenir à la même chose. » *Isagoge*, V, 4.

Les prédicables permettent donc de formuler les définitions, en agencant les genres, les espèces et les différences. L'accident demeure ce qui résiste à la pensée, ce qui est contingent, hasardeux et rebelle à toute rationalisation. Pour illustrer l'usage des prédicables, Porphyre donne comme exemple son célèbre arbre, donné dans la figure 5.1. Outre le fait qu'il illustre fidèlement le prédicable de la définition, cet arbre appelle quelque commentaire. En effet, Porphyre insiste bien sur le fait qu'il ne s'agit que d'un exemple, qu'il donne à titre d'illustration, pour la catégorie de la substance. Cela sous-entend qu'un tel arbre serait à refaire pour les autres catégories, où l'on distinguerait, par exemple pour la qualité, une hiérarchie d'espèces et de genres de qualités. Ces arbres sont, selon Porphyre, strictement indépendants : aucune essence déterminée dans l'arbre correspondant à une catégorie ne peut être subsumée par une essence de l'arbre d'une autre catégorie. C'est que ces essences sont hétérogènes et

renvoient à des types distincts d'être : autant vouloir ranger des espèces de pommes de terre sous le genre « nombres premiers ». Porphyre explique en effet :

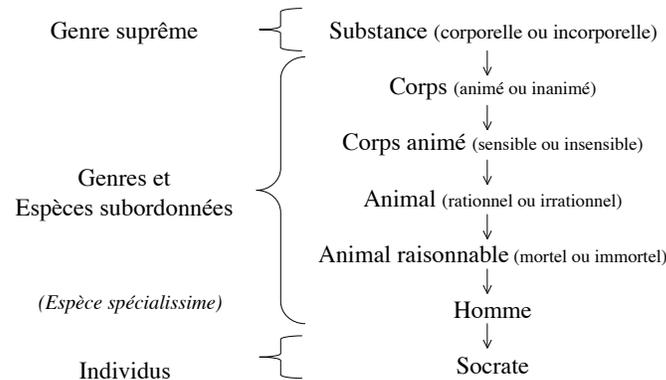


Figure 5.1. *L'arbre de Porphyre : il s'agit de l'exemple que donne Porphyre pour la catégorie de la substance, pour agencer les genres et les espèces*

Posons simplement, comme dans les *Catégories*, les dix premiers genres comme jouant le rôle d'autant de principes premiers : à supposer même qu'on les appelle tous étants, on le fera, dit-il, d'une manière homonymique, mais non pas synonymique. En effet, si l'étant était une sorte de genre commun de tous les êtres, tous seraient appelés étant d'une manière synonymique ; or, entre les dix premiers, la communauté ne s'étend qu'au nom, mais non pas à la définition correspondant au nom. *Isagoge, II, 10.*

Sont synonymes, selon Aristote *Catégories, I*, les choses possédant un même nom et une même définition. Sont homonymes celles qui possèdent un même nom, mais des essences différentes. Les catégories renvoient à une homonymie de l'Être : l'Être n'étant pas un genre, les catégories de l'Être ne sont de l'Être que par homonymie ; elles n'évoquent pas le même sens de l'Être, ou ce terme ne signifie pas la même chose pour chaque catégorie, si bien que les notions posées dans le cadre des différentes catégories ne sont pas comparables. Autrement dit, être, pour une qualité, n'a rien à voir avec ce que c'est que d'être pour une substance. Même si la substance est le

modèle sur l'analogie duquel les autres catégories peuvent être pensées, la thèse de l'homonymie est là pour résister à la tentation de ramener toutes dimensions de l'Être à un type unique, la substance.

Il en ressort que chaque hiérarchie ontologique devra impérativement être un arbre, dans la mesure où la spécification d'un être inaugure un nouveau type d'être qui ne peut dès lors donner des dérivations communes avec d'autres êtres. En effet, les catégories indiquent davantage des manières d'être que des êtres : ce ne sont pas des étiquettes désignant des ensembles d'individus, mais des significations permettant de se rapporter à des individus en fonction de leur manière d'être.

5.3.2.3. Une critique nominaliste

Les conceptions aristotélicienne et porphyrienne reposent sur l'hypothèse qu'il y a des natures générales, des essences qui sont à la fois la source de la dénomination des choses et de l'être de ces dernières. Cette hypothèse exige donc d'accorder l'existence à des entités abstraites et idéales, qui semblent n'être pourtant que des constructions de l'esprit. Dans cette optique, ces entités ne sont que des manières de parler et n'ont d'existence que nominale, comme des êtres linguistiques. Il en découle un *nominalisme* dont le plus illustre représentant est Guillaume d'Ockham [BIA 97]. Pour ce dernier, il n'existe que les individus singuliers, les entités générales n'étant que des signes présents à l'esprit permettant de viser collectivement les différents objets dénommés par ces signes [ALF 89]. On trouve ainsi le fondement d'une sémantique extensionnelle, où le sens des termes n'est pas de signifier un concept (mental) ou une essence (ontologique), mais de se référer directement aux choses. De ce point de vue, les hiérarchies d'essences ne sont plus que des hiérarchies d'étiquettes évoquant des emboîtements d'extensions d'individus.

Ce point de vue a été vigoureusement critiqué par Duns Scot [SCO 95] qui, antérieurement et en prélude à Ockham, montre les difficultés inhérentes à une conception extensionnelle. En effet, si tous les objets ne sont que singuliers, c'est-à-dire s'ils existent indépendamment les uns des autres, sans solidarité ontologique particulière dépendant de principes supérieurs subsumant différents objets, comme le sont les essences par exemple, il devient difficile de comprendre comment un terme peut désigner telles choses plutôt que telles autres. Par exemple, pourquoi le mot « vache » permet-il de désigner les vaches, et non les vaches et les nombres premiers ? Quel principe permet de décider que les vaches se ressemblent plus entre elles qu'avec les autres choses, si bien qu'il est *naturel* d'avoir un terme qui les désigne elles, et seulement elles ? Duns Scot montre ainsi qu'il y a un arbitraire de la désignation qu'un nominaliste, limité à l'existence des individus singuliers, ne peut surmonter.

« Sixièmement : si toute unité réelle est numérique, toute différence réelle est numérique. Or, cette conclusion est erronée car toute différence numérique, en tant que numérique, est de même degré et, par suite, toutes choses différencieraient au même

degré les unes des autres ; il s'ensuivrait donc que l'intellect ne pourrait pas davantage abstraire quelque chose de commun de Socrate et de Platon que de Socrate et d'une ligne, et que tous les universaux seraient de pures inventions de l'intellect. » *Ordinatio II, Distinction 3, partie 1, Question 1, § 23.*

Car, si l'on adopte les thèses extensionnelles, il faut être conséquent et comprendre que tout ce qui est « commun » à plusieurs devient inconcevable et incompréhensible :

« La première inférence peut encore être confirmée d'une autre manière : si la seule unité réelle qu'il y a chez cette chose-ci est numérique, la seule unité qu'il y a chez cette chose-là est numérique ; puisqu'elles ne contiennent pas d'autre unité que celle-là, elles sont radicalement distinctes l'une de l'autre puisqu'elles ne se rencontrent en aucune façon dans aucune unité. » *Ordinatio II, Distinction 3, partie 1, Question 1, § 26.*

5.3.2.4. *Quel héritage ?*

La tradition¹¹ de l'essence nous met donc devant l'alternative suivante :

– on considère que les seuls êtres existants sont les individus singuliers ; l'ontologie est alors réduite dans la mesure où elle peut faire l'économie des objets réifiant des notions abstraites et les généralités ; les distinctions verbales de mots ne conduisent pas à des distinctions ontologiques de choses, en confondant l'ordre du discours avec l'ordre des choses. Mais on devient incapable d'expliquer pourquoi un même terme permet de désigner une pluralité et quels critères permettent de décrire le contenu d'un concept (son extension) ;

– on considère que les êtres singuliers réalisent une essence ou une nature qu'ils peuvent partager au sein d'une même espèce. Cette approche permet de comprendre comment un terme peut désigner une pluralité, mais on est conduit à associer une essence à chaque terme général, obtenant une ontologie débridée.

Il en résulte une tension entre la signification et la désignation. La catégorie ou le concept, comme signification, renvoie à une manière d'être et un ensemble de propriétés caractérisant cette manière d'être. Le concept comme désignation renvoie à une extension d'individus : le concept n'est qu'un simple signe, une étiquette sans contenu propre, qui désigne, pointe sur une extension d'individus. Le problème est qu'il n'est pas possible de réunir en un même cadre théorique désignation et signification : la désignation entraîne un arbitraire du signe, la signification une prolifération ontologique.

11. Cette tradition mériterait davantage que ces quelques lignes. Outre les ouvrages d'Alain de Libéra, fondamentaux pour notre propos [LIB 94, LIB 95, LIB 98], nous renvoyons à notre ouvrage en préparation sur les ontologies.

La modernité a exploré, comme on l'a souligné plus haut, chacune de ces voies : la signification, mais indépendamment de la désignation, donnera lieu à la tradition linguistique et saussurienne ; la désignation, malgré la signification, donnera lieu à la tradition logico-formelle. Cette dernière tentera de retrouver la problématique de la signification à travers les logiques intensionnelles et modales. C'est pourquoi le paysage conceptuel contemporain peut se décomposer de la manière suivante :

– la tradition nominaliste veut fonder sur le réalisme de l'individu une logique du sens. L'étude de l'ontologie donnera lieu à des essences dont la signification sera explicitée en termes logico-formels. Ce sera ainsi la posture de N. Guarino, qui mobilisera la logique modale pour fonder son investigation des notions de rôles, substances, propriétés, etc. Cette tradition nominaliste devient dans ces conditions un essentialisme : le réalisme empirique fonde les essences que reconstruit la logique ;

– la tradition essentialiste, devant la difficulté ontologique, se reportera sur une posture conceptualiste ; les manières d'être sont abordées depuis les manières de les penser. Autrement dit, les manières de penser reflètent des manières d'être qui sont reconstruites à partir des premières. Paradoxalement, ce conceptualisme est un nominalisme de la signification dans la mesure où les essences sont étudiées comme des unités linguistiques et conceptuelles, sans préjuger de leur portée ontologique réelle.

Notre approche sera nominaliste et conceptuelle : nous repartirons des manières de parler pour en déduire des manières de penser pour aborder les manières d'être. L'ontologie sera donc une reconstruction locale à des pratiques linguistiques et sociales, et n'aura pas de portée métaphysique sur l'être réel des choses. C'est dans cette optique nominaliste que nous aborderons la formalisation et les outils logico-formels, qui nous permettront de construire un modèle formel du référentiel conceptuel qu'est l'ontologie. Dans ces conditions, nous nous opposons à l'approche tirant du réel empirique le modèle à partir duquel fonder la sémantique formelle de l'ontologie.

5.3.3. *Trois points de vue sur les concepts*

Avant de présenter notre méthodologie et notre approche nominaliste puis logique des ontologies, nous reformulerons notre examen de la tradition à travers une conception en trois niveaux de la notion de concept. Ces trois niveaux sont les suivants :

Le concept comme signification : le concept est une signification normée dont la compréhension correspond à sa reformulation à travers d'autres significations conceptuelles. Par conséquent, le concept s'inscrit dans un système de significations normées. Le comprendre, c'est le distinguer, le différencier des autres concepts en fonction de sa position dans le système de significations.

A ce niveau, définir une ontologie, c'est définir un système de significations normées.

Le concept comme construction : le concept ne correspond pas à la signification dans la langue, mais à une méthode de construction d'un objet à partir de la donnée d'un divers de sensation. Le concept ne se détermine donc pas à partir d'un système de signification, mais à partir d'un donné de l'expérience, sans relation particulière aux autres concepts possibles. Le comprendre, c'est construire l'objet dont il est le concept.

A ce niveau, définir une ontologie, c'est associer à chaque concept les objets qui lui correspondent et déterminer leur méthode de construction ou de désignation.

Le concept comme prescription : le concept n'est ni une position dans un système de significations, ni une méthode de construction à partir d'un donné de l'expérience, mais il correspond à une suite d'actions à entreprendre. Le concept est alors une prescription : le comprendre, c'est l'exécuter.

A ce niveau, définir une ontologie, c'est associer à chaque concept les actions qu'il faut entreprendre lorsque l'on a compris le concept.

Ces trois niveaux sont irréductibles l'un à l'autre. Le concept comme signification implique que l'on soit capable de déterminer un système de signification. Mais, avoir un système de concepts n'est pas équivalent au fait d'avoir un système du monde et des objets qui lui appartiennent. En effet, un système du monde est une notion sans contenu réel car il n'existe pas de totalité de l'expérience. Notre finitude nous interdit de penser le système de nos pensées comme étant le système du monde. En prenant une analogie linguistique, connaître le dictionnaire et représenter systématiquement les signifiés entre eux ne donne pas de connaissance particulière sur les objets réels. Autrement dit, poser un système de significations comme un système du monde revient à construire un système métaphysique, à se projeter dans l'absolu, bref à renouer avec le geste hégélien.

C'est la raison pour laquelle le concept comme signification et le concept comme synthèse se construisent en opposition : Kant, promoteur du concept comme synthèse, rejette la notion de système. Saussure, qui propose la langue comme système, coupe tout contact avec l'objet : la fameuse dyade signifiant / signifié, que l'on a tant critiqué pour ne pas inclure l'objet, ne peut donner lieu à un système si et seulement si elle se définit indépendamment des objets, sous peine de subordonner la linguistique à une métaphysique, et donc de compromettre son existence même.

Ces niveaux sont donc nécessaires car ils sont distincts et révèlent chacun dans leur ordre une manière de comprendre un concept. Il faut les juxtaposer et les articuler sans pouvoir avoir une compréhension du lien profond existant entre ce que signifie un concept dans le système de signification et ce que ce même concept propose comme construction synthétique. Ainsi, le signifié linguistique du mot chien n'a pas de lien direct avec la reconnaissance perceptive de l'objet chien.

5.4. Conclusion

Les ontologies constituent une nouvelle étape dans l'ingénierie des connaissances qui, après avoir longtemps voulu modéliser les mécanismes de raisonnement, pensant trouver des mécanismes universels pouvant s'appliquer à tous les domaines, s'intéresse désormais à caractériser les concepts propres à un domaine. Cette recherche s'effectue en supposant acquis certains mécanismes de raisonnement et outils d'inférence qui sont valables et utilisés pour tous les types d'ontologies. Dans ce cadre, il ne reste plus qu'à spécifier ce qui est propre à un domaine pour y appliquer le mécanisme universel de raisonnement. C'est ainsi que l'on utilise le formalisme des logiques de description et le mécanisme de classification pour manipuler la plupart des ontologies modélisées.

On obtient donc un paysage théorique assez simple avec d'un côté les concepts dépendants du domaine dont il faut expliciter le contenu, et de l'autre la logique formelle, indépendante du domaine et universelle, permettant de manipuler les contenus. Cependant cette approche soulève quelques difficultés. D'une part, comme on vient de le voir, expliciter le contenu d'un concept n'est pas chose aisée car la notion même de concept reste problématique et son contenu dépend largement de la tradition épistémologique dans laquelle on s'inscrit. D'autre part, la logique formelle tend à aplatir tous les concepts à de simples prédicats du premier ordre sans prendre en compte les différences logiques qu'il peut y avoir entre eux. Par exemple, les concepts de chiot ou de chien sont différents dans la mesure où l'un est accidentel (chiot) et l'autre est essentiel (chien). Or, cette différence n'est pas une différence de contenu, mais de type logique. En adoptant comme on le fait souvent une logique du premier ordre comme les logiques de description, on s'interdit de pouvoir représenter les conséquences qu'entraîne cette différence et notamment les contraintes que doit respecter par exemple le concept de chien en opposition au concept de chiot. En effet, chien est une substance, chiot un rôle, un rôle peut disparaître sans remettre en cause l'existence de l'entité qui remplit ce rôle. En revanche, chien étant une substance, cela implique qu'une entité qui cesse d'avoir cette propriété d'être un chien cesse d'être tout court.

Pour modéliser adéquatement une ontologie, il convient de pouvoir prendre en compte ces contraintes, de les modéliser et de les intégrer dans la conception et l'usage des ontologies. Or, cette tâche est bien repérée et définie tant dans la tradition philosophique qu'en ingénierie des connaissances : c'est le problème de l'ontologie formelle. L'ontologie formelle définit le cadre logique dans lequel exprimer les concepts d'un domaine. Elle permet d'assurer la cohérence de l'ontologie du domaine et d'explicitier les hypothèses philosophiques fondamentales sur lesquelles la nature des concepts et de leur description est bâtie.

Chapitre 6

Modélisations ontologiques

Les ontologies, en ingénierie des connaissances, résultent d'une modélisation. Ainsi, ne sont-elles pas le simple reflet d'une réalité pour laquelle il faudrait trouver le langage adéquat pour la décrire fidèlement, elles sont des constructions théoriques permettant de caractériser une réalité visée et gardant leur caractère provisoire et hypothétique.

A ce titre, les ontologies renvoient à la manière de penser le monde et leur élaboration reflète les contraintes de la pensée, et pas seulement les structures du réel. Elles renvoient de ce fait à la logique formelle dont le but est traditionnellement d'étudier les lois de la pensée. C'est ainsi que s'est dégagé le projet d'une ontologie formelle, pendant objectif de la logique formelle, qui explicite le type d'objet pensable que l'on peut mobiliser pour décrire le monde. Alors que la logique formelle étudie les jugements que l'on peut formuler et leur condition de vérité, l'ontologie formelle étudie les objets que l'on peut penser et leur condition d'objectivité.

L'ingénierie des connaissances a renoué ces dernières années avec les travaux sur l'ontologie formelle qui sont issus à l'origine de la phénoménologie husserlienne. Mais cet héritage reste cependant mal connu alors qu'il est incontournable pour comprendre tant la notion d'ontologie formelle que son intérêt pour le projet que poursuit l'ingénierie des connaissances. Sa prise en compte est dès lors indispensable.

L'objectif de ce chapitre est de situer l'apport de l'ontologie formelle et de préciser son origine husserlienne et phénoménologique pour mieux appréhender son importance et les conditions de son utilisation. Il conclut sur les propositions de N. Guarino qui entreprend depuis plusieurs années de définir une ontologie formelle propre à soutenir et encadrer la construction des ontologies propres à un domaine, ontologies qui se retrouvent donc être des ontologies matérielles.

Une ontologie, comme on l'a vu dans la section 5.2, consiste dans la détermination de la signature fonctionnelle et relationnelle d'un langage de représentation des

connaissances, tant sur le plan syntaxique que sémantique : à chaque symbole introduit sur le plan syntaxique correspond une signification sur le plan sémantique, de manière à pouvoir construire la signification des formules du langage à partir de la signification des primitives, logiques et non logiques, qui la composent.

Le problème est de savoir déterminer de quels symboles on a besoin et quelle signification il convient de leur donner. Puisqu'il s'agit d'un langage formel de représentation, la sémantique est nécessairement formelle, c'est-à-dire, la plupart du temps, extensionnelle : la signification d'un symbole consiste dans la désignation d'une classe d'individus dans un univers de référence. La tâche est donc double :

- comment savoir que l'on a besoin de tel ou tel symbole et comment déterminer son libellé ?
- comment lui associer une extension d'individus ?

Plusieurs problèmes se posent. D'une part, quel rôle joue exactement le choix de tel ou tel libellé pour exprimer une primitive ? En théorie, ce choix n'a pas d'importance particulière puisque les primitives possèdent une signification et un contenu qui n'est influencé par rien d'autre (puisque ce sont des primitives, elles viennent avant les autres). En pratique, le choix de tel ou tel libellé pour exprimer une primitive charge cette primitive de la signification que le libellé possède dans la langue d'où il a été emprunté. Ainsi, si j'appelle une primitive « virus », je m'attends à ce que cette primitive désigne des entités responsables de certaines pathologies qui se caractérisent par un mode particulier de contamination.

D'autre part, comment déterminer l'extension des individus ? La sémantique formelle suppose une ontologie de référence, c'est-à-dire un cadre dans lequel les objets sont déterminés, énumérables, de telle manière qu'il est possible de constituer un ensemble pour en faire la référence ou l'interprétation du symbole considéré. D'un point de vue mathématique et logique, ce problème se résout dans le cadre de la théorie des modèles où l'univers de référence dans lequel les significations sont déterminées est lui-même un objet mathématique ; la relation entre le symbole et sa signification n'est pas alors une relation entre un modèle et le monde, mais entre une représentation formelle et un modèle lui-même de nature mathématique, le plus souvent tiré de la théorie des ensembles.

Mais la situation est différente dans le contexte de la construction d'ontologies, dans la mesure où elles doivent refléter les objets et concepts du domaine, qui n'est autre que le monde réel dans lequel les applications développées devront s'insérer : leur modèle de référence, c'est le monde, et non un modèle mathématique, au sens de la théorie des modèles. On se trouve ainsi une difficulté qu'a rencontrée la logique mathématique à ses débuts quand s'est posé le problème d'interpréter les langages formels nouvellement élaborés. En effet, la relation de dénotation est celle que l'on

trouve dans la théorie logique des modèles où la valeur sémantique d'une construction syntaxique est un objet déterminé dans un univers de référence. Cette conception dénotative où les expressions renvoient à un objet pris dans un univers de référence, en général le monde réel, remonte à Frege :

« Or, il est naturel d'associer à un signe (nom, groupe de mots, caractères), outre ce qu'il désigne et qu'on pourrait appeler sa dénotation, ce que je voudrais appeler le sens du signe, où est contenu le mode de donation de l'objet. » [FRE 71]

Ainsi, la signification d'un terme, sa *Bedeutung* que l'on traduit habituellement par référence ou dénotation, est l'objet du monde qui lui correspond. Pour Frege, l'univers du discours, l'univers de référence, est unique et ne peut être que l'univers réel, dans sa globalité, comprenant des objets physiques et d'autres non physiques, comme le vrai et le faux, qui sont, comme on le sait, les dénotations possibles des propositions. La vérité comme valeur sémantique n'est donc pas relative à un univers particulier de référence, on dira relative à un modèle, mais absolue. A ce titre, la logique devient une théorie du monde :

« Pour Frege . . . , il ne peut être question de changer d'univers. On ne peut même dire qu'il se restreint à un univers. Son univers, c'est l'univers. Pas nécessairement l'univers physique, évidemment, car pour Frege certains objets ne sont pas physiques. » [HEI 67, p. 325]

Le projet frégeén d'une théorie du monde provient de la volonté de réformer la langue naturelle pour obtenir des raisonnements sûrs et fiables sur les objets du monde. D'une langue ambiguë et imprécise, on obtient une langue artificielle univoque et précise. Ce dont la langue naturelle parle, elle en parle mal et confusément. L'universalité de la langue logique permet de parler de la même chose, l'univers complet, mais de façon précise et satisfaisante :

« Les langages de Frege et de Peano sont réellement des fragments du langage naturel dont la signification et la grammaire ont été rendus plus rigoureuses et avec des symboles particuliers à la place des mots conventionnels. » [HOD 85, p. 143]

La logique frégeenne est donc un langage universel dont la dénotation est l'univers complet, comprenant tous les objets, physiques, scientifiques. La logique est pour Frege une théorie du monde dont elle exprime les structures intelligibles. C'est sans doute pour cela que Frege n'a pas abordé la question sémantique du point de vue formel, intramathématique, car la sémantique n'est pas pour Frege une mise en rapport de symboles dans le cadre des mathématiques, mais bien plutôt la considération du

monde depuis une langue parfaite pour l'exprimer. L'univers de référence devint relatif quand il fallut distinguer la réforme de la langue naturelle, où l'on voulait adosser la langue sur une dénotation rigoureuse du monde, de l'utilisation formelle de signes sans signification susceptibles de recevoir différentes interprétations au gré des différents modèles de référence adoptés selon le cas. En effet, il ne s'agit plus de désigner le monde unique de référence qu'est le monde réel, mais de désigner n'importe quel univers de référence arbitrairement défini :

« ... On observe deux courants : l'un va de Frege à Quine en passant par Russell. Les représentants de ce courant de pensée voient dans la logique un langage (interprété) et même une théorie qui traite des aspects les plus abstraits de la réalité. L'autre va de Boole à Hintikka en passant par Skolem. Ses représentants voient dans la logique un calcul. Cette dernière conception de la logique permet de traiter les systèmes axiomatiques non comme des collections de formules *vraies absolument*, mais comme des collections de formules *vraies relativement à un modèle*, c'est-à-dire relativement à un choix de *domaine* pour les variables et d'*interprétation* pour les constantes. » [GOC 90, p. 77]

Les ontologies sont donc prises dans une tension opposant la dénotation dans le monde réel, relation absolue, et la dénotation dans un modèle, correspondance relative.

Mais les ontologies ne peuvent vouloir prétendre à une vérité absolue et ne pas se restreindre à une dénotation, c'est-à-dire une vérité, relative seulement à un modèle. En effet, vouloir dénoter directement le monde, et non une modélisation de ce dernier relativement à un contexte particulier, revient à vouloir en faire la théorie et à rechercher la vérité des choses en elles-mêmes. Ce projet est tout simplement celui d'une métaphysique.

Parler de métaphysique peut sembler étrange dans un cadre consacré à l'ingénierie des connaissances, discipline de l'informatique. Mais c'est pourtant les travaux du domaine qui l'imposent : en particulier, les travaux de Nicola Guarino¹ [GUA 95], aujourd'hui l'un des principaux acteurs de la recherche ontologique, s'inscrivent dans une perspective ouvertement métaphysique. Le terme de « métaphysique » n'est pas utilisé dans son acception continentale, suivant laquelle il désigne la recherche de l'Être par delà ses apparences phénoménales. Il faut le comprendre selon les travaux contemporains de philosophie anglo-saxonne, en particulier par exemple [LOW 02, LOU 98], où la métaphysique est définie comme la recherche de la structure fondamentale de la réalité comme un tout :

« According to one traditional and still widespread conception of metaphysics – which is basically the conception of metaphysics which informs the present book –

1. Nous précisons les propositions de Guarino plus bas, dans la section 6.4.

metaphysics can occupy the interdisciplinary role just described because its central concern is with the fundamental structure of reality as a whole. » [LOW 02, p. 3]

Autrement dit, la métaphysique étudie ce que les autres disciplines supposent sans avoir à l'étudier en tant que telle : ce qu'est une substance, qu'appelle-t-on un changement, qu'est-ce qu'un rôle, une identité ? La métaphysique est interdisciplinaire car elle doit tirer partie des apports des multiples disciplines comme la physique, la biologie, l'histoire, etc., qui la renseignent sur la *nature* du réel, pour en tirer des enseignements sur la *structure* du réel.

Que cette étude, si elle est possible, soit utile et nécessaire, on peut l'accorder. Qu'elle soit possible est en revanche problématique. En effet, [LOW 02] affirme par exemple que la métaphysique est possible du fait que le réel est unitaire et cohérent. Mais rien ne prouve que cette cohérence soit d'ordre logique et repose sur une vérité telle que la logique la thématise depuis Aristote. Autrement dit, à un niveau simplement théorique, le fait que l'homme soit en harmonie avec son environnement n'implique pas que l'on puisse en faire l'axiomatique. Par ailleurs, d'un point de vue pratique, les domaines étudiés par les ontologies sont rarement des parties de la nature, mais concernent plutôt des domaines d'artéfacts, soumis à une évolution rapide, pour lesquels les critères d'identité et d'évolution doivent être régulièrement adaptés. Autrement dit, il n'y a de métaphysique que locale et temporaire : elle ne décrit pas la structure de la réalité comme un tout, mais propose des modèles. En voulant avoir la réalité comme modèle, on en revient à des modèles locaux et temporaires de la réalité.

Mais s'il faut se garder d'imposer un cadre métaphysique à l'élaboration ontologique, il n'en demeure pas moins que c'est la réflexion philosophique qui a permis de dégager les principales structures ontologiques étudiées aujourd'hui par l'ingénierie des connaissances. En particulier, la notion d'ontologie formelle s'est imposée, à la fois parce qu'on recourt à des logiques formelles pour exprimer les ontologies et parce que l'ontologie formelle est une structure ontologique particulière qu'il faut articuler aux ontologies matérielles. Ce chapitre revient sur ces distinctions et a pour objectif de montrer l'importance et l'enjeu du recours à l'ontologie formelle.

6.1. Le concept : entre forme et matière

Un concept permet de penser un objet, c'est le concept d'un objet. Mais il ne fait pas seulement la description d'un objet, il permet de l'appréhender, voire de le constituer. Le concept résulte donc autant de la pensée qui le conçoit que du monde qu'il permet de considérer. Le concept a donc un contenu matériel qu'il permet de penser et une forme logique à travers laquelle on le pense.

La forme logique du concept correspond aux contraintes logiques qui s'exercent sur un contenu dès lors qu'il est pensé. Cette notion renvoie aux distinctions classiques

de la philosophie et de la logique : on a le contenu de la connaissance, sa matière pour ainsi dire, qui explicite ce qui est pensé et sur lequel s'exercent les contraintes propres au domaine considéré. On a, par ailleurs, la forme sous laquelle je pense cette connaissance : si c'est sous la forme de termes et de propositions, par exemple, on a des contraintes comme le principe de non contradiction qui s'exercent. De même, si je pense une notion, par exemple la notion de « chien », comme étant une catégorie désignant des substances, alors un individu qui est une telle substance, par exemple Fido, ne peut perdre cette propriété d'être une substance sans disparaître lui-même : si Fido n'est plus un chien à un moment donné, cela signifie que Fido a tout simplement disparu, autrement dit il est mort. En revanche, dans les univers de science-fiction où l'on change les conventions, la notion de « chien » peut ne plus désigner des substances, mais une simple propriété comme la couleur. Si Fido n'est plus un chien à un moment donné, il existe toujours, mais il est devenu autre chose. L'ontologie formelle a pour objectif de modéliser et caractériser ces propriétés qui ne décrivent pas tant le monde que notre manière de le penser et les catégories que nous mobilisons pour le décrire.

6.2. L'ontologie formelle

L'ontologie formelle² est une notion philosophique importante, mais difficile, dont le principal contributeur fut sans conteste Husserl. Avant de revenir à son origine husserlienne, définissons l'ontologie formelle et caractérisons la brièvement.

Chaque domaine mobilise des notions spécifiques et des types d'objets correspondants. Ces notions et objets renvoient à une réalité, effective ou idéale, que l'on décrit à travers les connaissances du domaine. Ces notions et objets relèvent donc d'une ontologie, car on décrit une réalité, c'est-à-dire l'objet de la connaissance et non la connaissance elle-même, et elle est « matérielle », car elle décrit la teneur de cette réalité. On a donc des *ontologies matérielles*, propres à un domaine donné, décrivant les notions et les objets qui lui sont spécifiques. En particulier, il ne peut y avoir une ontologie matérielle pour toute la réalité, car celle-ci comporte des régions distinctes et incommensurables.

Cependant, on s'aperçoit qu'en décrivant la réalité des différentes régions considérées, on mobilise des notions et objets qui ne reflètent pas la réalité décrite, mais notre manière de la penser. Par exemple, la notion de tout et de partie, la notion d'ensemble, de substance, de propriété, de rôle, etc., n'appartiennent pas à une région particulière du réel, mais renvoient à nos modes de pensée. En ce sens, ces structures sont *formelles* et non *matérielles*, car elles reflètent la forme de notre pensée (comment on pense) et non la matière (c'est-à-dire ce que l'on pense) de cette même pensée.

2. Cette section s'appuie en partie sur notre article [BAC 01].

Mais s'il y a des structures formelles, peut-on parler d'ontologie formelle³ ? Voici quel est le problème. « Ontologie » renvoie à ce qui existe et s'oppose à nous comme objet. Par définition, une ontologie ne caractérise pas la pensée, mais ce qui est pensé. Par conséquent, il n'y a pas lieu de parler d'ontologie formelle si par formel il faut entendre ce qui relève de la forme de notre pensée. D'ailleurs, il existe déjà un domaine du formel, c'est celui de la logique. La logique étudie les jugements vrais en tant que leur vérité procède de leur forme et non de leur matière ($A \vee \neg A$ est vrai indépendamment de la « matière » de A , cet énoncé n'est vrai que par sa structure formelle). La logique étudie donc comment nos connaissances peuvent être vraies en fonction de la forme qu'elles revêtent.

Ainsi, comme le souligne Roberto Poli [POL 96], l'ontologie formelle se caractérise à la fois comme formelle, et elle se distingue alors de la logique formelle, qui est l'autre manière de considérer la sphère du formel, et comme ontologie, et elle se distingue alors de l'ontologie matérielle, qui est l'autre manière de considérer l'ontologie. Mais cette double distinction donne-t-elle un objet digne d'intérêt ?

Husserl [HUS 57] a montré, comme on le verra dans la section suivante, que la vérité formelle de nos jugements et de nos connaissances avait son corrélat du côté objectif, c'est-à-dire des objets décrits. En particulier, il y a des formes d'objets, s'appliquant à tous les objets pensés dans les ontologies matérielles, qui ne sont pas des formes de connaissances ou des structures de connaissance. Autrement dit, il existe des structures formelles qui ont trait, non à la vérité qui est du ressort de la logique, mais à la structure des objets pensés. Ces structures formelles, formes d'objet, etc., ne sont pas de simples formalisations des objets matériels, au sens où il n'existerait que du matériel, et l'ontologie formelle en donnerait des abstractions formalisées. Elles correspondent à une véritable dimension de l'être, de l'être formel, qui se distingue de l'être matériel. De la même manière que l'ontologie matérielle pose qu'il existe des nombres entiers, ou des pommes, l'ontologie formelle pose qu'il existe des relations et des propriétés. C'est ainsi qu'il faut distinguer trois niveaux⁴ :

3. Les travaux sur l'ontologie formelle, dans leur commencement husserlien, se situent à la frontière entre la logique classique et la logique mathématique contemporaine. Or, ces deux logiques ne sont pas identiques. La logique classique étudie les lois de la pensée en tant qu'elles prescrivent la forme de nos jugements et leur capacité à préserver le vrai. La logique mathématique moderne se définit pour une large part comme une théorie du calcul et de la démonstration, c'est la théorie de la preuve, consacrant à la vérité et au rapport à une réalité de référence une partie spécifique, à savoir la théorie des modèles. L'ontologie formelle est à la croisée de ces chemins, car elle se demande comment le calcul et la combinatoire formels de nos jugements peuvent prétendre avoir une valeur ontologique, c'est-à-dire sur les objets considérés dans un univers de référence, voire l'Univers de référence.

4. Comme le souligne Jocelyn Benoist : « Nous disons bien : *formelle*, et non *formalisée*, car après tout, n'importe quoi peut être formalisé, et il n'est pas sûr que la formalisation possible ou nécessaire d'une ontologie témoigne de son caractère intrinsèquement formel (c'est-à-dire

Le matériel : il s'agit de la matière des choses, ce dont les choses sont faites, bref des contenus appréhendés dans les différentes pratiques (qu'elles soient théoriques, concrètes, etc.) ;

Le formalisé : il s'agit de la formalisation du matériel ;

Le formel : il s'agit des objets formels de l'ontologie formelle, qui possèdent une consistance ontologique propre, autonome et indépendante de l'ontologie matérielle. Il ne s'agit pas simplement d'ontologie formalisée, qui ne serait pas forcément encore une ontologie, mais de la portée ontologique de la formalisation de l'ontologie.

C'est pourquoi on peut parler d'ontologie formelle. Traditionnellement, l'ontologie formelle subsume⁵ les ontologies matérielles. Autrement dit, la relation entre l'ontologie formelle et les ontologies matérielles n'est pas une relation de spécialisation, mais une relation d'instanciation. Ce n'est pas une classe super générique, mais une métaclasse.

De même, l'ontologie formelle serait unique, même si elle permet de brasser différentes notions : l'ontologie formelle des relations tout-partie, de la causalité, de la temporalité, des substances et des accidents, etc. Cependant, on peut dégager une double possibilité :

– si l'on considère que l'ontologie formelle est davantage que la formalisation de l'ontologie matérielle, elle possède une portée ontologique intrinsèque. En ce sens, elle doit être unique ;

– si l'on considère que l'ontologie formelle dégage l'engagement ontologique, c'est-à-dire les conséquences logiques qu'il faut assumer, des notions posées dans l'ontologie matérielle, l'ontologie formelle peut être multiple. Elle reflète du point de vue formel les prises de position quant à l'être de l'ontologie matérielle.

En pratique, ce débat renvoie à la possibilité d'avoir une ontologie formelle universelle ou des ontologies formelles par domaine. Traditionnellement, et la plupart des

de l'inscription de la forme même dans l'être qui est en lui-même, en un sens ou un autre, « formel », selon une confusion souvent entretenue aujourd'hui. Le problème de l'ontologie formelle n'est pas le simple fruit de la rencontre contemporaine de la vieille problématique ontologique et de la formalisation, d'une interprétation philosophique de cette formalisation. Il naît de certaines possibilités attribuées à cette formalisation, d'une interprétation philosophique de cette formalisation qui, précisément, lui accorde une portée ontologique – et non le seul rôle d'auxiliaire de l'ontologie, et par là même relais des ontologies passées. » [BEN 00].

5. On retiendra pour la notion de subsomption son sens philosophique habituel [LAL 91], selon lequel un concept subsume les objets qui tombent sous ce concept : par exemple, le concept de chat subsume Félix.

travaux du domaine (par exemple [POL 96, MUL 92]) vont en ce sens, on recherche une ontologie formelle unique et universelle. La profusion des propositions inciterait cependant à adopter une conception plus diversifiée de l'ontologie formelle.

L'ontologie formelle renvoie donc à une métaphysique dans la mesure où chaque objet ressortissant d'une ontologie matérielle est subsumé par un cadre *a priori* spécifié par l'ontologie formelle. Cependant il convient de préciser le contenu de l'ontologie formelle et son articulation à l'ontologie matérielle. Pour cela, il est nécessaire de revenir à la fondation husserlienne pour comprendre ces notions et leurs relations.

6.3. L'approche phénoménologique

La solution phénoménologique consiste à considérer ce qui dans la connaissance, de manière générale, lui confère sa valeur gnoséologique. Le principe fondamental est de considérer les choses elles-mêmes, telles qu'elles se donnent, telles qu'elles se manifestent.

La phénoménologie transcendantale husserlienne⁶ aborde explicitement la problématique ontologique et propose des distinctions cardinales qui nous permettront de fonder et élaborer notre méthodologie. La phénoménologie oppose la logique transcendantale à la logique formelle, où il ne s'agit pas seulement de prendre en compte la forme de la connaissance mais également son contenu, sous l'aspect de ses conditions de possibilité. C'est pour cette raison que la tradition phénoménologique paraît plus féconde dans une réflexion sur les ontologies et la modélisation des connaissances.

6.3.1. Essences matérielles et formelles

Selon Husserl, il faut dégager trois types d'objet. Premièrement, on a l'objet sensible, celui qui est donné à la perception. Par exemple, le chien qui court devant moi. Deuxièmement, on a l'essence de chien : ce que l'objet qui est devant doit remplir comme conditions pour être un chien. Cette essence est dite « matérielle » dans le

6. Il n'est pas question d'entreprendre ici un exposé de la phénoménologie. Les études d'E. Lévinas [LÉV 88, LÉV 89] font habituellement références, ainsi que celles de R. Schérer [SCH 62] consacrées aux *Recherches Logiques*. [BAC 57] aborde la logique transcendantale de Husserl. [GRA 68] étudie le temps et la perception chez Husserl ainsi que [RIC 87]. Les traductions récentes des œuvres de Patočka [PAT 88, PAT 92] donnent une introduction originale à phénoménologie par son grand exégète tchèque. [DRE 82], [MIL 84] et [FIS 94] illustrent l'interprétation que reçoit la phénoménologie husserlienne dans sa confrontation avec la philosophie analytique d'inspiration frégréenne. La revue *Études philosophiques* a consacré un numéro spécial (1991-I) sur la phénoménologie et la psychologie cognitive, où se confrontent ces interprétations d'inspiration analytique avec les interprétations plus continentales.

mesure où elle encadre la matière qui m'est donnée à percevoir pour lui assigner une catégorie. Enfin, on a l'objet formel : le type de concept sous lequel je pense l'objet qui m'est donné à percevoir. Ainsi, j'aborde le chien qui court devant moi comme une « substance » et le pense selon les critères attachés à la catégorie de substance ; par exemple que si le chien est soudainement peint en bleu, il reste néanmoins un chien, car la substance reste permanente sous les propriétés qu'elle véhicule et qui peuvent changer. Objet empirique, essence matérielle, objet formel sont donc les trois niveaux d'entités distingués par Husserl.

L'innovation principale concerne la notion d'objet formel. Comme nous l'avons déjà souligné plus haut, distinguer l'essence de la variation accidentelle fut le geste philosophique fondamental pensé par Aristote, Porphyre et bien d'autres encore. L'objet donné par le monde perçu s'organise donc entre l'individu, perçu ici et maintenant avec ses propriétés accidentelles, et l'essence qui rend compte à la fois des propriétés de l'individu considéré (pourquoi ces propriétés et pas d'autres, comment elles peuvent évoluer, etc.), et de la similarité qu'il peut avoir avec d'autres individus. Objet et essence sont pensés à travers des jugements qui leur imposent une forme et une organisation logique. Par exemple, on dira que « Socrate est un homme », exprimant à travers ce jugement logique que l'objet individuel « Socrate » relève de l'essence « homme ». On a donc d'un côté le monde matériel qui s'organise entre objets et essences et de l'autre, le monde de l'esprit qui formule des jugements. L'objet est donc toujours matériel (il relève du monde et de sa matière), la logique toujours formelle (elle organise sous la forme de jugements les objets entre eux). Mais on ne parle pas d'objet formel, ni de logique matérielle. Une logique matérielle ne pourrait prétendre à une vérité nécessaire, car elle dépendrait de la nature des choses et non de la seule force de ses arguments et de leur organisation formelle : $A = A$ est un jugement vrai du fait même de sa forme et de sa structure syntaxique. Je n'ai pas besoin de savoir ce que signifie A ni ce qu'il désigne dans le monde pour savoir que ce jugement est vrai. Par ailleurs, un objet formel est une expression contradictoire car si on parle d'« objet », c'est qu'on parle de quelque qui fait face à l'esprit qui le considère (objet signifie ce qui est jeté devant, ce qui se tient devant soi, en face à face avec soi, comme le dit si bien le terme allemand de *Gegenstand*, où quelque chose se tient - *stand* - contre soi, devant soi - *gegen*). Or ce qui fait face, c'est le monde. L'objet appartient nécessairement au monde, et ne peut être le produit de la pensée. De même, si on parle de « formel », on parle de la forme de la pensée, non de ce qu'elle pense. Pour toute la tradition philosophique, « objet formel » est un oxymore.

Mais, il en va tout autrement pour Husserl. Tout objet empirique peut en effet être considéré sous l'aspect de sa structure formelle : ses caractéristiques instancient des formes générales, des catégories logiques, correspondant aux « concepts de propriété, de qualité relative, d'état de chose, de relation d'identité, d'égalité, de groupe (collection), de nombre, de tout et de partie, de genre et d'espèce, etc. ». Ce sont des objets formels ou « catégories » dans la terminologie husserlienne. Ces catégories sont donc

des formes de pensée considérées comme des objets, que l'on a en quelque sorte réifiées. En effet, pour Husserl, il faut bien distinguer ce que je peux inférer du fait de savoir que l'objet en face de moi est un chien, cette essence matérielle impliquant certaines propriétés, de ce que j'infère du fait de penser l'essence de chien comme une substance (catégorie ou objet formel). Le fait de penser un objet comme une substance implique certaines contraintes même si en soi cela ne me donne aucune connaissance supplémentaire sur les chiens (pour cela, il faut les étudier).

6.3.2. *Ontologie matérielle d'essences et ontologie formelle d'objectités catégoriales*

Il existe donc trois types d'objets recensés par la phénoménologie dont l'objectivité se distingue essentiellement par le mode de donation, Husserl parlant d'une intuition empirique des objets sensibles, d'une intuition des essences (matérielles) et d'une intuition catégoriale (des objets formels).

Mais, à proprement parler, si toutes les intuitions procèdent de l'intuition sensible, l'intuition des essences reposant sur la variation des intuitions particulières, l'intuition catégoriale étant fondées sur l'intuition sensible, cette dernière ne permet pas de poser au sens strict une objectivité dans la mesure où le fait empirique qui s'y donne reste contingent. C'est pourquoi seules les essences et les objectivités catégoriales méritent de plein droit l'appellation d'objet et peuvent faire l'objet de considérations ontologiques. C'est pourquoi Husserl considère les *ontologies matérielles d'essences* et les *ontologies formelles d'objectités catégoriales*.

6.3.3. *Le contenu de l'ontologie formelle*

L'ontologie formelle structure les objets formels : ces objets sont toutes les formes possibles des objets en tant que sujet possible d'une assertion vraie. Or, on peut porter un jugement sur n'importe quoi : mais « n'importe quoi » c'est déjà quelque chose. Juger sur n'importe quoi, c'est juger sur quelque chose : l'ontologie formelle s'intéresse donc aux formes possibles de « quelque chose » dans un jugement ; ce sont toutes les formes possibles du « quelque chose en général », c'est-à-dire les objectités catégoriales. Le « quelque chose en général » est la forme la plus générale qui soit des objets : toute objectité catégoriale sera alors une détermination formelle de ce « quelque chose en général ». L'ontologie formelle rassemble donc toutes les manières possibles de penser un objet quelconque : un objet formel, c'est une manière possible de se rapporter à un quelque chose. Or, ces manières possibles ne sont pas quelconques, elles constituent une classe close dont on connaît la structure :

« Ce qui est objet [...] a, à l'égard de ses formes catégoriales possibles (des formes qui appartiennent à l'*objet* !), une typique tout à fait déterminée. C'est la

typique des *modes du quelque-chose-en-général* : « propriété », relation, état des choses, pluralité, individualité, suite, ordre, etc. Nous les nommons *formes dérivées* du quelque-chose, de la catégorie formelle fondamentale « objet ». » *Logique formelle et Logique transcendantale* [HUS 57]

Ces formes s'engendrent à partir de la catégorie suprême « objet en général » qu'elles déterminent et par itération les unes sur les autres : par exemple, on peut considérer une relation de relation, une propriété de relation, etc. Si bien que l'étude de l'ontologie formelle devient une science à part entière, possédant ses lois et ses objets, et une science au statut particulier car, étudiant la forme possible des objets quelconques, elle est *universelle* :

« De là naît une idée universelle de science, celle d'une *mathématique formelle prise dans toute son ampleur*, dont le domaine universel se délimite nettement comme l'extension du concept formel suprême : *objet en général* ou comme l'extension du quelque chose en général pensé dans la généralité la plus vide qui soit, avec toutes les formes dérivées engendrables *a priori* (et donc concevables) dans ce champ, formes qui dans une construction itérative toujours nouvelle produisent des formes toujours nouvelles. Au nombre de ces dérivations, à côté des formes : ensemble et nombre (finis ou infinis) on trouve les formes : combinaison, relation, suite, liaison, tout et partie, etc. Alors on est tout près de considérer toute cette mathématique comme une *ontologie* (doctrine apriorique de l'objet), mais comme une ontologie *formelle*, rapportée aux modes purs du quelque chose en général. On aurait ainsi acquis l'idée directrice pour déterminer dans des examens structurels aprioriques les domaines particuliers de cette ontologie, de cette mathématiques des objectités en général. » *Logique formelle et Logique transcendantale* [HUS 57, p. 107-108]

Mais l'idée d'ontologie formelle est inséparable de l'idée de logique formelle. Les objectivités catégoriales ne sont posées que dans le cadre des jugements logiques, si bien que toutes les objectivités catégoriales se dérivent de la catégorie suprême « objet en général » au moyen du jugement logique lui-même :

« Ces modes [les objectivités catégoriales] sont dérivés de cette catégorie fondamentale [objet en général]... *par le moyen du juger lui-même*, et aussi par toutes les activités doxiques qui constituent le sens le plus large de jugement. La propriété en tant que forme prend naissance originellement dans le simple jugement catégorique, de même que la collection prend naissance originellement dans l'activité de colligation, naturellement pas comme *datum* psychique réel, mais comme corrélat intentionnel de la position. » *Logique formelle et Logique transcendantale* [HUS 57, p. 154-155]

Alors que la logique formelle systématise toutes les manières de penser et constitue donc une logique du jugement ou « apophantique formelle », l'ontologie formelle systématise tous les modes possibles de ce qui est pensé, et constitue donc une « analytique ontologico-formelle ».

6.3.4. *Le contenu de l'ontologie matérielle*

Selon Husserl, il y a des vérités aprioriques valant pour tous les quelques choses en général, ce sont les *a priori* formels valant de façon principielle pour tout ce qui peut être pensé, et les vérités aprioriques valant pour tous les objets matériellement déterminés. Mais, s'ils sont matériellement déterminés, il est impossible d'obtenir des vérités matérielles valant pour tous ces objets, ce serait alors des vérités formelles, mais seulement pour une partie d'entre eux, pour une *région* du réel matériel. Les ontologies matérielles sont donc des ontologies régionales.

Husserl structure donc en ontologies régionales ou matérielles ce qui peut être pensé en instanciant l'ontologie formelle. Une ontologie régionale est une taxinomie, une hiérarchie d'objets matériels, c'est-à-dire d'essences, rassemblés sous un concept générique suprême. Par exemple, il y aura une ontologie régionale pour la cuisine, les animaux domestiques (connaissances phénoménologiques) et une ontologie régionale pour la géométrie ou la nature (connaissances scientifiques); bref, pour tout ce qui peut être pensé. A chaque essence matérielle sont subordonnés les objets et faits empiriques correspondant aux variations contingentes de l'essence. Une ontologie régionale est par conséquent la théorie d'une *région* du réel dont elle systématise l'empiricité à travers les relations eidétiques qu'elle établit à travers ses structures.

« Toute objectivité concrète de caractère empirique s'intègre ainsi que son essence matérielle, à un genre matériel *suprême*, à une « *région* » d'objets empiriques. A l'essence régionale pure correspond alors une *science eidétique régionale*, ou, pourrait-on dire, une *ontologie régionale*. » *Ideen I* [HUS 50, p. 19]

L'ontologie régionale est une théorie du domaine et contient les vérités premières vérifiées par tous les objets empiriques. Ces vérités sont les conditions *a priori* de la possibilité de connaître empiriquement les objets du domaine. Ces vérités sont, par ailleurs, synthétiques dans la mesure où elles ne découlent des propriétés formelles des objets, mais procèdent du domaine particulier considéré. Ces vérités sont donc synthétiques et non analytiques puisque, ne valant pas pour toutes les régions du réel, elles reflètent la nature d'un domaine particulier.

Mais un domaine particulier d'objets est également soumis aux lois valant pour toute objectivité, c'est-à-dire les lois de l'ontologie formelle. Lois du quelque chose en général, elles valent nécessairement pour un quelque chose en particulier, pour peu

qu'il soit effectivement quelque chose, ce dont nous assure la notion d'essence. C'est ainsi que :

« L'investigation des faits empiriques ne peut manquer d'être influencée par l'abondance des connaissances qui ont un rapport pur et de validité *inconditionnée* à tous les objets possibles de la région, dans la mesure où ces connaissances dépendent pour une part de la forme pure de l'objectivité en général [c'est l'ontologie formelle], pour une part de l'*eidōs* de la région, cet *eidōs* représentant pour ainsi dire une forme matérielle nécessaire pour tous les objets de la région [c'est l'ontologie matérielle]. » *Ideen I* [HUS 50, p. 19]

Valant pour tous les domaines possibles, les lois de l'ontologie formelle sont analytiques. Définissant la forme de ce qui peut être pensé, elles n'en donnent pas le contenu.

« Tandis que ceux-là [concepts tels que grandeur, partie, tout] se groupent autour de l'idée vide du quelque chose ou de l'objet en général, et sont reliés à lui par les axiomes ontologiques formels, ceux-ci [concepts tels que maison, arbre, couleur, son, espace, sensation, sentiment, etc.] s'ordonnent autour des différents genres concrets les plus généraux (*catégories matérielles*) dans lesquels sont enracinés des *ontologies matérielles*. Cette division cardinale entre la sphère ontologique « formelle » et la sphère d'essence « concrète » ou matérielle nous livre la véritable différence entre *disciplines* ou, respectivement, *lois et nécessités analytiques a priori* et celles qui sont *synthétiques a priori*. » [HUS 59] *Recherche Logique III* p. [252]

6.3.5. *Idéation et variation éidétique*

Les ontologies matérielles sont donc synthétiques. Mais il faut distinguer le synthétique propre aux idéations, produisant les essences, du synthétique propre aux idéalizations, produisant l'exactitude scientifique. Alors que le synthétique des idéations correspond à une vision du monde correspondant à ce que nous délivre une description linguistique, le synthétique des idéalizations correspond à une vision mathématique. Les idéalizations correspondent au passage à la limite des essences obtenues par idéation. L'idéation est le principe de la constitution des essences à partir de l'individuel et de leur intuition. Elle repose sur la technique phénoménologique de la variation éidétique :

« Le procédé, par lequel nous pouvons créer méthodiquement cette conscience en nous [intuition des essences], est la variation. On partira d'un objet quelconque comme « modèle » ; on le « variera » de façon totalement arbitraire. Il se révèle alors que la liberté ne saurait être absolue, qu'il y a des conditions sans lesquelles

les « variantes » ne seraient plus des variants de ce modèle, des « exemples » de la même espèce. Cet « invariant » identifié à travers les différences, définit précisément l'essence des objets de cette espèce, ce sans quoi ils seraient inimaginables, au sens d'impensables. » [TRA 92]

La variation permet l'obtention d'un noyau invariant constituant l'essence : ce noyau fixe les limites de l'identité à soi et de la différence à autrui. L'essence est obtenue par une variation fondée sur l'opposition et la différence aux plus proches voisins. Le principe de voisinage est fourni par l'imagination :

« Elle [l'opération de dégagement d'une essence] repose sur la modification d'une objectivité d'expérience ou d'une objectivité imaginée, qui en fait un exemplaire arbitraire recevant du même coup le caractère d'un « modèle » conducteur, d'un point de départ pour la production d'une multiplicité de variantes ouvertes à l'infini : elle repose donc sur une *variation*. En d'autres termes, nous nous laissons conduire par le fait pris comme modèle, et nous suivons sa métamorphose dans l'imagination pure. Il faut pour cela que des images analogues toujours nouvelles soient obtenues dans l'imagination comme images dérivées qui, dans leur concrétion totale, soient analogues à l'image originelle. Nous produisons ainsi des variantes par un libre vouloir, chacune intervenant dans le mode subjectif de « l'arbitraire », ainsi que le processus total de variation. Il apparaît alors qu'à travers cette multiplicité de figures successives il y a une unité, que dans ces variations libres d'une image originelle, par exemple d'une chose, un *invariant* reste nécessairement maintenu comme la *forme générale nécessaire*, sans laquelle quelque chose comme cette chose, prise comme exemplaire de son espèce, serait d'une manière générale impensable. Cette forme se détache à l'intérieur de l'exercice de variation volontaire, et, la nature de ce qui différencie les variantes nous restant indifférente, elle se donne comme un contenu absolument identique, un *quid* invariable selon lequel se recouvrent toutes les variantes : *une essence générale*. » *Expérience et Jugement*, p. 411. [HUS 91, p.414]

La variation opérée par l'imagination pure à partir d'un modèle fourni par l'expérience ou l'imagination pose donc un invariant qui est une essence. Cette essence correspond à ce qu'est la nature même de l'objet : « Elle se présente comme ce sans quoi un objet de cette sorte ne peut être pensé, c'est-à-dire sans quoi il ne peut être imaginé intuitivement comme tel. Cette essence générale est l'*eidōs*... » *Expérience et Jugement*, p. 411-412.

La technique de la variation permet de découvrir l'invariant en le caractérisant comme un pôle d'identité. Husserl insiste sur le fait que l'essence définie ainsi n'a rien de « métaphysique » et que l'essence est simplement une nécessité éidétique, une nécessité de la pensée. Husserl insiste également sur le fait que les différences intervenant dans la découverte de l'essence sont indifférentes : Husserl définit en quelque

sorte l'essence par un contenu positif, par des propriétés qu'elle posséderait dans toutes ses réalisations individuelles, indifféremment des différences individuelles.

Une telle conception n'est pas entièrement satisfaisante, dans la mesure où on se demande ce que peut être un tel contenu positif s'il est indifférent aux différences qui l'opposent à ce qui n'est pas lui. En effet, l'essence se détermine comme étant une « identité », s'opposant à ce titre à tout le reste. Et c'est même ainsi qu'elle se révèle par la variation : le parcours de l'imagination n'est pas totalement libre, il doit respecter cette identité de l'essence sinon elle se dissout. Ce qui revient à affirmer que l'identité se constitue sur la différence et que l'identité d'une entité ne se dégage qu'à partir des différences que cette entité entretient avec ce qui n'est pas elle. En d'autres termes, nous aimerions soutenir que les essences matérielles ne sont pas indifférentes aux différences avec ce qui n'est pas elles, dans la mesure où ce sont seulement ces différences qui permettent de constituer leur identité. En d'autres termes, nous voulons soutenir qu'une essence matérielle n'est pas une substance, mais est de nature différentielle.

Par exemple, si j'effectue une variation sur le concept de chien, je fais librement varier dans mon imagination une image de chien. Je fais défiler dans mon imagination toute sorte d'animaux familiers. Husserl affirme que l'essence de chien sera donnée par le noyau identique de toutes mes images correspondant à des chiens. Ce qui reste commun, c'est ce que je ne peux modifier sans perdre le fait qu'il s'agit d'un chien, et non par exemple d'un chat. Par conséquent, ce qui reste commun, ce sont les propriétés qui, si elles sont modifiées, me fait perdre l'identité de l'objet que je considère. Par conséquent, ces propriétés sont celles qui constituent l'essence en opposition aux autres objets, étant donné que c'est le fait qu'elles soient vérifiées qui constituent l'identité de l'essence. Si bien que le contenu de l'essence est bien une identité, mais une identité construite à partir des différences avec ce qui n'est pas l'essence visée. Ce que la variation met en évidence, ce sont les axes de détermination sur lesquels toute modification altère l'identité de l'essence.

6.3.6. *Les essences différentielles*

C'est pourquoi nous interprétons le fait que les essences matérielles ne sont pas métaphysiques, c'est-à-dire qu'elles ne renvoient pas à une Idée transcendante au sens platonicien, par le fait qu'elles sont différentielles, puisque, si elles n'ont pas une identité par transcendance, elles ne peuvent en avoir une que par différence. Nous appellerons donc *essences différentielles* les essences obtenues par idéation, c'est-à-dire par la technique de la variation eidétique.

Par ailleurs, en sémantique différentielle, dont les principes sont exposés dans le chapitre suivant, le signifié d'une unité linguistique se construit comme la position que prend cette unité dans la langue comprise comme système. Cela signifie que le

signifié se définit comme étant l'union des différences qui l'oppose à ses voisins dans le système de la langue. On ne peut être que frappé de l'identité entre la variation éidétique et la détermination différentielle du signifié linguistique. Il faut simplement noter que c'est l'imagination qui tient lieu chez Husserl du corpus permettant d'établir le système de la langue et les plus proches voisins de l'unité linguistique ou matérielle à définir. Si bien qu'il est tentant d'affirmer que les connaissances véhiculées par la langue correspondent aux essences matérielles husserliennes en faisant l'analogie entre variation éidétique dans l'imagination et commutation sémantique en corpus.

L'analogie est limitée dans la mesure où, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, une analyse linguistique menée selon des principes différentiels ne délivre pas de connaissances, c'est-à-dire d'essences matérielles. Il lui manque ce qui est nécessaire pour qu'il y ait connaissance, c'est-à-dire un rapport à l'expérience possible. Cependant, si on ajoute aux descriptions linguistiques un tel rapport, il est alors possible de retrouver la connaissance comme résultat de la variation des essences, à l'instar de la variation husserlienne.

6.3.7. *Le formel comme cadre logique du matériel*

Une question importante est de bien comprendre la relation entre le matériel et le formel. En effet, si on a bien compris jusqu'à présent comment les distinguer, il faut à présent comprendre comment les articuler. Or, pour Husserl, le matériel correspond à une instanciation du formel, et non à une spécialisation. Autrement dit, l'ontologie formelle n'est pas une ontologie générique qui encadrerait tout le réel, mais une ontologie donnant les catégories permettant de penser tout le réel. La nuance est importante : il n'existe pas d'essences qui seraient communes à tous les domaines. Mais les domaines, malgré leurs différences et leur incommensurabilité, sont pensables à travers des structures formelles identiques. Pour l'ingénierie des connaissances, cela implique qu'il est inutile de vouloir définir une ontologie de haut niveau valable pour tout le réel, où il suffirait de venir brancher au dessous les ontologies plus spécifiques propres à chaque domaine. Car une telle ontologie formelle n'est pas une ontologie de « haut niveau », mais une ontologie à part entière et indépendante, servant de cadre logique pour les ontologies du domaine. C'est donc dans cette optique que Husserl établit une subordination absolue du matériel au formel :

« Or, cette subordination du matériel au formel se déclare en ceci que *l'ontologie formelle contient en soi en même temps les formes de toutes les ontologies possibles* (entendons de toutes les ontologies « authentiques », « matérielles ») et qu'elle prescrit aux ontologies matérielles *une législation formelle commune ; ... » Ideen I [HUS 50, p. 22]*

Husserl ne met donc pas sur le même plan les ontologies formelle et matérielles. Le formel n'est pas un régime supplémentaire comme une autre. Elle est la forme de

la région, sa structure logique. Cela présuppose qu'il est possible de définir ce qu'est une forme logique indépendamment de sa matière, qu'il est possible d'établir les lois de la pensée pure indépendamment des contenus pensés.

« L'ontologie formelle semble d'abord être sur le même plan que les ontologies matérielles, dans la mesure où l'essence formelle d'un objet en général et les essences régionales semblent jouer de part et d'autre le même rôle. C'est pourquoi on sera tenté de parler, non plus comme jusqu'à présent de régions tout court, mais de régions matérielles et de leur adjoindre la « région formelle ». Si nous adoptons cette façon de parler nous ne devons pas le faire sans quelque précaution. D'un côté, nous trouvons les essences *matérielles* ; ce sont elles, en un certain sens, les *essences « authentiques »*. De l'autre côté, nous avons bien encore quelque chose de caractère éidétique, mais pourtant de nature foncièrement différente : à savoir une *pure forme éidétique*, une essence certes, mais complètement « vide », une essence qui convient à la façon d'une forme vide à toutes les essences possibles, qui, grâce à son universalité formelle, tient sous sa dépendance jusqu'aux universels matériels de plus haut degré et leur prescrit des lois en vertu des vérités formelles qu'elle implique. Ce qu'on appelle « région formelle » n'est donc pas quelque chose qui est coordonné aux régions matérielles (aux régions pures et simples) ; *ce n'est pas à proprement parler une région, mais la forme vide de région en général* ; toutes les régions, ainsi que les particularisations éidétiques d'ordre matériel qu'elles enveloppent, ne sont point à côté d'elles, mais *sous* elle (en un sens purement formel toutefois). » [HUS 50, p. 40-22]

La logique formelle est pour Husserl analytique : la pensée pure ne peut poser à elle seule les lois du réel. Néanmoins, à l'instar de la logique formelle kantienne, elle reste le *canon* des lois du réel à défaut d'en être l'*organon*. Les lois du réel devant être nécessairement pensées pour exister en tant que loi, elles doivent se conformer aux exigences de la pensée et donc respecter le canon de la logique formelle dont l'essence est d'exprimer ces exigences.

6.4. Les propositions de Guarino

Pour conclure ce chapitre, il nous paraît important de mentionner, à la suite de l'exemple prestigieux de Husserl, les travaux de Nicola Guarino. Car c'est à notre connaissance l'un des seuls spécialistes contemporains des ontologies à ne pas commettre de contresens sur le contenu et le statut de l'ontologie formelle. En effet, pour lui, cette dernière n'est pas une ontologie de haut niveau, mais un ensemble de contraintes que les contenus d'une ontologie matérielle doivent respecter pour rester pensables et cohérents. Autrement dit, l'ontologie formelle n'est pas une connaissance particulière d'un domaine donné, mais un critère pour le penser de manière cohérente.

L'objectif des propositions de Guarino est de proposer une ontologie de haut niveau, fondée sur l'ontologie formelle, fournissant un cadre sémantique pour tous les

domaines possibles. Cette ontologie formelle a pour but de spécifier les contraintes que doivent respecter les notions pour être intégrées dans une ontologie. Par exemple, on peut disposer d'un cadre ontologique formel qui spécifie que :

- une substance est un prédicat qui qualifie un objet de manière invariable quel que soit le monde possible considéré. En gros, $P \rightarrow \Box P$. Une pomme est une pomme dans tous les mondes possibles considérés, si on décide que c'est une substance ;
- une propriété, un rôle peuvent varier d'un monde possible dans un autre. Ainsi, dans le monde réel, on dira qu'un chiot n'est pas forcément encore un chiot dans un autre monde, mais il reste un chien. C'est pourquoi la notion de chien est une substance et celle de chiot est une propriété, et non une substance.

Le point important est que la réflexion ontologique menée par Guarino mobilise la sémantique dénotationnelle pour spécifier le contenu des objets formels (substance, rôle, tout, partie, etc.). Autrement dit, la contrainte introduite par l'ontologie formelle se traduit par des propriétés que doivent vérifier les référents des notions matérielles définies.

Dans ses récents articles, Guarino propose de clarifier ou « nettoyer » la structure des ontologies en utilisant ce qu'il appelle des « méta-propriétés » qui servent à contraindre la relation de spécialisation entre des concepts. Par exemple, on affirme qu'une propriété Φ ne peut spécialiser une propriété Ψ si Φ est antirigide et que Ψ est rigide. Par rigidité, il faut entendre la métapropriété suivante : Φ est une propriété rigide si elle est nécessaire pour toutes ses instances. Elle est non rigide s'il existe une instance pour laquelle elle n'est pas nécessaire, et antirigide si, pour toutes ses instances, elle n'est pas nécessaire :

Rigidité	Φ^{+R}	$\forall x \Phi(x) \Rightarrow \Box \Phi(x)$
Non rigide	Φ^{-R}	$\exists x \Phi(x) \wedge \neg \Box \Phi(x)$
Anti rigide	$\Phi^{\sim R}$	$\forall x \Phi(x) \Rightarrow \neg \Box \Phi(x)$

On dira ainsi que la propriété « être humain » est rigide : si x est un être humain, alors il l'est dans tous les mondes possibles, sinon ce n'est plus le même x . « étudiant » est antirigide : pour tout x qui est un étudiant il existe un monde où ce même x n'est pas un étudiant. Enfin, « grand » est une propriété non rigide : si x est grand, il peut exister un monde où il ne l'est plus, tout comme des x restent grands dans tous les mondes possibles. Dans ce contexte, on ne peut avoir une propriété rigide qui soit subsumée par une propriété antirigide. Supposons que :

$$\forall x \text{EtreHumain}^{+R}(x) \Rightarrow \text{Etudiant}^{\sim R}(x)$$

Tous les x qui sont des êtres humains, le sont dans tous les mondes possibles. Mais, dans chaque monde possible, un x qui est un être humain est également un étudiant, puisque *Etudiant* est une classe générique de *EtreHumain*. Par conséquent, *Etudiant* serait rigide pour les x qui sont des êtres humains. Or, *Etudiant* est anti-rigide : pour tous les x qui sont des étudiants, il existe un monde où il ne l'est pas. Ce qui implique une contradiction.

C'est ainsi que Guarino propose plusieurs métapropriétés : la rigidité, l'identité (le fait de disposer d'une propriété permettant de distinguer une instance d'une autre), l'unité (le fait de faire partie d'un tout) et la dépendance (le fait pour une instance x de n'exister qu'accompagnée d'une instance qui n'est pas une partie ou un constituant de x). Les contraintes entre ces métapropriétés contraignent la subsomption entre les propriétés qui les portent. Ainsi, l'ontologie formelle exprimée par les métapropriétés contraint les relations entre les notions du domaine (ontologie matérielle).

6.5. Conclusion

L'ontologie formelle constitue l'enjeu majeur de la modélisation ontologique, dans la mesure où elle fournit le cadre formel, le cadre logique, dans lequel expliciter des concepts et les formuler dans une forme exploitable logiquement. L'ontologie formelle reflète les nécessités de la pensée et les contraintes qu'il faut respecter pour que le concept d'un domaine puisse avoir un contenu effectif et ne pas encourir de risque d'incohérence ou de contradiction.

Une question importante reste l'unicité ou non de l'ontologie formelle. Si elle se définit comme la contrainte issue de l'exercice de la pensée sur ce qui est pensable, indépendamment de ce qui est pensé, il en résulte qu'elle est nécessairement unique puisque la pensée est une. C'est notamment la posture husserlienne et celle de la plupart des travaux contemporains sur le sujet. Cependant, si on considère, ainsi que nous l'avons suggéré dans la première partie, que l'exercice de la pensée est conditionné et suscité par les conditions techniques de son exercice, l'ontologie formelle qui explicite la forme de la pensée doit refléter également ces conditions. Autrement dit, l'ontologie formelle n'est plus nécessairement unique et peut dépendre du domaine étudié et du type de travail intellectuel mené.

L'ontologie formelle telle qu'Husserl l'a pensée reflète essentiellement une pensée structurée par l'écrit, loin des possibilités de la pensée dynamique et en réseau que rend possible le calcul. On peut penser que d'autres catégories formelles devront émerger pour prendre en compte les nouvelles formes de raisonnement et les nouveaux types de concepts manipulés.

Par ailleurs, si l'ontologie formelle reste la clef de la cohérence, elle ne permet pas de trouver les concepts ni de les décrire. Elle est davantage un critère qu'une méthode,

une contrainte qu'un guide. Il demeure donc le problème de pouvoir remplir ce cadre logique et de définir une démarche ou mieux, une méthode, pour trouver les concepts d'une ontologie, les expliciter et les formuler. Ce sera le propos du chapitre suivant qui propose une méthodologie en ce sens.

Chapitre 7

Pratiques ontologiques

La justification du choix d'un concept et de sa modélisation sémantique repose sur deux étapes essentielles. D'une part, il faut préciser le contenu du concept, ce qu'il signifie dans les termes du domaine. On s'appuie généralement sur les connaissances du domaine telles qu'elles sont linguistiquement exprimées par les spécialistes, à travers leurs échanges et productions orales ou écrites. D'autre part, il faut préciser comment les représenter formellement et dégager les contraintes auxquelles elles sont soumises. Ainsi, on dira que « bactérie » désigne un organisme biologique particulier pouvant engendrer des pathologies. Et on précisera qu'il s'agit d'une substance, si bien que toute formalisation devra respecter les contraintes en résultant. Dans le premier cas, on modélise une ontologie matérielle ou différentielle, car on précise le contenu de la connaissance (sa matière) en s'appuyant sur ce que nous en dit la langue, c'est-à-dire de manière différentielle (car les sémantiques de la langue sont souvent caractérisées comme étant différentielles depuis Saussure). Dans le second cas, on modélise une ontologie formelle, car on précise la forme de la connaissance et les contraintes qui en découlent.

Selon l'état de l'art, une ontologie est la représentation formalisée dans un langage logique de représentation des concepts d'un domaine et des relations les articulant. Le langage logique habituellement adopté, et qui est à la base par exemple du langage OWL (Ontology Web Language) élaboré et proposé par le W3C, est celui des logiques de description, appelées parfois logiques terminologiques. La formalisation permet d'obtenir une structure de concepts où chaque concept possède une sémantique définie de manière extensionnelle comme la référence à un ensemble d'individus dans un domaine d'interprétation. Autrement dit, l'état de l'art propose de concevoir les ontologies comme des ontologies référentielles, c'est-à-dire des ontologies où les concepts et les relations sont définis sémantiquement de manière référentielle. Des outils ont été proposés pour faciliter l'expression et la formalisation des ontologies référentielles, le plus connu, et semble-t-il le plus utilisé, étant PROTEGE.

Cependant, cette conception formelle des ontologies ne précise pas comment obtenir les concepts ni comment déterminer leur signification. Si l'état de l'art dit comment formaliser la sémantique, et selon quelles contraintes, il ne dit pas comment déterminer la sémantique. La détermination de la sémantique s'effectue selon deux points de vue : le contenu du concept, ce que l'on veut dire à travers ce concept, et la forme logique de ce concept, c'est-à-dire les contraintes qu'il faut respecter lors de son usage.

Le contenu du concept est dégagé à partir des informations obtenues du domaine, en particulier à partir des documents et des entretiens avec des spécialistes. C'est l'étude linguistique de ces matériaux qui permet d'induire une structure conceptuelle reflétant les notions en cours dans un domaine. Cette structure conceptuelle est organisée selon des principes linguistiques, suivant en cela le format linguistique sous lequel les connaissances sont accessibles. Ces principes linguistiques, de nature différentielle selon la théorie sémantique utilisée ici, indiquent comment organiser les concepts dans l'ontologie et comment expliciter le contenu de chaque concept. C'est la méthodologie ARCHONTE, que nous avons développée, qui permet cette mise en forme.

Cette méthodologie vient en amont et en complément des travaux portant sur les ontologies formelles et la formalisation des connaissances. Alors que ces derniers permettent d'élaborer des ontologies que nous appelons référentielles, car constituées de concepts compris comme des prédicats logiques pourvus d'une sémantique extensionnelle (référentiels), ARCHONTE permet de construire des systèmes de concepts pourvus d'une sémantique différentielle. La difficulté est alors d'intégrer ces approches et de passer des ontologies différentielles aux ontologies référentielles.

L'enjeu est de passer de la forme linguistique des connaissances, tirées des corpus et du domaine, à la forme logique permettant son exploitation informatique. L'ontologie formelle permet ce passage en donnant la forme sous laquelle penser telle ou telle notion de l'ontologie différentielle et les contraintes logiques associées. L'ontologie formelle in-forme l'ontologie matérielle (différentielle) pour en faire une ontologie formalisée, l'ontologie référentielle habituellement requise par les systèmes à base de connaissances et proposée par l'état de l'art.

7.1. La méthodologie ARCHONTE

Cette section présente notre méthodologie, ARCHONTE, pour ARCHtecture for ONTOlogical Elaborating, pour élaborer des ontologies. Construire une ontologie consiste dans l'établissement d'un ensemble de primitives dont la signification sera établie relativement à un modèle de la réalité. La difficulté sera par conséquent de savoir comment se mettre à la leçon du réel pour en tirer un modèle, et sous quelle forme exprimer le modèle obtenu. La méthode retenue consiste à partir de l'expression linguistique des connaissances pour proposer une modélisation linguistique, l'ontologie différentielle, que l'on formalise en un modèle formel, l'ontologie référentielle, qui s'opérationnalisera en une ontologie computationnelle (voir figure 7.1).

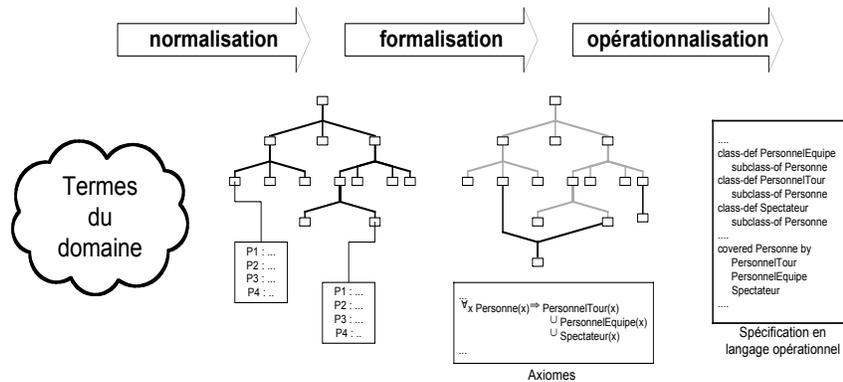


Figure 7.1. Représentation globale de la méthodologie, depuis l'expression linguistique du domaine dont on extrait les termes candidats aux concepts formalisés à l'aide de langages informatiques opérationnels permettant d'associer des traitements formels aux concepts modélisés

7.1.1. Connaissances, documents et ontologies

Les ontologies correspondent aux catégories et termes permettant de penser un domaine et d'exprimer les connaissances que l'on a sur lui. Par ailleurs, construire une ontologie n'est pas se substituer aux sciences étudiant un domaine particulier et élaborant des connaissances à son endroit. La conception d'ontologie est une organisation et rationalisation des connaissances, non une recherche sur la structure du réel. Par conséquent, il faut partir de l'observation des connaissances mises en œuvre par les praticiens d'un domaine pour les modéliser et dégager leur structure. *Ainsi, si la métaphysique cherche les structures fondamentales du réel comme un tout, les ontologies, telles que nous les abordons ici, doivent modéliser les structures des connaissances.* Les ontologies ont un lien indirect avec la structure du réel, dans la mesure où les connaissances la reflètent dans leur formulation. Mais, insistons-y, modéliser une ontologie n'est pas modéliser le monde, et s'il faut plonger les ontologies dans un univers philosophique, ce sera davantage dans celui de l'épistémologie des sciences, la rhétorique des discours scientifiques et l'herméneutique du sens que la métaphysique.

Comment se manifestent les connaissances ? De multiples façons, mais avec un mode privilégié : l'expression linguistique. A travers les documents, les verbalisations, les traces écrites diverses et variées que l'on peut rassembler, on obtient une manifestation empirique des connaissances telles qu'elles sont exprimées dans une pratique. Les documents textuels peuvent être rassemblés en corpus, selon des critères explicites, pour étudier quelles sont les traces linguistiques manifestant des concepts ou connaissances.

En effet, la langue permet d'extérioriser la pensée, de l'explicitier et de la partager, et du mot au concept, le chemin n'est pas si long, à tel point que souvent le premier tient lieu du second. Cependant, l'analyse sémantique du contenu permet, par l'interprétation des formes signifiantes, d'explicitier ce qui est exprimé. L'objectif est donc de pouvoir mener cette analyse.

L'hypothèse habituellement adoptée pour cela est que la structure conceptuelle d'une connaissance se manifeste dans une stabilité morpho-syntaxique de son expression : la cohérence et la permanence étant constitutive de la connaissance comme telle, toute formulation récurrente sera l'indice qu'elle exprime une connaissance. Différents travaux se sont attachés à repérer dans les documents textuels de telles formes pour isoler et extraire des unités linguistiques qui correspondent à des connaissances particulières et dignes d'intérêt. Ces travaux sont nombreux, et un certain nombre émanent du groupe Terminologie et Intelligence Artificielle¹ auquel nous avons participé à ses débuts. C'est un domaine actif de recherche aujourd'hui, mêlant les préoccupations de l'extraction d'information et de la modélisation des ontologies (voir encadré 7.1).

Les outils du traitement automatique de la langue naturelle et de la linguistique de corpus permettent de repérer les unités linguistiques potentiellement pertinentes, dans la mesure où elles expriment une connaissance du domaine. La difficulté est ensuite de modéliser cette connaissance à partir de cette caractérisation linguistique. Ce sera l'objet de la normalisation sémantique dont le résultat est l'ontologie différentielle.

7.1.2. *Ontologie différentielle*

Si les textes constituent bien un accès privilégié quoique non exclusif aux connaissances, caractériser quelles connaissances sont exprimées par un document et les concepts correspondants n'est pas une chose aisée. Les outils d'extraction terminologiques proposent des unités linguistiques dont les propriétés lexico-syntaxiques et distributionnelles laissent supposer qu'elles sont des expressions d'un contenu précis du domaine. Ces unités seraient alors l'expression d'un concept du domaine : cette

1. <http://tia.loria.fr/>

Alors que la *recherche d'information* consiste à retourner des documents en réponse à une requête d'un utilisateur, l'*extraction d'information* consiste à extraire des documents l'information permettant de répondre à une question de l'utilisateur. L'extraction d'information exige des traitements linguistiques plus élaborés que la recherche d'information qui mobilise les techniques d'indexation traditionnelles. Cependant ces deux domaines se rapprochent dans la mesure où pour mieux répondre aux requêtes d'un utilisateur, la recherche d'information non seulement retourne un document mais tend également à expliciter en quoi le document répond à la requête, si bien qu'elle explicite l'information pertinente et l'extrait du document.

L'extraction d'information repose sur deux approches essentielles [BAC 03] : on structure les unités linguistiques en fonction de la distribution de leurs contextes en corpus [BOU 94, BOU 02] ou on se fonde sur l'extraction de relations entre termes par la définition de marqueurs lexico-syntaxiques [HEA 92, SÉG 01]. Par exemple, l'unité linguistique « sténose de l'artère » sera repérée car « sténose » est dans le contexte d'« artère » et de « vaisseau » qui constituent ses *expansions*, et « artère » est dans le contexte de « sténose » et de « dilatation » (dilatation de l'artère), qui constituent ses têtes. Selon l'autre approche, on repérera cette unité car elle obéit à la structure « < Nom > de < Nom > ».

La première approche suit l'idée de [HAR 68], à savoir que des unités linguistiques qui partagent leur distribution (l'ensemble des contextes dans lesquels elles apparaissent) ont des éléments de sens en commun. Repérer ces unités permet de présenter à un spécialiste du domaine des ensembles d'éléments terminologiques possédant une parenté sémantique. Ces regroupements sont une première étape de la modélisation ontologique, à partir de laquelle on peut amorcer différents processus, comme le propose [BOU 00] (voir figure 7.2). Cette approche est en général dédiée à l'exploration de corpus volumineux, pour en extraire des termes spécialisés entretenant une relation sémantique, car elle se fonde sur la récurrence (« redondance ») des associations entre mots.

La deuxième méthodologie est basée sur la définition *a priori* d'une relation, puis sur l'observation de sa réalisation en corpus afin d'en schématiser le contexte lexical et syntaxique. Cette schématisation constitue un patron lexico-syntaxique (LS) et permet d'extraire du corpus des couples de mots vérifiant cette relation. L'avantage de cette approche est que, étant ciblée sur le contexte lexico-syntaxique, elle reste efficace sur des corpus de petite taille.

Encadré 7.1. *Extraction d'information et linguistique de corpus*

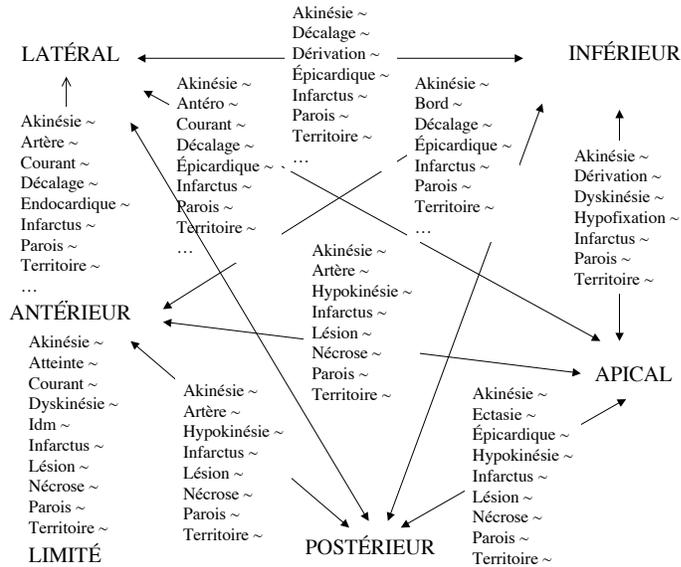


Figure 7.2. En utilisant une méthode fondée sur l'analyse de la distribution des unités dans des contextes partagés, on extrait la clique suivante, où les arcs indiquent les contextes partagés par les nœuds qu'ils relient. On voit ainsi que dans le contexte commun d'« apical » et d'« antérieur », on a un paradigme, i.e. une classe de substitution, constituée de « Akinésie, Artère, Hypokinésie, ..., Territoire ». Ces termes sont donc probablement pertinents dans le corpus étudié, en l'occurrence celui du projet MENELAS [ZWE 95b]. La figure est extraite de [BOU 00].

expression étant stable puisqu'elle a pu être extraite, on peut considérer cette unité comme un concept. Cependant, deux difficultés doivent être surmontées :

Toute unité linguistique est interprétable : adopter comme un concept un libellé linguistique attesté dans un domaine n'est pas suffisant. En effet, le propre de la langue est de permettre la variabilité interprétative en fonction du contexte si bien que, confronté à ce libellé, tout praticien du domaine sait l'interpréter sans toujours l'interpréter de la même manière, selon le contexte dans lequel il a affaire à cette expression. Il ne suffit donc pas de détecter qu'un libellé exprime une connaissance, il faut établir laquelle.

Aucune unité linguistique n'est une primitive : Les ontologies sont constituées de primitives, c'est-à-dire d'unités définies indépendamment les unes des autres, et à partir desquelles toutes les expressions du langage de représentation des

connaissances pourront être constituées. Être une primitive, c'est posséder une signification non contextuelle permettant par composition de déterminer la signification des formulations l'employant. Or, aucune unité de la langue ne peut être définie indépendamment d'une autre : elle ne peut être définie qu'en fonction des unités proches d'elle dans le système de la langue d'une part, et proches d'elle dans les usages étudiés d'autre part. Toute unité linguistique possède une signification contextuelle et aucune ne peut être reconnue comme première vis-à-vis d'une autre. Ce qui implique qu'un libellé linguistique, sans autre détermination, ne peut être considéré comme une primitive, autrement dit comme un concept ontologique.

Pour passer des unités linguistiques extraites pour leur régularité, distributionnelle et/ou lexico-syntaxique, à des concepts ontologiques primitifs, il faut, d'une part, dégager la signification des unités extraites et, d'autre part, la déterminer suffisamment précisément pour définir un concept primitif, possédant une signification non contextuelle. Pour dégager la signification, nous nous appuyons sur la sémantique générale de F. Rastier [RAS 87, RAS 94] et adoptons le paradigme différentiel². Pour déterminer cette signification en concept primitif, nous proposons la notion de « normalisation sémantique ».

La sémantique différentielle détermine le signifié des unités linguistiques en termes de traits différentiels. De manière théorique, un trait différentiel est l'extrémité d'une relation binaire d'opposition ou d'identité, que l'on appelle *sème*. On définit ainsi plusieurs types de sèmes. Les sèmes génériques attestent l'appartenance d'une unité à une classe. Les sèmes génériques sont des traits de signification possédés par plusieurs unités. Cette commune possession détermine une classe définie par ces traits. Par exemple, les scalpels et les bistouris sont des instruments permettant d'inciser la peau. Les sèmes spécifiques déterminent les différences permettant de distinguer les unités linguistiques appartenant à une même classe. Ainsi, un scalpel n'est pas la même chose qu'un bistouri, car il est pour les morts et le bistouri pour les vivants ; l'un est un instrument chirurgical (bistouri), l'autre un instrument de dissection (scalpel). Il existe d'autres types de sèmes. Ce sont en particulier les sèmes inhérents et afférents, les premiers étant des sèmes attribués par défaut à un terme, mais éventuellement contredits par le contexte, comme par exemple dans « la merlette blanche » où le trait inhérent de noirceur des merles est annulé par le contexte : les seconds étant des sèmes attribués par ce même contexte.

2. D'autres paradigmes proposent des voies pour étudier la sémantique (voir encadré 7.2). Cependant, seul le paradigme différentiel permet de décrire adéquatement le sens attesté des termes extraits sans préjuger d'une métaphysique du monde ou d'une théorie cognitive de l'esprit.

Plusieurs paradigmes se présentent dès lors que l'on veut caractériser la sémantique des langues :

Le paradigme référentiel, qui associe à chaque unité linguistique une référence prise dans un univers donné ; la référence peut être un objet (référence extensionnelle) dans un univers d'individus ou un concept (référence intensionnelle) dans un univers abstrait ; comprendre un mot, c'est trouver l'objet ou le concept qui lui correspond.

Le paradigme psychologique, qui associe à chaque unité linguistique une représentation psychologique ou une « image » mentale ; comprendre un mot, c'est s'en faire une représentation.

Le paradigme différentiel, qui associe à chaque unité linguistique les unités voisines en langue (celles qui sont utilisées en même temps qu'elle dans les contextes d'usage) pour la définir par les identités et différences qu'elle entretient avec ses voisines.

Les **paradigmes référentiel et psychologique** sont extralinguistiques dans la mesure où ils associent une unité linguistique avec une entité non linguistique (objet ou représentation). Cela pose le problème de définir ce que sont les objets ou les représentations associés aux unités linguistiques. Cela entraîne la linguistique soit dans une ontologie (au sens philosophique) où il faut définir les objets du monde, soit dans la gnoséologie (théorie de la connaissance et de la cognition) où il faut définir ce que sont les représentations psychologiques associées à la compréhension linguistique. Au lieu d'assigner un domaine précis et autonome à la linguistique pour la pourvoir ensuite d'une théorie, les paradigmes référentiel et psychologique plongent la linguistique dans des problèmes plus vastes qui remettent à un horizon indéterminé la détermination d'un objet et d'une méthode. La linguistique n'est pas une théorie de l'Être ni une théorie de la connaissance et n'a pas à l'être, contrairement à ce qu'affirment par exemple la philosophie analytique ou formelle d'une part, et les sciences cognitives d'autre part. Le **paradigme différentiel est intralinguistique** : il définit une unité linguistique par d'autres unités linguistiques. Les différences et identités entre unités sont définies dans la langue et peuvent être décrites à partir d'un corpus qui atteste l'usage et définit les voisins en contexte.

Encadré 7.2. Les différents paradigmes pour une sémantique

La caractérisation des sèmes permet ainsi de déterminer le signifié des unités employées dans un contexte donné. Mais on voit par exemple qu'une même unité ne possédera pas toujours le même signifié selon que le contexte annule ou non ses sèmes inhérents et active ou non des sèmes afférents. Par conséquent, la description sémantique selon le paradigme différentiel permet de décrire le fonctionnement en corpus des libellés de concept, mais pas de dégager des primitives. Pour cela, il faut donc passer d'une *description* contextuelle à la *détermination* de signifiés non contextuels.

La détermination de signifiés non contextuels est une normalisation sémantique : on fixe parmi les significations possibles que peut recevoir une unité en contexte celle qui doit être à chaque fois associée. Cela revient en fait à choisir un contexte de référence dans lequel par principe les termes doivent s'interpréter. C'est dans ce contexte que l'attribution des sèmes s'effectue. Autrement dit, il s'agit d'annuler l'effet du contexte : les sèmes inhérents ne peuvent plus s'annuler, les sèmes afférents ne doivent pas s'activer. On retrouve ainsi les conditions d'une sémantique pour laquelle les unités signifient toujours la même chose quels que soient les énoncés qui les contiennent. Ce qui n'est donc pas vrai d'un point de vue linguistique doit être imposé par la normalisation sémantique.

La normalisation linguistique est le choix d'un contexte de référence, celui de la tâche ou du problème qui motive l'élaboration d'une représentation formelle des connaissances. Le point de vue de la tâche permet au modélisateur de fixer quelle doit être la signification de l'unité linguistique considérée.

Quelle méthodologie suivre pour effectuer la normalisation sémantique ? La difficulté est que les choix effectués pour chaque unité soient cohérents entre eux et permettent de construire un système de représentation. C'est là le rôle d'une méthodologie. La méthodologie que nous proposons ici repose sur l'organisation générale des unités en un réseau d'identités et de différences. Ce sont les propriétés structurales de ce réseau qui permettent de contraindre l'interprétation des unités définies dans le réseau : la position d'une unité dans le réseau prescrit comment la comprendre et lui prescrit une signification qui pourra dès lors lui être associée, quel que soit le contexte où elle se rencontre.

7.1.2.1. *La structuration globale : l'arbre ontologique*

La sémantique différentielle permet de décrire les unités entre elles par les identités qui les unissent et les différences qui les distinguent. Or, les unités décrites partagent toutes le fait d'être comparables entre elles : elles partagent le fait de dire ou d'être quelque chose pour que l'on puisse déterminer dans un second temps qu'elles ne sont pas la même chose. Par conséquent, toutes les unités se déterminent à partir d'une unité générique ultime, une unité racine, à laquelle elles appartiennent.

Par ailleurs, toutes les unités se déterminent, d'une part, par l'unité générique à laquelle elles appartiennent et, d'autre part, par les différences qui les distinguent. Cela signifie que le réseau des unités est un réseau d'héritage de propriétés où les unités filles héritent des sèmes d'une unité générique mère.

La question qui se pose alors est de savoir quelle peut être la structure d'un tel réseau d'héritage. En fait, la structure ne peut être qu'arborescente. Supposons en effet qu'une unité U ait plusieurs unités parentes directes, disons deux. Ces deux unités parentes sont distinctes, elles se déterminent par identités et différences entre elles.

Si elles ne se caractérisent que par les identités qu'elles possèdent l'une avec l'autre, cela implique que l'une est générique par rapport à l'autre et donc que l'une seulement des deux est une parente directe. Elles se caractérisent donc par les oppositions qui les distinguent. Cela implique qu'elles se déterminent par des propriétés ou traits mutuellement exclusifs : par exemple, que le scalpel est pour les morts, c'est-à-dire pas pour les vivants (bistouri). Si ces unités sont parentes directes de U, U doit hériter de ces propriétés mutuellement exclusives. Ce qui est contradictoire : par exemple, un instrument qui hérite de scalpel et bistouri doit vérifier le fait d'être pour les vivants et pas pour les morts, et pour les morts et pas pour les vivants. Par conséquent, une même unité ne peut avoir qu'une et une seule unité parente. Le réseau doit donc être un arbre.

Ce constat établi sur des principes théoriques s'effectue également sur des bases plus pratiques et méthodologiques. En effet, on peut reformuler la nécessité d'avoir une ontologie arborescente de la manière suivante : (i) l'objectif d'une ontologie est de déterminer des libellés linguistiques non ambigus pouvant servir de primitives de modélisation ; (ii) un libellé possédant plusieurs nœuds pères sera ambigu dans la mesure où chaque père est un point de vue permettant d'interpréter le nœud considéré ; plusieurs pères impliquent donc une pluralité d'interprétations possibles et, par conséquent, une indétermination et une indécidabilité du contenu du nœud considéré. Prenons par exemple le concept de *centaure*, qui correspond d'une part à un *homme* et d'autre part à un *cheval*. Le fait d'être un homme pour un objet implique dans sa notion, par exemple, le fait d'être bipède, et le fait d'être un cheval d'être quadrupède. Par conséquent, que faut-il en conclure pour la notion de centaure : un centaure sera-t-il bipède ou quadrupède ? Aura-t-il quatre membres (c'est un cheval ou un homme) ou six (c'est un homme *et* un cheval) ? La lecture qu'il faut faire de la notion de centaure est ambiguë et dépend du point de vue adopté, celui de cheval ou d'humain.

Cependant, le fait d'imposer une structure arborescente paraît souvent artificiel et exagérément contraint car cela heurte directement le sentiment qu'une notion se construit par la combinaison de plusieurs autres, qui constituent par conséquent autant de concepts « pères ». Le principe d'une arborescence n'est pas d'interdire la combinaison de traits sémantiques pour déterminer le contenu d'un concept à définir, mais de fixer un point de vue particulier pour lever les ambiguïtés.

Pour comprendre comment la structure arborescente permet d'éclaircir une notion sans la contraindre artificiellement, on peut mobiliser un raisonnement fondé sur une reformulation de l'analyse différentielle que nous préconisons en termes de mondes possibles, c'est-à-dire en mobilisant une analyse intensionnelle des contenus. En effet, comme nous l'avons souligné, les ontologies doivent permettre de structurer les significations ou points de vue intensionnel de manière à viser les différentes extensions d'individus que l'on pourra associer aux concepts ainsi dégagés. On pose :

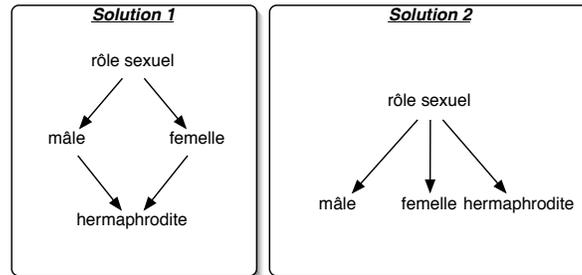


Figure 7.3. Structurer les significations : la solution 1 propose une vision en treillis, mais l'analyse intensionnelle montre que hermaphrodite ne possède pas de véritable signification et correspond à un concept défini. En revanche, la solution 2 permet d'associer à hermaphrodite une signification originale, articulée à mâle et femelle sans s'y réduire.

– deux concepts sont intensionnellement différents s'il existe au moins un monde possible dans lequel ils ne possèdent pas une même extension. Autrement dit, il n'y a pas de jugement analytique permettant de dire que les deux concepts sont identiques ;

– le fait qu'il existe un tel monde signifie que, en s'appuyant sur ce que nous comprenons par ces concepts, rien ne s'oppose à ce que nous imaginions un monde où ils ne seraient pas confondus. Autrement dit, interdire un tel monde reviendrait pour nous à opérer un glissement de sens qui serait compris alors comme faisant violence à l'acception visée du concept ,

– cette caractérisation fait la synthèse entre plusieurs manières de comprendre les relations analytiques entre les concepts. Selon l'acception kantienne, une relation analytique entre concepts correspond au fait que l'un est compris dans la définition de l'autre. Dire dans ce cas qu'« A est un B » n'ajoute rien à A, car dans le concept de A (sa définition) est compris le fait qu'il soit un B. Quand on dit alors qu'on ne peut imaginer un monde dans lequel les deux concepts soient distincts, cela revient à dire qu'en reposant sur l'acception et la définition de ces concepts, il nous est impossible de bâtir un tel monde. Appelons cette analyticité « analyticité par la définition ». Selon l'acception bolzaniennne (reprise par Quine), un jugement analytique est un jugement dont la valeur de vérité ne change pas si on se livre à des substitutions dans les termes du jugement : « A est A » est un jugement analytique car quel que soit ce que je mets à la place de A, j'aurais toujours ce jugement vrai. Ainsi, pour notre problème, le jugement « A est un B dans le monde W » reste vrai quel que soit le monde W considéré, c'est-à-dire quel que soit le contexte du jugement.

Dans ce cadre, on peut reformuler le fait que le réseau sémantique intensionnel est un arbre. Supposons que l'on ait trois concepts : mâle, femelle, hermaphrodite. La question est de savoir s'il faut construire le réseau selon les deux solutions indiquées par la figure 7.3.

On peut analyser le problème ainsi : ces concepts sont trois valeurs possibles pour la propriété « sexe » d'un animal sexué ; ces valeurs semblent apparemment mutuellement exclusive, on ne peut être mâle et femelle à la fois. Mais comment considérer hermaphrodite ?

En raisonnant en mondes possibles, le choix est alors le suivant. *Mâle* et *Femelle* sont des concepts différents car il existe des mondes possibles dans lesquels ils n'ont pas la même extension. Si on a un concept héritant de ces deux concepts, cela signifie que ce concept doit hériter des propriétés constituant ses pères : dans tous les mondes possibles où x est un *hermaphrodite*, x doit être *mâle* et *femelle*. Par conséquent, *hermaphrodite* n'est que la conjonction (intersection) des concepts de mâle et femelle et *intensionnellement, n'ajoute rien*. Il suffit alors de le considérer comme un concept défini, introduit dans l'ontologie référentielle, comme un moyen commode de désigner des objets qui sont à la fois des *mâles* et des *femelles*.

Si en revanche, le concept *hermaphrodite* est posé comme un concept frère des concepts de *mâle* et *femelle*, on insiste sur le fait que la notion d'*hermaphrodite* est bien un concept à part entière, qui justifie donc une place distincte dans l'ontologie. Cela signifie qu'il existe un monde possible dans lequel le concept d'*hermaphrodite* ne recoupe pas celui de *mâle* ou de *femelle*. Ce qui justifie en fait qu'un tel concept existe.

7.1.2.2. La structuration locale : les principes différentiels

Dès lors que la structure du réseau est un arbre, il devient aisé de déterminer la signification que doit posséder une unité en fonction de sa position dans l'arbre. En effet, selon le paradigme différentiel que nous avons adopté, la signification d'un nœud se détermine en fonction de ses plus proches voisins. Or, dans un arbre, les plus proches voisins sont d'une part l'unité parente et d'autre part les unités sœurs. Il faut donc déterminer la signification d'un nœud en fonction de son parent et de ses frères. On définit pour cela quatre principes fondamentaux, les principes différentiels, qui imposent d'explicitier en fonction des voisins les identités et différences qui définissent le nœud. Ces principes sont (voir également figure 7.4) :

Le principe de communauté avec le père : toute unité se détermine par l'identité qu'elle possède avec l'unité parente. Il faut expliciter en quoi l'unité fille est identique à l'unité parente. C'est, *mutatis mutandis*, le principe aristotélien de définition par le genre proche.

Le principe de différence avec le père : toute unité se distingue de l'unité parente, sinon il n'y aurait pas lieu de la définir. Il faut donc expliciter la différence qui la distingue de l'unité parente. C'est, *mutatis mutandis*, le principe aristotélien de définition par la différence spécifique.

Le principe de différence avec les frères : toute unité se distingue de ses frères sinon il n'y aurait pas lieu de la définir. Il faut donc expliciter la différence de l'unité avec chacune des unités sœurs. Ce principe n'est pas aristotélicien, mais provient du paradigme différentiel choisi.

Le principe de communauté avec les frères : toutes les unités filles d'une unité parente possèdent par définition un même trait générique, celui qu'elles partagent avec l'unité parente. Mais il faut établir une autre communauté entre les unités filles ; c'est celle qui permet de définir des différences mutuellement exclusives entre les unités filles. Par exemple, l'unité parente est « être humain » et les unités filles sont « homme » et « femme ». Ces unités partagent le fait d'être des humains. Mais cette propriété ne permet pas de définir en quoi sont différents les hommes et les femmes. On choisit alors comme principe de communauté la sexualité, où l'on peut attribuer à « homme » le trait masculin et à « femme » le trait féminin. Ces deux traits sont mutuellement exclusifs car ce sont deux valeurs possibles d'une même propriété.

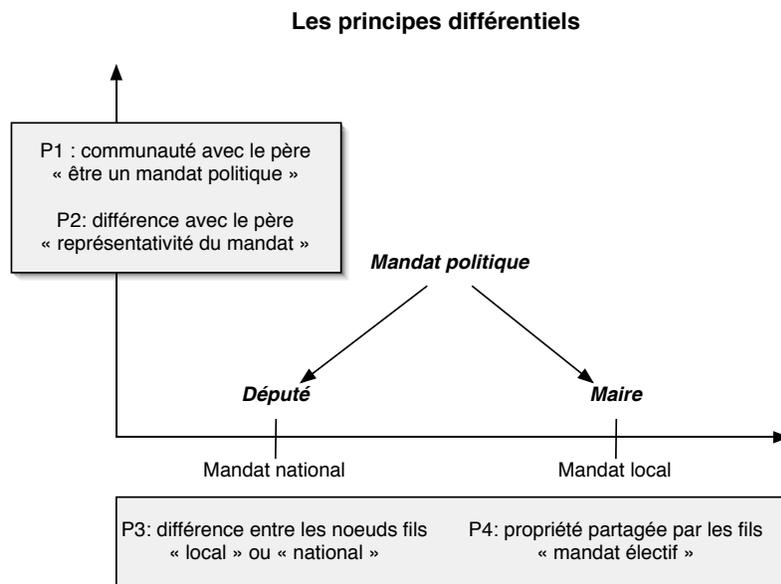


Figure 7.4. Les principes différentiels : comment expliciter le sens des concepts primitifs obtenus grâce à la normalisation sémantique en suivant quatre principes

Le dernier principe n'a pas exactement la même utilité que les trois autres. En fait, il n'intervient que pour rendre le 3^e principe possible. Il repose sur le fait qu'il

ne suffit pas de poser des propriétés différentes pour caractériser les différences des unités filles, mais qu'il faut savoir en quoi elles sont différentes.

7.1.2.3. *Concepts et relations*

Nous venons de préciser comment définir des concepts. Ces concepts se définissent en termes d'identités et de différences, c'est-à-dire en termes de relations. Les relations doivent également être définies dans l'ontologie. Cependant, elles ne se définissent pas de la même manière que les concepts, car, unissant des concepts, elles se caractérisent à partir d'eux. Si l'on ne retient que des relations binaires, les relations se définissent de la manière suivante :

- une relation se définit par les concepts qu'elle relie : par exemple, « être animé » et « action » ; ces concepts constituent la signature sémantique de la relation ;
- elle se définit en outre par un contenu sémantique intrinsèque articulant les deux concepts : par exemple, le fait que l'être animé est l'agent de l'action. La sémantique intrinsèque de la relation est spécifiée vis-à-vis des autres relations possédant la même signature sémantique selon les principes différentiels vus plus haut. Par exemple, la relation « patient » entre être animé et action se définit par identité et différence avec la relation agent. L'identité, c'est le fait d'avoir la même signature, la différence, c'est le fait de subir l'action plutôt que de l'exercer. L'identité n'est pas forcément réduite au fait d'avoir la même signature : par exemple, la relation « agent volontaire » et « agent involontaire » possèdent comme identité, outre la même signature, le fait d'avoir un père commun, la relation « agent ».

Autrement dit, chaque signature sémantique est potentiellement la racine d'un arbre différentiel de relations possédant la même signature et spécifiées selon les principes différentiels. Les signatures sémantiques constituent également un arbre : on a donc un arbre de relations venant compléter l'arbre des concepts.

7.1.2.4. *Engagement sémantique et modélisation des primitives*

Les principes différentiels associés à un nœud de l'arbre ontologique explicitent en termes linguistiques, empruntés au domaine, ce qu'il faut comprendre à la lecture du libellé du nœud. Les principes différentiels constituent donc une grille de lecture et sont des prescriptions interprétatives qu'il faut suivre pour savoir comment interpréter le libellé. C'est le respect de ces principes qui permet de considérer ce libellé non pas comme une unité linguistique dont le sens varie selon le contexte de son utilisation, mais comme une primitive au sens invariable.

En effet, quand un utilisateur aborde l'arbre ontologique, ce qu'il considère, c'est avant tout une structure arborescente de termes dont le libellé est emprunté à la langue du domaine. Par conséquent, l'utilisateur aborde les concepts comme des unités linguistiques, comme des mots, qu'il interprète selon ses propres habitudes. À chaque utilisateur son interprétation. Pour surmonter la variabilité de ces interprétations, les

principes différentiels prescrivent à l'utilisateur comment préciser et ajuster le sens qu'il attribue aux libellés qu'il considère. Ainsi, les principes n'attribuent pas du sens à des libellés qui en seraient par ailleurs dépourvus. Mais les principes raffinent et ajustent un sens que les utilisateurs attribuent spontanément aux nœuds de l'arbre ontologique, puisqu'ils sont des locuteurs de la langue du domaine et que les libellés des nœuds sont empruntés à cette langue.

Le contexte interprétatif d'un nœud n'est pas constitué seulement des principes différentiels associés à ce nœud, mais aussi des principes associés aux nœuds composant la branche le reliant à la racine de l'arbre ontologique. Ainsi, le sens d'un libellé est déterminé à partir de sa position dans l'arbre. On obtient un réseau dans lequel la position d'un nœud conditionne sa signification. La signification définie par la position dans l'arbre est invariable selon les contextes.

Le libellé peut alors être utilisé comme une primitive. En respectant les principes différentiels, en s'engageant à suivre la sémantique qu'ils prescrivent, les nœuds de l'arbre ontologique correspondent à des concepts pouvant être utilisés comme des primitives de modélisation et de formalisation. Nous venons donc de définir l'engagement sémantique à la base de l'ontologie : il s'agit de l'ensemble des prescriptions interprétatives qu'il faut respecter pour que le libellé fonctionne comme une primitive.

7.1.2.5. *Ontologie régionale et engagement sémantique*

On peut contester notre usage du paradigme différentiel pour modéliser une ontologie fondée sur l'engagement sémantique. En effet, le paradigme différentiel, intralinguistique, récuse de ce fait qu'il soit possible de déterminer le sens d'une unité linguistique par rapport à autre chose que le linguistique lui-même. Le sens d'une unité linguistique se définit par d'autres unités linguistiques, et non par un concept, une référence ou une représentation psychologique. Par conséquent, la seule donnée disponible pour déterminer le sens est l'usage linguistique lui-même, c'est-à-dire l'usage en contexte. Le paradigme différentiel a par conséquent comme but de définir le sens en contexte et de rendre compte des variations contextuelles. Autrement dit, derrière un mot, il n'y a pas un type, existant *a priori*, dont il faudrait décrire les altérations en contexte, mais seulement des occurrences, dont on abstrait, à des fins théoriques ou lexicographiques, un type : les définitions du dictionnaire ne sont que des constructions théoriques du linguiste, et non des réalités précédant l'usage en contexte des unités linguistiques [RAS 87].

Or, notre méthodologie détourne d'une certaine manière ce paradigme linguistique puisque, de la description du sens en contexte, on veut normaliser un sens non contextuel pour dégager des primitives de modélisation.

La contradiction n'est qu'apparente. En effet, la normalisation sémantique n'est pas une entreprise visant à retrouver derrière les variations contextuelles une signification unique, le sens de l'unité linguistique. Cela reviendrait en effet à sortir du paradigme différentiel puisque cela consiste à affirmer que l'unité linguistique signifie *a priori* un concept avant d'être plongée dans un contexte. Au contraire, la normalisation sémantique construit une signification en privilégiant un contexte particulier, celui de la tâche considérée. La normalisation part donc de la donnée empirique disponible, le corpus, pour analyser les variations contextuelles qu'il comporte du point de vue d'un contexte privilégié pour déterminer les sens possibles en une signification adaptée à la tâche.

C'est pourquoi l'engagement sémantique ne dégage pas le sens universel des termes, une ontologie universelle qui serait cachée derrière leurs usages variés. L'engagement sémantique dégage une ontologie valable seulement localement, régionalement, dans le cadre d'un domaine et d'une tâche. L'engagement sémantique normalise une ontologie régionale, et reflète une structure dont la validité est restreinte à une tâche dans un domaine donné, et ne construit pas une ontologie universelle ou formelle, qui refléterait les lois universelles de la pensée.

7.1.3. *Ontologie référentielle*

L'ontologie référentielle correspond à l'ontologie différentielle munie d'une sémantique formelle extensionnelle relevant de la théorie des modèles. Les concepts de l'ontologie sont interprétés en termes d'ensembles dans un univers de référence. L'ontologie correspond à ce niveau à une représentation formelle dont la sémantique se construit à partir d'un modèle extensionnel : alors que l'ontologie différentielle associe aux concepts une signification linguistique, l'ontologie référentielle leur associe une dénotation dans un modèle. Le problème est de savoir à ce niveau comment construire ce modèle.

La difficulté est que l'on passe d'une sémantique de la signification à une sémantique de la désignation : dans l'ontologie différentielle, un concept renvoie à une explicitation linguistique contrôlée par les principes différentiels ; le comprendre, l'interpréter, c'est lui associer d'autres concepts. Dans l'ontologie référentielle, un concept renvoie à une dénotation dans un modèle, où il désigne un ensemble d'individus. Le comprendre et l'interpréter, c'est lui associer des entités extra-linguistiques prises dans un modèle.

La construction du modèle référentiel découle des significations fixées par l'ontologie référentielle. Celle-ci en effet permet de mettre en œuvre plusieurs types de concepts :

Des concepts « métaphysiques » : ces concepts apparaissent dans la partie supérieure de l'ontologie et correspondent à des concepts très abstraits, et sont introduits pour structurer le reste de l'ontologie. Ce sont des concepts comme « changement », « processus », « état », etc. Ces concepts reposent sur une théorie du monde et nécessitent souvent une approche philosophique pour être caractérisés.

Des concepts « structurants » : ces concepts apparaissent dans la partie médiane de l'ontologie et correspondent aux concepts de base du domaine, que les praticiens connaissent et qu'ils utilisent pour structurer leurs connaissances. Pour un médecin, cela renverra à des concepts comme « intervention », « pathologie », « maladie de système », etc. Ces concepts nécessitent une bonne connaissance du domaine pour être caractérisés.

Des concepts « parataxiques » : ces concepts apparaissent dans la partie inférieure de l'ontologie et correspondent aux concepts servant uniquement à désigner des objets du domaine dans un mode énumératif ou parataxique. En médecine, cela correspondra à l'énumération des noms de molécules biochimiques utilisées comme principe actif dans la conception des médicaments, ou les noms commerciaux de ces derniers, ou, enfin, ce peut être l'énumération des os composant le squelette. Ces concepts apportent peu de connaissances en eux-mêmes car leur signification est réduite : ils ne servent principalement qu'à désigner. Ces concepts nécessitent une pratique du domaine pour savoir quelles constantes introduire pour évoquer les objets utiles et fréquents du domaine.

Les frontières entre ces trois niveaux sont relatives : le concept d'étiologie, fréquent en médecine, peut être considéré à la fois comme un concept métaphysique ou comme un concept structurant. En fonction des connaissances mobilisées pour les caractériser, on pourra déterminer leur nature : si l'on mobilise une théorie de la causalité, en différenciant différents types de causalité par exemple, on aura un concept métaphysique. Si l'on mobilise le concept de cause sans l'interroger, et que l'on distingue par exemple les processus causaux des descriptions cliniques, on aura un concept structurant. Mais comme les concepts structurants nécessitent souvent pour leur caractérisation l'élaboration d'une épistémologie locale à la notion, l'élaboration ontologique peut donner lieu à de fructueux dialogues entre le praticien du domaine et l'ontologue.

L'élaboration du modèle référentiel s'appuie principalement sur les concepts parataxiques et les concepts métaphysiques. En effet, les concepts parataxiques sont des constantes servant à désigner les objets du domaine. Les concepts métaphysiques évoquent le type d'objet auquel on aura affaire dans le domaine. Autrement dit, un modèle référentiel se construit à partir d'univers d'individus posés pour chaque concept

métaphysique, associés à des objets identifiés par des constantes. Les concepts structurants sont alors construits comme des ensembles déterminés dans des univers d'individus.

Une fois le modèle référentiel construit, chaque concept de l'ontologie peut avoir une sémantique formelle associée. La question est de savoir si le changement de type de sémantique modifie ou non la structure de l'ontologie. La réponse est que la structure est effectivement modifiée et assouplit la structure arborescente de l'ontologie différentielle en un treillis. En effet, alors que l'ontologie différentielle hiérarchise des traits différentiels dont l'héritage multiple est contradictoire, l'ontologie référentielle hiérarchise des extensions dont l'héritage multiple est parfaitement innocent. Plus précisément, l'ontologie référentielle obéit à deux types de contraintes. D'une part, *l'ontologie référentielle obéit aux contraintes sémantiques de l'ontologie différentielle* : la structure arborescente de l'ontologie différentielle se retrouve dans l'ontologie référentielle et lui donne son squelette. Chaque relation de spécialisation sémantique au niveau différentiel se traduit par une spécialisation d'extension au niveau référentiel. La signification se traduit en termes de dénotation et les relations dénotationnelles respectent les relations déterminées en termes de signification.

D'autre part, *l'ontologie référentielle peut ajouter des héritages multiples* : dès lors que les concepts différentiels ont été traduits en concepts référentiels, il devient possible de créer de nouveaux concepts, des « concepts définis », qui ne sont pas des concepts primitifs introduits dans l'ontologie différentielle, mais qui constituent des concepts ne servant qu'à désigner l'intersection des interprétations de concepts déjà présents. Par exemple, on pourra définir le concept de « député-maire » pour désigner les individus qui sont à la fois maire et député, bien que les notions soient disjointes et ne peuvent posséder de fils communs dans l'ontologie différentielle (voir figure 7.5).

Les concepts définis ne sont donc pas de véritables primitives du domaine, mais correspondent à des commodités de désignation introduites à la suite de la modélisation différentielle. En passant de l'ontologie différentielle à l'ontologie référentielle, on passe d'un arbre de différences à un treillis de références.

7.1.4. Ontologie computationnelle

Au dernier niveau de notre méthodologie, il faut élaborer une version exploitable informatiquement de l'ontologie, où la signification des concepts se traduit par des calculs ou des inférences. Les concepts de l'ontologie computationnelle sont des structures d'inférence implémentant leur signification référentielle. En pratique, cela revient à exprimer les ontologies dans un langage opérationnel comme les graphes conceptuels [SOW 84] ou les logiques de description [NAP 97]. Ces langages traduisent par des opérations de jointure et de projection (graphes conceptuels) ou par la classification (logique de descriptions) la structure ontologique représentée. Nous ne

– des concepts dont la formalisation correspond à des contraintes s'exerçant sur les objets de son type ; c'est par exemple, dans l'ontologie de Ménélas³, le concept d'objet idéal, qui spécifie qu'un objet est idéal quand il coïncide avec sa référence ; ou bien, pour reprendre les apports de Guarino, qu'une propriété est une substance quand les objets qui la vérifient la vérifient dans tous les mondes possibles ;

– des concepts dont la formalisation correspond à une instanciation des concepts précédents et au choix d'une référence respectant les contraintes fixées par le concept qu'ilsinstancient. Par exemple, la propriété de chien, de chiot, le nombre deux ou les nombres entiers.

On remarque donc que l'ontologie différentielle comporte des concepts dont le fonctionnement sémantique renvoie à une ontologie formelle et des concepts dont le fonctionnement sémantique correspond à une ontologie matérielle ou régionale.

La formalisation extensionnelle propose par conséquent deux ontologies : une ontologie formelle des concepts formels, qui régulent comment les notions du domaine peuvent recevoir une référence, et une ontologie référentielle des notions du domaine. L'ontologie formelle définit la forme logique de l'ontologie référentielle, les ontologies formelle et référentielle sont hiérarchisées par des relations de *spécialisation*. La distinction entre formalisation et spécialisation est cruciale ici : constituant l'un des apports essentiels de Husserl, elle est usuelle dans le monde informatique où l'on oppose spécialisation et instanciation.

L'ontologie différentielle permet donc, à partir de l'analyse des contenus linguistiques rassemblés dans les corpus du domaine, de modéliser des concepts qui ne possèdent pas le même statut même s'ils sont modélisés à travers l'analyse sémantique. C'est en recourant aux principes différentiels qu'il faut donc discerner les concepts formels et les concepts matériels pour les modéliser en ontologie formelle d'un côté et ontologie référentielle de l'autre. C'est la raison pour laquelle l'état de l'art semble pouvoir se diviser entre ces deux tâches. La plupart des ontologies produites sont des ontologies référentielles qui proposent une organisation de prédicats logiques formalisés pour dénoter des entités du domaine étudié. Mais de nombreux travaux, également d'ingénierie des connaissances, portent sur la modélisation de l'ontologie formelle. Cette expression est souvent utilisée au singulier car la plupart des auteurs considèrent qu'il n'existe qu'une seule ontologie formelle, dans la mesure où la pensée est cohérente et unifiée. Cependant, il existe de fait plusieurs ontologies formelles proposées par les différents auteurs, ces ontologies reflétant des choix différents de modélisation.

Mais malgré cette multiplicité, l'ontologie formelle est importante dans la mesure où elle fournit les outils et structures nécessaires pour formaliser les concepts modélisés dans l'ontologie différentielle, c'est-à-dire les concepts du domaine. Autrement

3. Voir par exemple [ZWE 95a, ZWE 95b, ZWE 94].

dit, on passe de la forme linguistique des connaissances, tirées des corpus et du domaine, à la forme logique permettant son exploitation informatique. C'est l'ontologie formelle qui permet ce passage en donnant la forme sous laquelle penser telle ou telle notion de l'ontologie différentielle et les contraintes logiques associées. L'ontologie formelle in-forme l'ontologie différentielle pour en faire une ontologie formalisée, l'ontologie référentielle habituellement requise par les systèmes à base de connaissances et proposée par l'état de l'art. On a ainsi trois niveaux distincts :

L'ontologie différentielle : structure de concepts et de relations organisée selon des principes linguistiques à partir des connaissances du domaine exprimées dans des corpus (textes, entretiens, etc.).

L'ontologie formelle : structure de méta-catégories comme « substance », « rôle », « propriétés » etc., qui caractérise les différentes manières de penser un contenu et qui précise les contraintes logiques propres à chacune de ces manières.

L'ontologie formalisée ou référentielle : structure de concepts et de relations décrites en logique formelle selon une sémantique référentielle, exploitable par un système informatique.

L'ontologie formelle permet de définir les contraintes logiques liées à une notion pour être en mesure de la rapporter à un prédicat logique et l'intégrer de manière cohérente dans une ontologie référentielle. Ces contraintes logiques sont explicitées dans les concepts ou objets de l'ontologies formelle, que l'on peut appeler également des métacatégories, caractérisées par des métapropriétés. En effet, les concepts de l'ontologie référentielle mobilisent essentiellement des catégories, où l'on peut compter des catégories naturelles comme les animaux, les espèces biologiques, etc., ou des catégories abstraites ou artificielles pour le chômage ou les objets techniques. Les métacatégories précisent le type logique de ces catégories, c'est-à-dire la manière dont on peut les penser. Comme on l'a vu dans le chapitre précédent et rappelé dans l'introduction de ce chapitre, l'ontologie formelle présente sous une forme objective, c'est-à-dire sous la forme d'objets, des contraintes reflétant les lois de l'esprit et l'exercice de la pensée. Les concepts de l'ontologie ne décrivent pas le monde, mais la forme sous laquelle il est pensable : un objet du monde est pensable, et donc représentable dans un ontologie référentielle, s'il correspond à une forme pensable, c'est-à-dire à une métacatégorie de l'ontologie formelle. Parmi les métacatégories, on trouvera les exemples fournis par Husserl et les concepts habituellement rencontrés dans les ontologies formelles : ensemble, propriétés, substances, rôles, identité, unité, etc. Les travaux contemporains présentent la plupart du temps l'ontologie formelle comme une « *top ontology* », c'est-à-dire une ontologie de haut niveau, correspondant au haut de l'arbre, que les concepts de l'ontologie référentielle viendrait spécialiser. C'est bien évidemment une erreur, qui est, il faut le souligner, évitée par N. Guarino qui formule ses propositions de manière bien plus conforme à la nature des concepts ici

étudiés que tous les autres travaux du domaine. En effet, il convient d'utiliser l'ontologie formelle comme le cadre logique que vient instancier l'ontologie référentielle. Ainsi, si on dispose de la métacatégorie de substance et que l'on considère le concept de « chien », le prédicat logique de « chien » doit vérifier les axiomes logiques définissant la méta-catégorie de substance. N. Guarino propose ainsi, comme on l'a vu (section 6.4), comme axiome de la substance la proposition suivante de la logique S5 : $\forall xP(x) \rightarrow \Box P(x)$. Il faut donc que tous les concepts de l'ontologie référentielle qui prétendent au statut de substance vérifient cette métapropriété.

La proposition formulée ici est donc très proche de celle de Guarino. Les métapropriétés de Guarino permettent de caractériser les objets formels de l'ontologie formelle. Elles sont d'ailleurs structurées de manière arborescente. Les métapropriétés contraignent la manière dont les relations de spécialisation ou de subsumption s'agencent dans l'ontologie référentielle.

Mais si le résultat obtenu est fort voisin, la démarche d'ensemble est différente. On peut dire que Guarino et nous partons de perspectives opposées :

- Guarino part d'« ontologies » mal structurées, telles qu'elles sont issues de structuration lexicale (Wordnet) ou de formalisation pauvre (Pangloss) ; incohérentes, elles comportent des liens de spécialisation qui doivent être supprimés. Par conséquent, l'apport de l'ontologie formelle chez Guarino est de filtrer les ontologies pour obtenir une structure bien formée. C'est une procédure de filtrage ou de raffinement ;

- nous partons, quant à nous, d'une structure linguistique très forte, issue de la normalisation sémantique. Elle impose des contraintes qui doivent être relâchées pour autoriser des concepts et des relations indispensables à la modélisation, mais qui pourtant violent les principes de l'ontologie différentielle. L'ontologie formelle joue alors le rôle de guide pour relâcher les contraintes de structuration et proposer, dans le cadre des types de références formulés par les objets formels, de nouveaux concepts, les concepts définis.

7.2. ARCHONTE et les autres travaux sur les ontologies

Les travaux actuels⁴ dans le domaine des ontologies se structurent autour de trois préoccupations principales :

Les langages de représentation permettant d'exprimer et de formaliser les ontologies ;

4. Les considérations de cette section reprennent le chapitre écrit par Jean Charlet, Raphaël Troncy et nous-mêmes [CHA 03], consacré aux ontologies, dans le cadre du rapport de l'Action spécifique « Web Sémantique » du CNRS. Nous nous appuyons en particulier sur la contribution de Raphaël Troncy.

Les méthodologies de modélisation guidant le processus d'élaboration et de construction des ontologies ;

Les outils d'édition permettant de construire une ontologie, de la visualiser, de l'importer ou de l'exporter vers d'autres outils ou formalismes.

7.2.1. *Les langages de représentation*

Les langages de représentation ont pour objectif de proposer les moyens d'exprimer les notions d'un domaine, de leur associer une sémantique et de permettre leur exploitation. L'exploitation recouvre à la fois l'exploitation automatique et calculatoire, et l'interprétation par des utilisateurs : la première veut garantir la calculabilité et l'effectivité des inférences entreprises, la seconde l'intelligibilité des représentations. Ces deux objectifs sont parfois contradictoires et une tension entre expressivité, effectivité et intelligibilité, habite tout formalisme ou langage de représentation. Deux types de langage émergent :

- les langages qui réduisent l'expressivité pour garantir l'effectivité des calculs : on n'écrit que ce que l'on sait calculer ;
- les langages qui privilégient l'expressivité quitte à permettre l'écriture de représentations qui ne peuvent donner lieu à des calculs non effectifs.

Dans la première catégorie on retrouvera les logiques de description, et dans la seconde les graphes conceptuels, surtout dans la version qu'en donne John Sowa [SOW 84] car les travaux de [CHE 92] ont contribué à réduire la distance entre expressivité et effectivité.

Les langages utilisés pour exprimer et modéliser des ontologies proviennent de langages élaborés pour la représentation des connaissances ou des langages conçus dans le cadre des travaux sur le web sémantique, ce projet ayant renouvelé considérablement l'intérêt porté aux ontologies. Dans ce cadre, on constate une activité intense où les propositions de langage se succèdent à un rythme effréné. Pour le moment, un consensus semble s'établir autour de *OWL*, pour *Ontology Web Language* [OWL 03]. Ce langage s'inscrit dans une hiérarchie de langages, les premiers comme XML permettant de baliser l'information, les derniers permettant de la formaliser et d'en contrôler la sémantique :

XML permet de représenter la structure des documents, sans leur associer de contrainte sémantique (ce qui signifie les balises utilisées) ni de contrainte structurelle (comment organiser ces balises) ;

XML Schema [XML 01] permet de contraindre la structure des documents ;

RDF [RDF 03a] est un langage permettant de déclarer des triplets (Ressource, Attribut, Valeur), cette dernière pouvant également être une ressource. Les triplets ont pour objectif de déclarer la sémantique associée à une ressource et de permettre la prise en compte de la signification d'un contenu pour en paramétrer la manipulation ;

RDF Schema [RDF 03b] permet de définir le vocabulaire utilisé et de l'organiser en structures formelles : classes, propriétés et leur hiérarchie ;

OWL fournit finalement des primitives de modélisation permettant de déclarer les ontologies et d'exprimer précisément leur sémantique. OWL est l'outil formel permettant de contraindre la syntaxe ontologique et d'y associer une sémantique.

7.2.2. Les méthodologies de modélisation

Les méthodologies sont nombreuses et cette multiplicité reflète à la fois la difficulté de construire des ontologies et la difficulté de s'entendre sur la nature et le contenu de ces dernières. Les principales méthodologies que l'on peut mentionner sont les suivantes.

Uschold et Grüninger [USC 96] proposent une méthodologie fondée sur l'expérience acquise dans la construction d'ontologies modélisant l'entreprise. Différentes étapes sont distinguées :

- 1) identification du domaine concerné, détermination du but et de la portée de l'ontologie ;
- 2) construction de l'ontologie et codage des connaissances ;
- 3) évaluation du résultat ;
- 4) documentation de l'ontologie.

La construction de l'étape 2 aboutit à un modèle formel. Cependant une étape intermédiaire est recommandée, consistant à identifier les concepts pertinents à travers des questions de compétences.

METHONTOLOGY, méthodologie proposée par une équipe de l'Université polytechnique de Madrid. Elle insère la construction d'ontologie dans un processus complet de gestion de projet (planification, assurance qualité), de développement (spécification, conceptualisation, formalisation, maintenance) et de support (intégration, évaluation, documentation). La spécification de l'ontologie s'effectue au niveau des connaissances en passant par des représentations intermédiaires. Cependant, ces représentations restent assez proches des expressions formalisées visées dans la mesure où ces dernières s'obtiennent par une traduction quasi automatique des représentations intermédiaires.

Terminae est une approche qui émane du groupe « Terminologie et Intelligence Artificielle », qui rassemble des chercheurs en ingénierie des connaissances, des linguistes et des spécialistes du traitement automatique des langues. L'objectif de ce groupe est de déterminer et élaborer tant des méthodes que des outils pour obtenir des ressources terminologies aidant à la modélisation des connaissances et à leur exploitation.

L'approche adoptée [AUS 03a] est une approche d'inspiration linguistique et terminologique fondée sur l'analyse de corpus. Des outils linguistiques permettant le repérage de candidats termes (SYNTEX), le regroupement de contexte (UPERY) et le repérage de relations (YAKWA) sont mobilisés⁵ pour constituer une chaîne de traitement allant du mot en corpus au concept ontologique. Terminae constitue donc à la fois une méthode et un outil.

7.2.3. Les outils d'édition

Différents outils sont proposés pour construire une ontologie. Les principaux sont les suivants.

Protégé2000 [NOY 00] est un environnement graphique de développement développé à l'Université de Stanford. Les ontologies correspondent dans cet outil à des hiérarchies de classes possédant des attributs, eux-mêmes pourvus de propriétés ou facettes. L'interface graphique permet d'éditer ces trois types d'objet sans recours à un langage formel : une approche fondée sur des formulaires guide l'utilisateur. Les formulaires possèdent un rôle important et peuvent être modifiés *via* un système de métaclasses. Ces métaclasses sont par conséquent des universaux de représentations, des modèles de connaissances (au sens de l'ontologie formelle vue plus haut). *Protégé2000* est un outil logiciel très abouti, facilement utilisable, permettant l'insertion de *pluggins* apportant de nouvelles fonctionnalités (par exemple l'export de l'ontologie dans un formalisme donné). La communauté d'utilisateurs de *Protégé2000* est très importante.

OILed [BEC 01] est un outil développé par l'Université de Manchester. Il est conçu pour éditer des ontologies dans le langage de représentation OIL, l'un des pré-curseurs de OWL. Il offre les principaux services d'un éditeur d'ontologie et constitue une interface pour construire des représentations suivant la logique de description *SHIQ*. Le raisonneur *FaCT* est proposé pour vérifier la satisfiabilité des définitions de classes et déterminer les subsumptions restées implicites.

5. Pour SYNTEX et UPERY, voir [BOU 02] ; pour YAKWA, [REB 00].

OntoEdit [SUR 02], contrairement aux deux outils précédents, n'est pas disponible gratuitement dans sa version complète. Il présente les fonctionnalités essentielles communes aux autres éditeurs (hiérarchie de concepts, expression d'axiomes, export de l'ontologie dans des langages divers) et a le mérite de s'appuyer sur une réflexion méthodologique significative. La modélisation des axiomes a fait l'attention de soins particuliers pour pouvoir être effectuée – en tout cas pour les types les plus répandus – indépendamment d'un formalisme privilégié et cela, pour faciliter la traduction d'un langage de représentation à un autre. Il propose également une gestion originale des questionnaires de compétences. Des questions pour les réponses auxquelles l'ontologie doit fournir le matériel conceptuel, on peut extraire les termes appelés à intégrer l'ontologie. Un petit outil fait une comparaison lexicale des termes extraits des différentes questions pour en déduire automatiquement d'éventuelles subsomptions. Le procédé semble cependant loin d'être fiable puisqu'il repose sur l'hypothèse que le nom d'un concept se retrouve parfois dans le nom de ses spécialisations.

WebODE, développé par le LAI de Madrid, est une plate-forme de conception d'ontologies fonctionnant en ligne. D'un point de vue méthodologique, l'outil fait suite à ODE, un éditeur qui assurait fidèlement le support de la méthodologie maison METHONTOLOGY. Il illustre bien l'évolution des outils de construction d'ontologies, puisque les nombreuses tables de son prédécesseur ont été remplacées par une interface très travaillée, réalisant un pas supplémentaire vers une conception au niveau des connaissances. On peut cependant regretter que cette évolution se soit faite au détriment de l'application des contraintes méthodologiques : les représentations intermédiaires utilisées dans le processus de conception sont désormais moins mises en avant, à tel point que le guide de l'utilisateur ne les signale que pour « assurer la compatibilité conceptuelle avec ODE ». L'accent a plus été mis sur la possibilité d'un travail collaboratif ou sur la mise à disposition d'outils complémentaires, comme un moteur d'inférences.

7.2.4. *Situation d'ARCHONTE*

La méthodologie ARCHONTE présentée ici est complémentaire et non concurrente des approches mentionnées ci-dessus. En effet, ces outils et méthodes portent essentiellement sur la formalisation des primitives et concepts du domaine. Étant donné que l'on connaît le libellé des notions que l'on veut caractériser et que l'on a fixé la signification qu'on leur a associée, ils proposent la formalisation logique correspondante. Cette formalisation s'effectue de manière générale sous deux aspects :

Une reformulation syntaxique en une logique formelle, comme la logique du premier ordre, ou tout autre idiome formel.

Une formalisation logique munie d'une sémantique formelle, où les primitives sont exprimées dans le cadre d'un langage formel et munie d'une sémantique au sens de la théorie des modèles.

Souvent, les auteurs s'en tiennent à la première étape tout en se considérant quitte de la seconde, comme si la reformulation en une syntaxe du premier ordre pouvait déterminer en quoi que ce soit le sens qu'il convient de donner à une primitive. Ces auteurs mobilisent implicitement la sémantique formelle standard associée à la logique du premier ordre, mais sans préciser quel sens donner aux prédicats et fonctions utilisées dans la reformulation logique. Pour citer des travaux français, la méthodologie OntoSpec [KAS 02] propose ainsi une batterie de critères et reformulations formels pour déterminer la nature et le sens des primitives. Mais, alors que cette méthode indique par exemple comment exprimer le fait qu'une propriété est nécessaire ou suffisante pour définir une notion, elle n'indique pas comment déterminer si cette propriété est nécessaire et suffisante. De plus, en reformulant les notions du domaine sous la forme d'une logique extensionnelle du premier ordre, on fait implicitement l'hypothèse que le domaine dans lequel on travaille peut se rapporter à une extension d'individus à partir de laquelle délimiter des ensembles venant constituer l'interprétation des prédicats ou fonctions exprimés dans le langage. Mais, comme on l'a souligné plus haut, un domaine réel ne se présente pas comme une extension d'individus, et déterminer à quels individus on a affaire est déjà un problème de modélisation.

L'approche d'ARCHONTE est de venir *avant* ces outils et méthodes pour assister la caractérisation des êtres et individus d'un domaine, dans le cadre d'une application donnée. Pour cela, ARCHONTE s'appuie sur l'expression linguistique des connaissances dans la mesure où cette dernière constitue un accès premier et empirique à ce qui, aux yeux des praticiens d'un domaine, constitue la réalité à laquelle il se confronte. L'approche linguistique permet de construire les individus et ensembles et de rapporter la réalité du domaine à ce qui est supposé par les approches formelles, à savoir que le monde est une extension d'individus que découpent les prédicats et fonctions en ensembles. Autrement dit, ARCHONTE a pour but de rendre les approches et méthodes que l'on trouve dans l'état de l'art applicables en modélisant le monde pour qu'il soit conforme à ce qu'elles en disent. Ainsi, ARCHONTE termine là où les autres commencent.

ARCHONTE a donné lieu au développement d'un outil, DOE (*Differential Ontology Editor*), réalisé par Raphaël Troncy et Antoine Isaac [TRO 02]. Cet outil permet de construire une représentation différentielle, formelle et référentielle d'une ontologie, en se concentrant essentiellement sur la partie différentielle. En effet, un export dans les principaux formalismes actuels, notamment OWL, permet de passer de la modélisation du domaine par ARCHONTE et DOE à la formalisation avec les outils et méthodes vus plus haut.

Domaine	Nombre de concepts	Nombre de relations
Médecine	1 832	488
Cyclisme	91	60
Petite enfance	301	37
Eau	205	17
Mathématiques	197	11

Figure 7.6. Ontologies développées avec la méthodologie ARCHONTE

7.2.5. Utilisation d'ARCHONTE

La méthodologie ARCHONTE a été utilisée dans différents domaines et projets. Dans le cadre médical, une ontologie⁶ sur la coronarographie a été réalisée dans le cadre du projet MENELAS [ZWE 94]; elle a également été utilisée dans le domaine des mathématiques, du cyclisme, de la petite enfance (ethnologie et psychologie) et de l'eau (dans le cadre de la documentation pédagogique). Le tableau ci-joint (figure 7.6) précise les tailles respectives de ces ontologies.

7.3. Du bon usage des ontologies : des ontologies aux anthologies

Les ontologies sont un sujet à la mode que l'intérêt pour le web sémantique [FEN 02] ne fait que renforcer. On sait que le web sémantique est un projet visant à doter les documents et ressources publiés sur le web des informations nécessaires pour que les applications puissent les exploiter et s'échanger les informations les concernant. Dans cette optique, les ontologies sont des outils pertinents et les espoirs dont elles sont porteuses sont les suivants :

Constituer un consensus entre êtres humains : les ontologies sont des référentiels conceptuels, permettant à des praticiens d'une communauté de s'accorder et de constituer un consensus ; en pratique, cela leur permet de réaliser des annotations et des représentations à l'aide du vocabulaire ontologique commun conférant l'intelligibilité et la lisibilité pour tous des annotations et représentations.

Permettre l'interopérabilité entre les machines : les ontologies, dès l'origine de cette problématique en ingénierie des connaissances [GRU 93], sont conçues pour permettre aux bases de connaissances d'être interopérables entre différentes applications ; par exemple, savoir que le concept de */flight/* s'appellera */vol/* dans l'application de Air France et */flug/* dans celle de la Lufthansa.

Permettre l'opérationnalisation des modèles conceptuels : les ontologies sont des structures formelles ; doter les concepts d'un contenu formel et opérationnel

6. <http://www.biomath.jussieu.fr/Menelas/Ontologie/html/>

permet de construire des systèmes informatiques dont le comportement peut s'interpréter selon le modèle formel construit à partir de ces concepts. En effet, le principal intérêt de considérer une ontologie plutôt qu'un simple thesaurus ou qu'une terminologie, est que l'on ne vise pas simplement à construire une pratique humaine commune (par exemple une pratique documentaire à partir d'un thesaurus commun), mais que l'on recherche une effectivité informatique et une interopérabilité applicative.

Les ontologies sont de bons candidats pour atteindre ces objectifs, mais elles doivent cependant surmonter différentes difficultés. Selon nous, les principales sont les suivantes :

La complexité des structures ontologiques : les ontologies pour être précises, doivent détailler les concepts en jeu si bien qu'exprimer une notion simple exige un nombre important de concepts, et formuler une connaissance implique de construire une représentation complexe. Cette complexité se traduit par le fait qu'elles sont peu lisibles par les utilisateurs et peu efficaces pour le calcul. Les structures ontologiques, et les connaissances qu'elles permettent de construire, sont donc soit inutiles, car imprécises, soit inutilisables, car trop complexes.

La réutilisabilité des ontologies : les ontologies sont généralement conçues pour des applications spécifiques. Le problème est de savoir comment les réutiliser, ce qu'il faut changer, comment et pourquoi. L'enjeu est de pouvoir déterminer *a priori* si une ontologie peut convenir pour une application donnée et quelles ressources son adaptation va mobiliser.

Les concepts non linguistiques : quelles que soient les méthodes, les ontologies repartent, implicitement ou explicitement, de l'expression linguistique des connaissances. Or, l'approche linguistique convient très bien aux concepts compris comme des essences ou comme des significations, mais elle ne convient pas aux concepts comme construction (voir section 5.3.1). Par exemple, les concepts possédant un contenu perceptif, comme le timbre musical, ne se laissent pas définir linguistiquement, mais requièrent des prototypes perceptifs qui *montrent* et donnent à sentir le concept évoqué.

Ces différentes difficultés vont, nous semble-t-il, dans une même direction. Selon nous, les ontologies ne doivent pas être le *résultat* du consensus d'une communauté, d'une formalisation des concepts permettant l'opérationnalisation et l'interopérabilité, mais le *lieu* où ces objectifs doivent être atteints. En effet, les choix que la modélisation ontologique effectue pour s'adapter à une application sont nécessairement propres au contexte de l'application et doivent être révisés pour aborder de nouvelles applications. Or, ces révisions se font de manière contextuelle, en fonction des pratiques, et

ne peuvent donc être formalisées. Par conséquent, seuls les praticiens du domaine et l'intervention des modélisateurs peuvent effectuer ces ajustements. Par ailleurs, pour que l'usage de l'ontologie puisse être intelligible aux utilisateurs, il faut également plonger les concepts et leur utilisation dans le contexte pratique.

Cela nous induit à proposer une conception *anthologique* plutôt qu'*ontologique*, pour reprendre une suggestion de François Rastier. En effet, puisque l'usage et l'exploitation de l'ontologie doit *in fine* en repasser par l'interprétation humaine, il vaut mieux consacrer la puissance du formalisme et la pertinence de la modélisation à parcourir des ressources attestées par l'usage et rendues appropriables par la tradition. Par conséquent, les ontologies doivent être des représentations permettant de naviguer entre des extraits documentaires, des documents de référence, des exemples, des échantillons, etc., qui permettent de mener le raisonnement idoine ou de trouver l'information pertinente. Ainsi, l'inférence ontologique ne se substitue pas au raisonnement, mais facilite un rapprochement que l'utilisateur peut toujours récuser le cas échéant⁷.

Cette position ne va pas à l'encontre des travaux en cours sur le web sémantique, mais infléchit la manière de les mettre en œuvre. La vision originale de Tim Berners-Lee, selon laquelle les applications utilisent la sémantique des ressources pour réaliser des traitements que les humains n'auront plus besoin de faire, est à notre sens réductrice, et réintroduit dans le contexte du web le projet déjà ancien de l'intelligence artificielle. Mais le web constitue (potentiellement) un nouvel outil intellectuel très puissant, qu'il faut correctement instrumenter. Selon nous, cette instrumentation porte davantage sur la navigation et le rapprochement entre des informations pertinentes éparpillées entre des ressources que sur l'inférence se substituant au raisonnement.

7.4. Conclusion

L'ingénierie des connaissances vise à modéliser le sens des contenus pour instrumenter leur exploitation en donnant une représentation formelle et explicite de leur signification. Pour cela, les ontologies sont devenues ces derniers temps l'outil privilégié pour représenter les concepts d'un domaine dans une forme exploitable informatiquement, en passant des concepts formulés par les spécialistes et dégagés de la pratique à des prédicats logiques organisés hiérarchiquement selon une relation de spécialisation.

7. Par exemple, les approches de médiation sur le web proposent une conception suggestive et prometteuse, où les informations deviennent comparables et accessibles à un utilisateur. Cependant, le travail de médiation restant masqué, il compromet le crédit et la confiance que l'on peut avoir. Une médiation s'affichant comme telle est peut être le compromis à construire entre un web computationnellement sémantique pour que les machines se comprennent et un web cognitivement socio-sémantique dont les êtres humains peuvent se servir.

La principale difficulté est de déterminer quels concepts composent le paysage noétique d'un domaine, la nature de leur signification et la manière de l'exprimer. Les ontologies sont donc avant tout un problème de modélisation métaphysique, en comprenant ce terme comme le fait de dégager les concepts de base permettant de penser un domaine, et de modélisation sémantique, en comprenant par cette expression le fait d'explicitier la signification de ces concepts et de la formuler de manière formelle et exploitable informatiquement. Ainsi a-t-on l'assurance ou l'espoir que le comportement effectif du système ainsi construit réponde au comportement attendu et soit conforme au sens spécifié des concepts du domaine.

C'est en effet la raison pour laquelle il est nécessaire d'opérationnaliser les représentations en programmes et de disposer d'ontologies ainsi que de représentations de connaissances formelles et calculables : décontextualisées et compositionnelles, elles permettent d'effectuer des inférences et des calculs fondés uniquement sur le contenu des représentations considérées, indépendamment du contexte.

En pratique, cela se traduit par l'explicitation d'un modèle formel souvent complexe à maîtriser, qui guide l'interprétation et contrôle l'opérationnalisation. Ce modèle formel, nécessaire au concepteur, est dans la plupart des cas inadéquat pour l'utilisateur. La représentation formelle des connaissances se prête mal aux usages car les utilisateurs interprètent contextuellement les représentations et exigent des représentations simples et pertinentes plutôt que des représentations complexes, qui requièrent la prise en compte de multiples facteurs pour rester adaptées aux situations traitées, alors que ces représentations ne sont pas contextuelles.

Se dégage alors un type d'application où les ontologies ne sont pas tant la *représentation de connaissances* que la *médiation entre expressions de connaissance*, permettant à l'utilisateur de naviguer et travailler sur des expressions dont il maîtrise l'interprétation. Ces expressions correspondent à un type d'inscription pour lesquelles il y a des traditions de lecture associées à des formats matériels d'expression. Mais elles ne sont pas formelles et leur sens n'est pas contrôlé par un formalisme. Elles correspondent à ce qu'on peut généralement appeler des documents : leur origine, leur expression et leur mise en forme matérielles influencent, mais ne déterminent pas leur signification. La représentation des connaissances correspond alors à une formalisation des relations entre les expressions, permettant de rapprocher, synthétiser, montrer des expressions dont l'interprétation doit être laissée à l'utilisateur. On aboutit donc à une *conception nominaliste de la représentation des connaissances*, où il s'agit de représenter les relations entre les expressions de connaissances, confiant aux documents, à leurs auteurs et à leurs lecteurs, le soin d'en faire l'interprétation et d'assurer leur lien aux connaissances et au monde, en fonction du contexte.

TROISIÈME PARTIE

Ingénierie des contenus : documents

Chapitre 8

Problématiques documentaires

Les documents sont des instruments privilégiés pour exprimer et transmettre un contenu. Longtemps, l'ingénierie des supports et la sémantique des contenus ont été faiblement corrélées : la conception technique du support, même si elle avait une influence sur le contenu, ne prenait pas en compte la signification de ce dernier. La numérisation massive des contenus a pour conséquence, d'une part, d'intégrer les contenus en un support unique, et, d'autre part, d'articuler finement transformation du support et interprétation du contenu : le support étant désormais calculable, les opérations de lecture et d'interprétation peuvent se corrélérer à des transformations physiques du support. La notion même de document connaît de ce fait de nombreuses transformations, pour intégrer des dimensions dynamiques et hypertextuelles.

Un document fait sens pour une lecture et devient intelligible à travers les manipulations qu'il permet : le support propose des unités (par exemple la feuille, les mots séparés par des blancs) que l'on peut considérer à part du reste et le manipuler pour lui-même ou en fonction du reste. Le numérique démultiplie les possibilités de manipulation car toute partie composant le document peut devenir une unité de manipulation. Cette potentialité, en ouvrant un espace infini de manipulations et donc d'interprétations possibles, déconstruit la cohésion et la cohérence du document si bien que le document devient une ressource inintelligible en tant que telle, en attente d'orientations de lecture : le lecteur est dés-orienté du fait des multiples directions de manipulation/lecture possibles.

La construction d'une interprétation mobilise une manipulation reposant sur un double mouvement : toute interprétation est à la fois une objectivation et une appropriation du contenu. L'objectivation consiste dans la fixation d'un exemplaire faisant autorité, constituant une référence commune et partageable. L'appropriation consiste dans les reformulations et réécritures permettant d'exprimer le contenu dans ses propres termes, tels qu'on aurait pu soi-même l'écrire ou l'inscrire. Toute interprétation est donc la reformulation (appropriation) pour faire sien ce qui n'est

pas à soi, ce qui n'est pas soi (objectivation) : l'appropriation n'a d'intérêt et de sens que parce que le contenu est objectif et résiste à la reformulation ; aucune appropriation n'épuise le sens d'un contenu, qui en retire à chaque fois davantage d'objectivité.

Le numérique compromet profondément l'intelligibilité du contenu en permettant sa reconstruction dynamique et virtuelle, supprimant l'objectivation au profit de la manipulation visant l'appropriation : le contenu n'étant consulté qu'à travers des vues reconstruites et adaptées, il se réduit à son appropriation et annule son objectivation. Conduisant à une lecture « autiste » qui ne peut conduire le lecteur hors de lui-même, mais qui ne le fait que retrouver ses propres mots et contenus, le virtuel et le dynamique épuisent le désir du sens et exténuent l'interprétation. Ce sera l'enjeu d'une ingénierie des connaissances que d'exploiter l'instrumentation numérique au profit d'une intelligence de l'appropriation et de l'objectivation des inscriptions documentaires.

L'instrumentation numérique consiste en deux opérations essentielles : la numérisation et l'indexation. La numérisation est la transformation de la forme physique sous laquelle un contenu est consulté en une forme numérique. L'indexation est la reformulation du contenu en représentations formelles. La numérisation permet de manipuler directement le contenu, l'indexation de manipuler indirectement le contenu via sa représentation ou description, ancrée dans le contenu et articulée à lui. L'enjeu de l'instrumentation numérique est d'exploiter ces opérations de numérisation et d'indexation pour permettre l'objectivation et l'appropriation du contenu. La numérisation a permis en particulier d'aborder différemment les contenus temporels (sonores et audiovisuels) dont les possibilités d'interprétation restaient jusqu'alors confinées aux manipulations permises par les supports analogiques. L'indexation permet de multiples exploitations souvent nouvelles pour les documents, comme la recherche d'information, la recomposition éditoriale et la publication multisupports et multi-usages.

Le domaine documentaire devient un domaine privilégié de l'ingénierie des connaissances : ingénierie des inscriptions numériques visant à transmettre les conditions de leur intelligibilité, l'ingénierie des connaissances trouve dans les documents numériques un objet circonscrit et une tâche définie. Alors que le document est habituellement étudié par les sciences de l'information et de la communication en considérant la technique de manière distante, le document numérisé et indexé est en passe de devenir un objet technique et informatique, et pas seulement méthodologique, social ou informationnel. Cependant, l'ingénierie des connaissances contribuera efficacement à l'instrumentation des documents en permettant la construction des interprétations, notamment en permettant l'objectivation que toutes les technologies actuelles tendent à annuler.

Les documents sont des objets privilégiés pour une théorie du support : exprimant un contenu pour l'inscrire dans la permanence d'un support, un document le transmet pour une appropriation future conditionnée par la structure et la forme matérielle du support. Objet physique permettant la permanence et donc la transmission, le document ne vaut que pour les interprétations qu'il suscitera. Il n'existe pas pour lui-même,

mais il ne vaut que pour le contenu qu'il n'est pas mais qu'il exprime. Objet particulier donc, où on peut toucher du doigt la matérialité du sens et son irréductibilité à une représentation matérielle.

Les documents relèvent traditionnellement de plusieurs disciplines, selon que l'on considère leur support d'inscription, les contraintes de l'expression et de l'interprétation, les problèmes liés à leur conservation et leur organisation. Ces disciplines ont peu l'habitude de communiquer : l'ingénierie du papier mobilise peu la documentation, même si l'étude et l'interprétation des manuscrits anciens sait à l'occasion faire appel aux connaissances techniques sur le papier ; la documentation et l'organisation des collections n'abordent pas les problèmes techniques liés au support, même si parfois elles les constatent, etc. Cependant, ce relatif cloisonnement est fortement remis en cause depuis quelques décennies avec la numérisation massive des contenus.

La numérisation des contenus et l'informatisation de leur exploitation bouleversent le cadre conceptuel et méthodologique gouvernant les pratiques et les usages des documents. Une refonte est nécessaire pour affronter des problèmes inédits et tirer partie des nouvelles possibilités offertes par le cadre technologique émergent. En effet, le numérique n'est pas tant un nouvel outil permettant de résoudre des problèmes anciens qu'un instrument permettant de faire émerger de nouvelles pratiques, de nouveaux besoins et donc de poser de nouveaux problèmes pour lesquels les concepts manquent.

En particulier, le numérique permet d'articuler finement le support d'expression et son interprétation : étant calculable, l'inscription numérique permet de coupler les transformations du support et les opérations interprétatives. En permettant au lecteur par exemple d'agir sur le contenu en faisant des recherches d'information, en construisant des vues partielles, en annotant de manière structurée, le numérique transforme la lecture qui se faisait traditionnellement *sur* le support en une lecture qui se fait *dans* et *avec* le support.

Le problème se pose de savoir comment relier la manipulation des documents à leur interprétation. L'enjeu est de pouvoir déterminer les transformations permettant de rendre les documents intelligibles pour les lecteurs : quelle intelligibilité construire à partir des opérations techniques ? Ce problème relève directement de l'ingénierie des connaissances telle que nous l'avons caractérisée, dans la mesure où il s'agit d'apporter les outils d'intelligibilité à la consultation et à l'exploitation d'inscriptions numériques documentaires.

La manipulation des inscriptions documentaires numériques, et par conséquent les possibilités de leur interprétation, s'effectue à deux niveaux : le niveau de la *numérisation des documents*, où ces derniers sont *directement* manipulés et *transformés*, et le niveau de l'*indexation* des contenus, où les documents sont *indirectement* manipulés *via* la transformation ou réécriture de leur indexation ou description.

La numérisation permet d'aborder la manipulation des documents temporels au-delà de leur simple consultation : en effet, l'instrumentation technique dans le contexte analogique vise essentiellement à enregistrer et restituer un contenu sonore ou audiovisuel. Elle entraîne comme conséquence fondamentale l'intégration dans un même système informatique de la transformation des documents et de leur gestion.

L'indexation consiste de manière générale à reformuler l'expression documentaire du contenu dans une forme et un format plus adapté à une exploitation donnée et constitue un enjeu essentiel d'une contribution de l'ingénierie des connaissances à l'ingénierie documentaire. En montrant comment obtenir, représenter et exploiter les index, l'ingénierie des connaissances peut contribuer à montrer comment rendre significatifs et lisibles les documents indexés, en permettant une manipulation renvoyant à des opérations de lecture. Avec le numérique, l'indexation reste un problème documentaire pour prendre une dimension technique supplémentaire de type informatique. Problème classiquement confiné à la conservation et l'organisation des documents au sein d'institutions comme les bibliothèques, l'indexation devient la condition de possibilité pour l'exploitation de tout contenu numérique dans la mesure où le numérique instaure l'indexation comme condition d'accès au contenu : toute information est accessible *via* son adresse en mémoire. Plus généralement, toute interprétation repose sur des opérations techniques, et l'indexation donne les clefs pour que ces opérations soient significatives et significatives en fonction du contenu.

Notre étude de la construction de l'interprétation des inscriptions documentaires numériques s'effectue dans un cadre dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

La dématérialisation des contenus : la notion classique de document s'est élaborée dans un contexte où le support permettant d'enregistrer et de conserver un contenu est le même que celui qui permet de le restituer (le papier que je lis est le même que celui que je range). Dans le contexte numérique de dématérialisation des supports, le support de conservation (le disque dur) n'est pas celui qui permet de restituer le contenu (l'écran, ou le papier imprimé). Entre les deux s'est introduit la médiation d'un dispositif reconstruisant le document à lire à partir du document enregistré. Si bien qu'au fondement même du document numérique gît la problématique de publication d'un contenu à partir de son enregistrement : disposer d'un exemplaire lisible, c'est déjà le reconstruire. C'est la raison pour laquelle l'évolution du document papier au document numérique a pour conséquence l'évolution d'une indexation dévolue à la recherche d'information à une indexation conçue pour la publication électronique.

L'intégration de différents médias sur un même support : jusqu'au numérique, chaque média était confiné sur un support dédié sans avoir d'interaction avec les autres médias. L'audiovisuel, enregistré sur un support magnétique (la cassette vidéo) ou argentique (le film), n'était associé à aucune autre information :

textuelle, graphique, etc. Réciproquement, un texte pouvait difficilement inclure des photos (par exemple, des pages de qualité différente au milieu d'un livre) et encore moins de l'audiovisuel. Le numérique permet à chaque média de sortir de son splendide isolement. Outre des problèmes techniques nouveaux, cette nouvelle situation renvoie à des difficultés fondamentales sur l'écriture et la lecture multimédias : comment intégrer différents médias dans une écriture pensée pour une lecture ? L'indexation prend dans ce contexte le rôle d'une instrumentation pour la lecture : l'indexation ne sert pas tant à retrouver de l'information qu'à l'organiser pour la lecture.

L'hypertextualisation des contenus : les documents se sont toujours cités les uns les autres, soit *in praesentia*, mais alors de manière incomplète et focalisée (comme par exemple l'extrait court d'un texte d'auteur), soit *in absentia*, en mentionnant un document sans donner accès au contenu. Le numérique a permis de fusionner ces deux modes à travers le lien hypertextuel : la mention *in absentia* peut devenir une citation *in praesentia* en convoquant et mettant en présence le document mentionné, focalisant la partie pertinente sans la couper du reste du texte. L'écriture et l'édition se sont emparées de ces possibilités pour proposer des documents hypermédias : mobilisant des liens ne reliant pas seulement des textes, mais toutes sortes de contenus. Quelle espèce de document sont-ils ? Comment les lire, les indexer, les instrumenter ? L'expérience prouve qu'ils sont pour le moment plus désorientants que prétextes à des lectures innovantes.

La numérisation des objets temporels : par objet temporel, il faut comprendre les objets sonores et audiovisuels, qui imposent le rythme et l'ordre de la lecture. Au lieu de se construire dans un espace comme un texte, les objets temporels se construisent dans et par une durée. La numérisation de ces objets permet de revoir l'indexation : en effet, dans un contexte classique analogique, l'indexation audiovisuelle est essentiellement une identification du document (que l'on appelle souvent « catalogage ») et une description globale du contenu (« de quoi ça parle ? ») sans qu'il y ait de description segment par segment ; l'accès technique à une partie quelconque du document étant coûteuse et difficile dans ce contexte analogique, il n'est d'aucune utilité de référencer et localiser finement le contenu sur son support puisque de toutes manières il faut avoir le document en entier pour consulter l'une de ses parties. Le numérique permet d'avoir un *accès aléatoire au contenu*, en pratique, à une partie du document sans avoir à consulter l'ensemble du document. Cette possibilité amène à revoir profondément l'indexation et la documentation.

L'indexation adopte par conséquent de nouvelles méthodes pour de nouvelles finalités. Les méthodes, ce sont les moyens d'associer des index à des contenus multimédias et des objets temporels. Les finalités renvoient à l'organisation du contenu, à l'aide de ces index, pour sa publication et sa lecture. La recherche d'information

ne devient qu'un cas particulier, l'une des tâches nécessaires pour publier et lire des contenus multimédias.

On comprendra par conséquent que l'indexation multimédia est avant tout un problème conceptuel avant de renvoyer à des difficultés techniques. C'est pourquoi ce chapitre se consacre, dans un premier temps, à bâtir un cadre dans lequel poser les enjeux d'une instrumentation numérique des inscriptions documentaires. Nous nous interrogerons successivement sur les questions suivantes :

– qu'est-ce qu'un contenu, et comment aborder son interprétation ? Nous définissons l'interprétation comme l'exploitation des possibilités techniques (c'est-à-dire le fait de déployer les réécritures d'une inscription en fonction de ce que permet le système technique) d'une inscription du contenu visant l'appropriation et l'objectivation. Ce préambule permettra d'aborder les documents comme des objets techniques particuliers, dont il faut considérer les différents niveaux d'instrumentation pour aborder leur interprétation ;

– qu'est-ce qu'un document ? Nous caractériserons les différentes dimensions des inscriptions matérielles et définirons la notion de document, ainsi que les formes liées comme les collections et les hyperdocuments ;

– qu'est-ce que la numérisation ? Quelles sont les conséquences de la numérisation des documents ? Nous distinguerons différents niveaux de numérisation, définissant des niveaux de manipulation conduisant à des paliers d'analyse du sens documentaire ;

– qu'est-ce que l'indexation ? Quelles sont les conséquences liées à l'informatisation de l'indexation ? Nous définirons les différents types d'indexation, à savoir l'indexation conceptuelle, documentaire et par le contenu, et montrerons comment la *numérisation des documents* et l'*informatisation de l'indexation* conduisent à envisager de multiples possibilités d'exploitation des contenus ;

– qu'entraînent les possibilités multimédias du numérique ? En particulier, quelles sont les difficultés posées par l'indexation d'un objet temporel, d'une image, d'un flux audiovisuel ? Quels sont les différents niveaux d'indexation, selon sa propre nature sémiotique et celle du contenu indexé (par exemple, indexer un son par un son ou un mot ?) ?

– quels sont les principaux enjeux de l'indexation multimédia des documents ? Nous prendrons l'exemple de la norme MPEG-7 pour illustrer comment le monde informatique s'empare de la problématique de l'indexation pour proposer une vue cohérente et structurée ;

– quels peuvent être les principaux objets d'étude qu'une ingénierie des connaissances doit se donner pour aborder l'ingénierie documentaire ? On abordera deux applications particulières, qui nous semblent illustratives des problèmes à traiter : d'une part l'archivage du web, d'autre part la structuration documentaire des mémoires de contenus (par exemple mémoires de projet, mémoire d'entreprise, mémoires personnelles, etc.), que nous traitons comme une objectivation rhétorique des contenus.

8.1. L'interprétation, comme objectivation et appropriation

La théorie du support exposée dans le chapitre 2 a argumenté la thèse selon laquelle toute interprétation correspond à l'actualisation d'un potentiel exprimé par la structure technique d'un instrument. Autrement dit, toute interprétation est une opération et une construction, dont la nature et l'exécution sont conditionnées par l'instrumentation environnante. Interpréter, c'est faire quelque chose, c'est construire en s'aidant d'outils.

Les outils de l'interprétation concernant les inscriptions sémiotiques correspondent d'une part à l'instrumentation inhérente ou interne à l'inscription elle-même, et, d'autre part, à une instrumentation externe. L'instrumentation interne correspond aux manipulations rendues possibles par la forme même du document : par exemple, un codex permet de manipuler les feuilles ; on peut les arracher, les retrouver par un accès direct lié à leur numérotation, ou encore, un caractère dans un texte numérique, que l'on peut retrouver, supprimer, etc. L'instrumentation externe correspond aux « ancrés » ou « poignées » que l'on ajoute autour du document pour se saisir de parties ou segments du contenu. C'est par exemple l'indexation qui permet de repérer une partie du contenu pour la retrouver, l'extraire, la remplacer, etc. Il n'y a pas de solution de continuité entre les instrumentations internes et externes, car l'instrumentation externe est progressivement internalisée dans la structure technique du contenu. Par exemple, les documents textuels peuvent être construits en contenant dès l'origine les poignées permettant de se saisir d'une partie déterminée du contenu, c'est le cas des documents XML par exemple. Ces instrumentations sont exploitées selon deux mouvements interprétatifs complémentaires et indissociables, l'un donnant à l'autre son essence et sa substance :

L'appropriation : lire, c'est réécrire en soi le contenu avec ses propres termes, ses propres contenus. On s'*approprie* le contenu en le formulant dans ses *propres* références. L'appropriation consiste à reformuler le contenu comme si ce contenu venait de soi et était l'expression de son idiosyncrasie propre.

L'objectivation : la lecture est motivée par le fait de lire quelque chose qui n'est pas soi, qui n'est pas de soi, et qui ne va pas de soi. La lecture s'accomplit dans un contenu qui est maintenu dans son altérité tout en ayant été reformulé dans ses propres termes pour accéder à son intelligibilité. Ainsi, en lisant Platon, le texte de Platon reste bien celui de Platon, que je lis parce que c'est celui de Platon. Néanmoins, à partir de cette objectivité du texte platonicien, je tente de le comprendre en le reformulant jusqu'à ce que je parvienne à exprimer ce que j'estime être son sens véritable et authentique. Mais si le texte de Platon devient la lecture que j'en fais, que le texte platonicien s'adapte et se personnalise dans ma lecture, il disparaît et fait disparaître par la même occasion la lecture. La lecture comme appropriation n'est nécessaire que parce qu'il y a un texte étranger et objectif. L'adapter, c'est supprimer la lecture comme appropriation.

Il n'y a donc appropriation que parce qu'il y a objectivation, de même qu'il n'y a objectivation que parce qu'il y a appropriation. En effet, nulle lecture n'épuise un texte, qui dans sa résistance à l'appropriation, acquiert davantage d'objectivité. L'appropriation réussie est celle qui parvient à dégager le pôle objectif du texte dans son ipséité du pôle subjectif de la compréhension. On arrive donc au paradoxe selon lequel la réussite d'une lecture, c'est son échec : on n'a vraiment bien lu un texte ou un document que lorsque l'on a clairement pris conscience que la lecture est inachevée et qu'elle n'a pas (encore) rendu justice au document, et qu'elle ne pourra d'ailleurs jamais le faire.

Ces deux mouvements induisent une instrumentation spécifique : l'objectivation se traduit par le fait de pouvoir accéder à un exemplaire de référence, une version faisant autorité, sur laquelle tout le monde est d'accord (ou presque) pour voir en elle la version authentifiée (à défaut d'authentique) du contenu exprimé. L'instrumentation consistera alors en un processus d'identification (savoir à quelle version du contenu on a affaire) et de localisation (pouvoir le retrouver). L'appropriation se traduit par des vues construites à partir de la version de référence, pour exprimer et présenter le contenu dans une forme plus accessible et plus familière au lecteur. Mais ces vues doivent être des vues *sur* le contenu, et non des *versions* de substitution. Trop souvent, les vues dynamiques construites constituent les versions du document consulté : en se substituant à lui, elles l'annulent et perdent leur propre consistance : de quoi sont-elles la vue, puisqu'elles l'occulent au lieu de le montrer ?

Par conséquent, une instrumentation idoine doit permettre d'articuler et de mettre en réseau documents et vues en une hiérarchie d'autorité et de qualité : maintenant les versions exemplaires pour en faciliter la consultation systématique, le retour pour authentifier ou certifier les vues construites pour les appropriations diverses. La difficulté est que la version de référence doit être vue et consultée elle-aussi, et donner lieu à sa propre reconstruction. Il faut donc adopter un mode de publication permettant de clairement distinguer la vue canonique présentant le contenu tel qu'il est certifié, authentifié et constitue une autorité, des vues non canoniques l'utilisant comme ressource.

Les normes documentaires doivent faire place à des possibilités hypertextuelles de marquer le renvoi ou lien à une référence d'autorité, à l'image des citations dans les ouvrages savants, avec leur tradition critique. L'apparat critique hypertextuel reste à faire. Mais mettre en place les procédés techniques de l'appropriation et de l'objectivation doit s'effectuer dans le cadre déjà déterminé des inscriptions matérielles des contenus en général et des documents en particulier. Ce cadre possède ses contraintes et structure fortement la numérisation et l'indexation, les deux instrumentations principales qu'il faut considérer pour prendre en compte l'influence du numérique sur les contenus.

8.2. Les différentes caractéristiques des documents

Dès lors que l'on remarque que la dimension matérielle des inscriptions est une clef d'accessibilité à l'intelligence de leur contenu, il convient d'examiner de plus près la nature d'une inscription et les contraintes qui s'en déduisent pour leur interprétation. Cet examen se déroulera en deux temps : tout d'abord il s'agit d'envisager les différentes dimensions des inscriptions, pour ensuite se concentrer sur un cas particulier remarquable, le document.

Un contenu est une forme inscrite sur un support se prêtant à une interprétation à travers laquelle elle fait sens pour quelqu'un ou une communauté. C'est donc une *forme matérielle interprétable*. C'est d'ailleurs pour cette raison que le terme de contenu sert parfois à qualifier non pas la forme interprétable, mais son sens, c'est-à-dire le résultat de son interprétation. Par ailleurs, si on parle de contenu, la notion de « contenant » n'est pas loin. Le contenant sera dans ce contexte, d'une part, tout ce qui permet de fixer ou réifier en un format manipulable le contenu, et, d'autre part, les outils pour manipuler ce format et le produire, le reproduire, le transformer et le transmettre. Par exemple, un contenu pourra être un texte écrit, en considérant particulièrement la forme matérielle des lettres, de la mise en page et autres déterminations de ce qui fait sens. Le contenant sera le papier, l'encre, et les outils permettant d'imprimer, reproduire, etc.

Encadré 8.1. *La notion de contenu*

8.2.1. *L'inscription matérielle et ses différentes dimensions*

Une inscription se caractérise selon différentes dimensions. Une inscription permet d'inscrire un contenu (voir encadré 8.1), de le conserver et de le restituer. Ainsi se dégagent trois dimensions pour lesquelles on caractérisera successivement¹ :

La dimension de l'expression :

La forme sémiotique d'expression : il s'agit du code sémiotique utilisé pour transcrire l'intention d'expression d'un auteur. L'expression correspond au passage d'un « vouloir » dire à un « dit » empruntant sa forme à un registre sémiotique donné.

1. Nous réactualisons ici nos propositions de [BAC 98].

Le dispositif d'enregistrement : il s'agit du dispositif matériel permettant d'inscrire un contenu en une forme sur un support qui permette son enregistrement, c'est-à-dire sa conservation. Le dispositif d'enregistrement assure la conservation de l'expression, en donnant une persistance matérielle à la forme sémiotique d'expression. Le dispositif d'enregistrement sélectionne et configure le contenu exprimé pour le conformer aux contraintes des conditions de la conservation. La forme sémiotique d'expression est alors transformée dans sa matérialité pour donner une forme d'enregistrement.

La dimension de la conservation :

Le support d'enregistrement : il s'agit de l'objet matériel sur lequel une forme sera inscrite pour conserver et préserver le contenu. Le support d'enregistrement est par conséquent le support d'inscription, le support que l'on charge de préserver et conserver le contenu inscrit. Par exemple, un livre a pour support d'enregistrement le papier, un document audiovisuel a pour support une bande magnétique vidéo ou un film argentique, le document numérique a pour support la mémoire adressable d'un support informatique.

La forme d'enregistrement : le support d'inscription permet de consigner le contenu dans une certaine forme. La forme d'enregistrement est la forme sous laquelle le contenu est inscrit sur le support d'enregistrement : elle doit permettre de recouvrer le contenu enregistré. Pour un livre, c'est la typographie d'un répertoire alphabétique, pour un document audiovisuel, le signal magnétique sur le support vidéo, ou le code numérique binaire des documents numériques.

Le dispositif de lecture : c'est le dispositif matériel permettant de passer de la forme d'enregistrement à une forme lisible ou appréhendable par un être humain.

La dimension de la restitution :

Le support de restitution : il s'agit de l'objet matériel permettant d'accéder au contenu et d'en prendre connaissance. L'inscription ne préserve et ne conserve un contenu que pour le rendre accessible et partageable. Le contenu doit par conséquent pouvoir être lu, consulté, visualisé sur un support le permettant. Ce support est celui où un utilisateur peut faire sien le contenu, se l'approprier. Un support de restitution est l'écran de télévision, le papier du livre, un haut-parleur, etc.

La forme physique de restitution : il s'agit de la forme physique sous laquelle l'inscription est présentée pour être directement intelligible. En effet, le support physique présente le contenu. Pour cela, ce dernier doit être présenté dans une forme physique compatible avec le support physique,

pour que le contenu puisse être appréhendé par l'utilisateur. Par exemple, à partir du signal magnétique (forme d'enregistrement) de la cassette vidéo (support d'enregistrement), la télévision (support de restitution) reconstruit un signal visuel (les points de couleurs de l'écran) regardé par le spectateur.

La forme sémiotique de restitution : la représentation affichée sur le support de restitution respecte une structure ou une forme telle qu'elle est directement intelligible par l'utilisateur. Cette forme est donc la forme de restitution permettant à un utilisateur de s'approprier le contenu. La forme sémiotique de restitution correspond à une forme directement interprétable par un utilisateur, dans la mesure où elle appartient à un registre sémiotique dont l'utilisateur a déjà fait l'apprentissage culturel ou scolaire. Alors que la forme d'enregistrement n'est pas nécessairement directement intelligible (par exemple le signal magnétique d'une cassette vidéo), la forme sémiotique doit nécessairement l'être. La forme sémiotique de restitution et la forme physique de restitution sont donc les deux faces d'une même pièce : la forme physique correspond au substrat matériel de la forme perçue, la forme sémiotique correspond à la forme perçue en tant qu'elle signifie pour un code de signification donné. En prenant une analogie avec la parole, la forme physique est le son, la forme sémiotique le phonème.

Lorsqu'un document mobilise plusieurs formes sémiotiques de restitution, on dira que le document est multimédia. Par exemple, l'audiovisuel est multimédia car il mobilise l'image, la musique, le bruit et la parole. L'image peut elle-même être multimédia si elle comporte des textes et des structures iconiques.

La modalité de restitution : la forme sémiotique de restitution s'adresse à une ou des modalités perceptives. Quand il y a plusieurs modalités de restitution, le document est multimodal. Par exemple, l'audiovisuel est multimodal car il s'adresse à la vue et à l'ouïe.

Le dispositif de restitution : il s'agit du dispositif permettant d'informer le support de restitution avec la forme physique de restitution de manière à proposer une forme sémiotique appréhendable par un être humain.

Prenons quelques exemples. Pour un contenu vidéo, le support d'enregistrement est une bande magnétique (la cassette), la forme d'enregistrement le signal magnétique inscrit sur la bande, le support de restitution l'écran du téléviseur, la forme sémiotique la forme audiovisuelle, la forme physique les pixels de couleur, et, le dispositif de restitution la télévision. Pour un contenu sonore, le support d'enregistrement est le CD, la forme d'enregistrement le code binaire, le support de restitution l'air ambiant, la forme sémiotique la forme sonore, la forme physique l'onde sonore, le dispositif de restitution les hauts parleurs. Enfin, le contenu écrit sur un support papier est un cas particulier exemplaire car il confond les dimensions de la conservation et de la

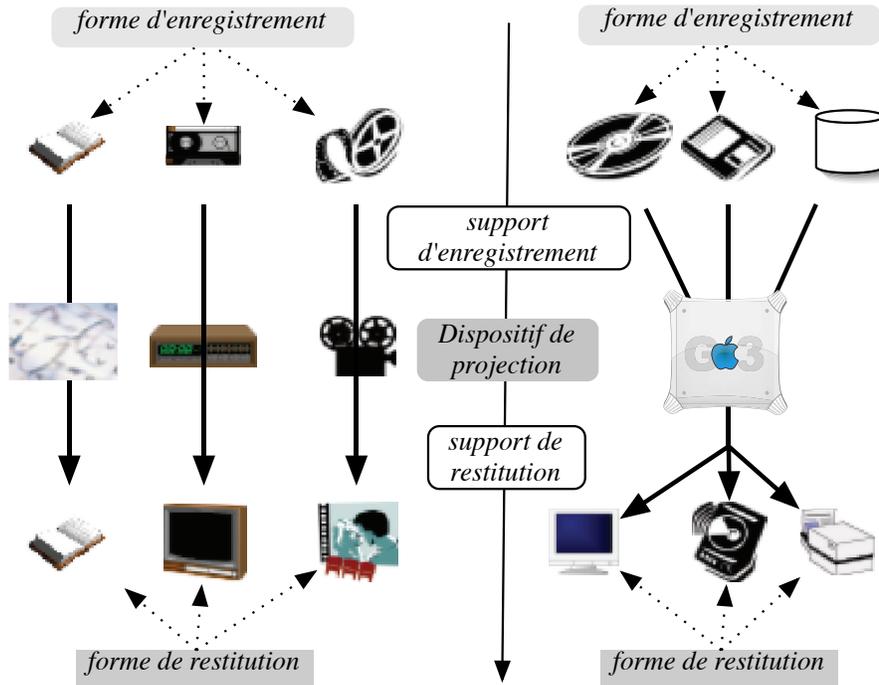


Figure 8.1. Les dimensions des inscriptions documentaires. On remarquera que pour les documents sur un support papier comme le livre, les supports d'enregistrement et de restitution sont confondus. Pour les documents audiovisuels, ils sont distincts : le numérique ne fait donc pas généraliser la dématérialisation des documents introduite par l'audiovisuel.

restitution. Le support papier et le contenu écrit constituent le type d'inscription traditionnelle pour laquelle les concepts documentaires ont été forgés. Pour ce support :

- les support d'enregistrement et support de restitution sont confondus : le support sur lequel on lit est celui que l'on range et stocke ;
- les formes d'enregistrement et de restitution sont confondues : ce que l'on lit est bien ce que l'on a inscrit sur le support.

Ces propriétés sont fondamentales car elles établissent une symétrie entre la lecture et l'écriture, l'enregistrement et la restitution. En effet, c'est le même apprentissage qui permet d'aborder la lecture et l'écriture : savoir lire, c'est savoir écrire [STI 94]. Il n'est pas nécessaire d'avoir une médiation mécanique pour recouvrer le contenu ou pour le coucher sur le papier. L'information transcrite n'est pas codée pour n'être accessible que par l'intermédiaire d'un instrument mécanique de lecture/écriture comme le sont les dispositifs de lecture et d'enregistrement pour les sons et les vidéos par

exemple. Le document papier est devenu un cas particulier quand il a fallu envisager un autre type de document, les documents temporels. En effet, il faut faire une importante distinction parmi les formes sémiotiques de restitution des documents. Il faut en effet distinguer :

Les formes statiques et spatiales de restitution : les structures interprétables se présentent simultanément à l'utilisateur. L'ordre et le rythme dans lequel se déroule la lecture ou la consultation sont laissés à la discrétion du lecteur / utilisateur. Même si la succession linéaire des caractères d'un document papier suggère un ordre canonique de lecture, elle n'est pas une condition nécessaire et incontournable de la lecture.

Les formes temporelles et dynamiques de restitution : les structures interprétables se présentent successivement à l'utilisateur, dans un ordre et selon un rythme imposé à l'utilisateur par le document lui-même. En particulier, l'ordre et le rythme constituent ce par quoi le document fait sens pour un utilisateur. Accéder au sens du document temporel, c'est se conformer à l'ordre et au rythme du document.

Ce dernier cas correspond aux documents sonores et audiovisuels, documents qui enregistrent un cours temporel pour le préserver et le restituer. Ces documents rencontrent cependant la difficulté suivante :

- un support d'enregistrement est nécessairement matériel, donc spatial. Chargé de préserver dans le temps le contenu, il ne peut contenir l'écoulement du temps. La forme d'enregistrement est par conséquent spatiale ;
- la forme sémiotique est temporelle, c'est-à-dire que la temporalité fait partie intrinsèque du mode de signification du document qui doit par conséquent véhiculer par lui-même, en lui-même, la temporalité qui permet de restituer le contenu.

On en déduit que, contrairement au document papier, il ne peut y avoir identité, pour le document temporel, entre le support d'enregistrement et le support de restitution, la forme d'enregistrement et la forme sémiotique de restitution. Il ne peut y avoir de document temporel qu'à partir du moment où l'on dispose d'un procédé permettant à partir de l'enregistrement de reproduire une forme temporelle. Ce procédé doit être un procédé mécanique, c'est-à-dire un procédé permettant de reconstruire un déroulement temporel à partir d'un ordonnancement statique et matériel d'éléments. Ainsi, le signal magnétique, statique, permet de piloter un magnétoscope et une télévision pour reconstruire une forme physique de restitution interprétable comme une forme sémiotique temporelle.

On doit par conséquent distinguer la forme d'enregistrement du contenu, car elle n'est pas lisible comme telle : elle est destinée non à être lue, mais à être jouée par

un mécanisme qui va reconstruire la forme temporelle du document. La forme d'enregistrement n'est donc accessible que par la médiation d'un dispositif de lecture, un *player*, qui permet de décoder cette forme pour reconstruire le document.

Expression, conservation, restitution constituent la chaîne d'une transmission, et pas seulement d'une communication. Il s'agit par conséquent d'une conception médiologique de la connaissance et de sa dimension technologique [DEB 00]. Chaque élément de cette chaîne introduit au maillon suivant. Ainsi, la restitution permet à un lecteur de s'approprier le contenu reconstruit par le dispositif de lecture. Cette restitution correspond à une interprétation de l'inscription proposée dans sa forme sémiotique de restitution. Si, comme on l'a soutenu au chapitre 2, toute interprétation est une réécriture ou une réinscription, l'interprétation du contenu restitué revient à une réinscription sur un autre support. Ce support peut alors être le même support d'enregistrement (la note marginale d'un texte) ou sur un autre (un commentaire écrit sur des feuillets à part), ou bien encore être le lecteur lui-même, qui réinscrit dans sa propre mémoire l'interprétation fruit de sa lecture.

8.2.2. *Les caractéristiques des documents*

Les inscriptions correspondent à tous les contenus considérés à travers leurs manifestations matérielles. Puisque la forme matérielle conditionne l'intelligibilité de l'inscription, ces formes se sont stabilisées au gré des traditions pour prescrire des parcours interprétatifs privilégiés et permettre ainsi une meilleure transmission des contenus. On appellera document une inscription stabilisée dans une tradition de transmission.

Étymologiquement, « document » vient du terme latin *doceo*, « j'enseigne ». Le document serait ainsi une inscription qui enseigne. Il a pour vocation d'instruire la preuve, d'être le témoignage d'un événement dont il est la trace, et qui peut être produite pour manifester la réalité de l'événement et le bien fondé des conséquences qui en ont été tirées. Par conséquent, le document possède, de par ses origines, une vocation essentiellement juridique. Mais plus généralement, si le document possède une valeur juridique, c'est qu'avant tout il conserve une expression et qu'il en est le support de mémoire. Le document est mémoire.

Il est assez difficile de déterminer les conditions nécessaires et suffisantes sous lesquelles une inscription est déclarée constituer un document. Cependant, on peut dégager certaines propriétés ou caractéristiques comme étant nécessaires au document pour qu'il soit reconnu comme tel. Ce sont :

La permanence dans le temps : un document doit posséder une permanence dans le temps, il doit *persister*, c'est-à-dire se tenir identique à lui-même à travers le temps.

La délimitation spatiale : pour qu'un contenu soit un document, il doit être possible de déterminer avec certitude où il commence, où il finit, ce qui lui appartient ou ce qui ne lui appartient pas.

Cette caractéristique est essentielle car elle constitue la possibilité de la lecture et de l'interprétation : on ne peut lire un contenu que lorsque l'on peut faire la part entre le document lu et la lecture qui en est faite, entre le discours et le métadiscours que l'on tient à son endroit. C'est à partir de la finitude documentaire que commence l'interprétation, interprétation qui, quant à elle, n'est jamais terminée. La finitude et fermeture documentaire renvoient à l'ouverture indéfinie de l'interprétation.

La délimitation temporelle : pour être persistant dans le temps, un document doit posséder un état de référence, une version établie permettant d'évaluer l'intégrité des différents exemplaires rencontrés. La version de référence est établie par un acte instituant l'inscription en document. A partir du moment où cet acte est accompli, le document ne doit plus varier. En particulier, la forme matérielle interprétable le constituant ne doit pas varier en fonction du moment où s'effectuent la consultation et la lecture. Toute modification du contenu tient lieu alors d'une republication ou ré-élaboration du document.

Intentionnalité : un document est un objet intentionnel. Cela implique qu'il doit être considéré pour ce qu'il signifie, et non pour ce qu'il est physiquement.

En suivant ces critères, il est facile de constater que bon nombre d'inscriptions ne sont pas des documents. Comme nous y reviendrons plus tard (voir section 8.2.3.3), les documents du web ne vérifient pas la finitude spatio-temporelle requise par les contraintes ci-dessus : le jeu des hyperliens implique qu'il est impossible d'assigner un début ou une fin à un document publié sur le web, à moins de nier la dimension hypertextuelle. Par ailleurs, le rythme permanent des mises à jour, généralement non signalées, implique qu'il est impossible de savoir à quel moment fixer la forme documentaire de référence d'un contenu publié sur le web. Le web remet en cause la notion de document et il faut donc reprendre la problématique des inscriptions numériques dans ce contexte.

Par conséquent, un contenu n'est pas nécessairement un document. Un contenu devient un document seulement quand une intention le fixe et le livre à la consultation d'autrui. Un contenu renvoie à une écriture, non à une publication : le modifier n'est pas le republier. Les usages du monde de l'édition le confirment : un livre publié n'est plus modifiable, il doit être réédité pour cela. Faut-il en déduire que la publication est une condition nécessaire pour considérer une inscription comme un document ? Il semble que non. Si tout contenu publié est bien un document, la publication introduit une contrainte trop forte pour y reconnaître une condition nécessaire. Cependant, de la publication nous retiendrons que l'inscription est une intention adressée à des lecteurs

qui ne sont pas nécessairement identifiés lors de l'écriture par l'auteur. Autrement dit, un document est un contenu dépassant la communication privée et s'adressant à des lecteurs potentiels, voire virtuels.

L'intentionnalité des documents mérite quelques précisions. Le document n'est pas par lui-même intentionnel, mais il l'est depuis un point de vue qui l'institue comme ayant une valeur intentionnelle. Cette intentionnalité peut être constitutive du document, dans la mesure où le document comme objet physique est créé en vue de cette intentionnalité, ou elle peut être conférée seulement dans un second temps. Dans ce dernier cas, le document a été créé d'abord comme un objet physique, pour devenir un document pour un point de vue particulier qui l'institue comme tel. On peut donc distinguer deux classes documentaires :

Les documents possédant une intentionnalité *a priori* : le document comme objet matériel a été créé en vue d'endosser une intentionnalité documentaire. Le fait d'être un document est constitutif de l'objet physique auquel il correspond. C'est le cas général des documents tels qu'on les qualifie dans la langue ordinaire : les journaux, les notes personnelles, les rapports, etc.

Les documents possédant une intentionnalité *a posteriori* : le document est d'abord un objet matériel créé indépendamment d'une intentionnalité documentaire. Ce sont par exemple des outils pour la chasse et la pêche. Puis, ces outils, retrouvés et étudiés par l'archéologue, deviennent des documents pour lui puisqu'il les considère comme des témoignages qu'il veut interpréter pour reconstruire une représentation des événements ou pratiques dont ils sont la trace. Créés pour être des outils, l'archéologue les institue comme des documents (par exemple, la « lecture » qu'en fait Leroi-Gourhan dans ses ouvrages [LER 73]).

Les considérations précédentes portent sur les critères constituant le document comme tel. Mais il doit également être lisible. La lisibilité documentaire repose sur deux facteurs essentiels :

La forme documentaire : il s'agit de la caractérisation de l'inscription comme forme traditionnelle. L'inscription est déterminée par la pratique qui l'a produite et qui l'utilise. Ces déterminations sont : le type de document, son auteur, sa date d'élaboration, sa destination. En fonction de cette forme documentaire, l'interprétation de l'inscription est surdéterminée.

La tradition de lecture : il s'agit de la tradition concernant la réception du document quand il est restitué. Cette tradition, transmise par apprentissage culturel, est la condition d'intelligibilité des inscriptions documentaires.

La forme documentaire est l'extension de la forme sémiotique de restitution et la tradition de lecture correspond à l'extension de l'apprentissage culturel de cette forme. La tradition de lecture est à la forme documentaire ce que l'apprentissage culturel est à la forme sémiotique.

Un exemple permettra d'articuler ces notions. Dans la pratique médicale hospitalière, le dossier patient recueille les informations nécessaires à la mise en œuvre des soins et à la transmission des informations d'ordre thérapeutique. Le dossier comporte un nombre important de documents répartis en catégories bien déterminées : comptes rendus d'examen, comptes rendus d'hospitalisation, résultats d'examen, etc. Chaque type de document se particularise par son support (type de feuille, couleur), sa forme sémiotique (graphique, mise en page particulière, etc.). La formation médicale apprend aux praticiens hospitaliers à interpréter la forme documentaire de ces inscriptions pour trouver facilement une information et à l'exploiter. Les longs stages imposés aux étudiants en médecine ont, entre autres, pour fonction de leur transmettre, par une pratique contrôlée par les pairs et plus anciens, la tradition de lecture associée à ces formes documentaires.

8.2.3. Au-delà du document : hypertextes et hyperdocuments

La forme documentaire possède des extensions dont la spécificité dépend du support d'inscription. Ces extensions sont essentiellement des collections ou ensembles de documents, permettant de les rassembler selon certains critères et de suggérer un mode de lecture adapté.

On convient d'appeler ici, à la suite de nos propositions dans [BAC 02], « hyperdocument » tout ensemble de documents constituant une certaine unité, et « hypertexte », ce qui résulte de l'informatisation d'un hyperdocument sous la forme d'un réseau de nœuds documentaires et de liens navigationnels les reliant. Un hyperdocument se caractérise par le fait que l'unité constituée par les documents qui le composent est moins forte que celle constituée par les parties d'un même document, comme les chapitres d'un livre. Un hyperdocument n'est pas un document, l'unité hyperdocumentaire est plus faible que l'unité documentaire. Par ailleurs, l'unité hyperdocumentaire est plus forte que celle qui proviendrait de la simple juxtaposition de documents ne possédant *a priori* pas d'autre solidarité que le fait d'être mis ensemble. Un hyperdocument est moins qu'un document, mais plus qu'un agrégat de documents. L'hyperdocument peut se définir comme étant la réunion d'un ensemble de document constituant un tout, une unité, par rapport à une utilisation pratique déterminée. Par exemple, un dossier patient, dans le contexte hospitalier [TAN 95], contient les documents nécessaires aux soins d'un patient. Mais l'unité hyperdocumentaire est plus faible que l'unité documentaire dans la mesure où, contrairement au document, l'hyperdocument ne prescrit pas *a priori* un parcours canonique de lecture, indiquant dans quel ordre consulter

les documents. Même si seuls quelques parcours font sens (contrairement à l'agrégat de documents, dont les parcours possibles sont *a priori* tous autant ou aussi peu pertinents), l'hyperdocument n'en recommande canoniquement aucun en particulier, contrairement au livre qui prescrit comme ordre canonique la succession linéaire du texte.

Il existe plusieurs types d'hyperdocuments, par exemple l'encyclopédie, la documentation, le dictionnaire, le dossier. Chaque type donne lieu à un *genre hypertextuel*, de la même manière que les textes donnent lieu à des genres textuels : le roman policier, à l'eau de rose, etc. Chaque genre textuel prescrit en tant que tel une manière d'écrire et de lire le document : on sait par exemple que c'est dans le dernier chapitre d'un roman policier que l'énigme se résout. Dans une optique de lecture rapide, on peut commencer la lecture par ce chapitre. *Mutatis mutandis*, le genre hypertextuel consiste en prescriptions interprétatives qui conditionnent la manière de lire l'hyperdocument, c'est-à-dire de le parcourir. On a cité l'exemple de l'encyclopédie, où son ordonnancement alphabétique et son jeu de corrélats prescrivent un type de parcours propre au genre encyclopédique. Les remarques précédentes nous permettent de déduire que dans le genre « dossier », les prescriptions interprétatives pour la lecture sont en partie véhiculées par le support matériel : le genre dossier prescrit les règles structurant le parcours par l'intermédiaire de son support matériel. Dans le cas des encyclopédies et des documentations, l'aide matérielle à la lecture prodiguée par le support papier (par exemple la synopsis spatiale) s'est objectivée en outils de navigation construits à partir de la considération de tout le document, comme les tables, index, corrélats, etc. Ces outils instrumentent les prescriptions interprétatives attachées au genre, leur permettant de se détacher du support matériel, c'est-à-dire de se dématérialiser. Dans le cas du dossier, son aspect dynamique qui le reconditionne, le reformate ou reconfigure en permanence, interdit que les prescriptions s'objectivent et s'autonomisent en de tels outils : l'aide prodiguée par le support matériel est irréductible et ne peut être dématérialisée.

8.2.3.1. *Un hyperdocument particulier : le dossier*

Nous avons particulièrement étudié le genre « dossier » dans le cadre du dossier médical. Nous avons proposé, en collaboration avec Jean Charlet, une hypertextualisation des dossiers médicaux dans le cadre du projet Hospitexte². L'objectif de ce travail était de déterminer les problèmes et de proposer une méthodologie pour le changement de support, du papier au numérique. L'enjeu n'était pas, contrairement à ce que l'on aurait pu croire, d'améliorer le dossier papier, mais de pouvoir faire aussi bien, fonctionnellement parlant, sur un support numérique. En effet, comme le souligne [TAN 95], le dossier papier résulte d'une longue tradition qui l'a élaboré et

2. Ce travail [CHA 98] a donné lieu au travail doctoral de Vincent Brunie [BRU 98], sous notre encadrement, la direction universitaire étant assurée par Pierre Morizet, de l'Université de Technologie de Compiègne.

adapté aux besoins de la gestion de l'information dans le cadre hospitalier, si bien que chaque particularité du support papier possède son rôle dans l'ergonomie de la lecture et donc dans la facilité à retrouver l'information pertinente au moment de sa consultation. Ainsi, un dossier médical³ comporte-t-il des feuilles de différentes couleurs, permettant de les différencier au moindre coup d'œil ; l'allure plus ou moins vieille du papier indique l'ancienneté de l'épisode clinique relaté dans le document, etc. L'étude devait donc élaborer comment le numérique pouvait retrouver les mêmes fonctionnalités sans pouvoir utiliser les mêmes propriétés du support.

Le dossier est un hyperdocument particulier qui se singularise par les trois caractéristiques suivantes :

- le dossier évolue : il est actif ; cela signifie qu'il est sans cesse enrichi de nouveaux documents qu'il faut prendre en compte dans son exploitation ; ce sont par exemple de nouveaux comptes rendus d'examen qui viennent s'ajouter au dossier patient ou une nouvelle fiche d'entretien dans le cas d'un dossier d'un collaborateur ;
- l'élaboration des documents composant le dossier est locale ; les documents composant le dossier sont indépendants les uns des autres : ils sont élaborés dans des contextes différents, par des auteurs distincts, selon des formats hétérogènes, souvent dans l'ignorance des autres pièces du dossier ; le compte rendu opératoire, par exemple, s'élabore dans le contexte local de l'opération, indépendamment des autres éléments du dossier ;
- la consultation des documents composant le dossier est globale : si le dossier existe en tant que dossier, c'est que l'on estime que la lecture d'un élément du dossier doit s'accompagner de la consultation des autres éléments du dossier ; conçus indépendamment les uns des autres, les documents du dossier doivent être lus ensemble.

L'élaboration locale pour une consultation globale pose le problème suivant : contrairement aux hyperdocuments comme les documentations ou les encyclopédies, il n'existe pas de manière de lire typique pour laquelle le ou les éditeurs de l'hyperdocument ont prévu des instruments de navigation comme les index, les tables des matières, etc., permettant au lecteur d'avoir une vue globale de l'hyperdocument à partir de laquelle construire son parcours. En général, les éditeurs de tels hyperdocuments ont d'ailleurs prévu un ordonnancement canonique (par exemple, la succession alphabétique des articles encyclopédiques) des documents permettant toujours par défaut une lecture linéaire.

Ce point est capital. Alors qu'un document possède toujours un auteur (considérer une inscription comme un document, c'est supposer qu'il émane d'une intentionnalité auctoriale, qui a conçu le contenu et l'a publié sous sa forme documentaire), un hyperdocument n'en a pas. Il peut en revanche posséder un éditeur, qui assemble et met en

3. [NYG 92a, NYG 92b].

forme les documents composant l'hyperdocument. Les éditer, c'est proposer des instruments de lecture, déterminer des parcours de lecture possibles. Le rôle de l'éditeur, c'est de rendre lisible et intelligible l'hyperdocument. C'est pourquoi l'éditeur est en quelque sorte l'auteur de la lisibilité de l'hyperdocument.

Le dossier n'a pas d'auteur, ce qui est évident, mais n'a pas d'éditeur non plus : chaque document a bien un auteur, mais du fait de l'élaboration locale, personne ne prend en charge la composition du dossier comme un tout, personne n'est l'auteur du tout qu'est le dossier⁴. Si bien qu'à aucun moment il n'y a eu d'intentionnalité éditoriale ayant organisé la matière documentaire du dossier en vue de sa lecture. En cela, le dossier n'est pas une documentation ni une encyclopédie. Le travail d'instrumentation de la lecture, habituellement pris en charge par l'auteur pour les documents et l'éditeur pour certains hyperdocuments, est donc à la charge du lecteur : seul le lecteur appréhende le dossier en tant que tel, c'est-à-dire en tant que tout. C'est la raison pour laquelle c'est à lui de prendre en charge le travail auctorial et éditorial résultant du point de vue global pris sur les documents du dossier. De plus, dans la mesure où le dossier est actif et où sa matière s'enrichit sans cesse, seul le lecteur peut avoir ce point de vue global à un instant donné : pour être exploitable, l'instrumentation éditoriale de la lecture doit être dynamiquement assurée par le lecteur. Puisque l'instrumentation de la lecture est à chaque fois inventée par le lecteur, il faut à présent considérer comment le lecteur d'hyperdocument s'y prend dans le cas des dossiers papiers actuels pour déterminer les manières pertinentes de les informatiser et d'en instrumenter la lecture.

8.2.3.2. *Les caractères génériques des hyperdocuments*

Mais, si le dossier est spécifique, il partage néanmoins les caractères génériques des hyperdocuments qu'il convient de préciser. Le propre des hyperdocuments est donc de rompre la linéarité du signifiant textuel pour suggérer des parcours non linéaires. Ces parcours non linéaires peuvent être complémentaires et s'ajouter à un parcours linéaire canonique, comme la note de bas de page enrichit un texte principal, ou bien constituer la textualité elle-même, le lecteur devant affronter la multiplicité des parcours possibles pour construire sa propre lecture.

Pour rompre la linéarité du signifiant, les hyperdocuments exploitent les particularités du support, en particulier le fait qu'il soit spatial : de la bidimensionnalité de la page à l'ajout d'une troisième dimension correspondant à l'épaisseur du livre, c'est-à-dire au nombre de pages, les hyperdocuments utilisent les relations spatiales, en orientant la topologie du support de manière à suggérer une navigation ou une lecture.

4. Cependant, le dossier comme objet matériel est pris en charge par l'organisation ou l'institution qui le conserve et l'exploite à des fins pratiques.

L'histoire de la lecture, de l'écriture et de l'imprimerie⁵ ont montré comment la tradition a su exploiter la spatialité du codex, de la feuille de papier, du volume relié, etc., pour proposer différentes lectures, différentes orientations, différents parcours. Le support numérique correspond à une spatialité calculée : la juxtaposition spatiale dans l'espace du support de restitution est remplacée par une action de l'utilisateur sur le dispositif de restitution permettant de convoquer un nouvel élément de lecture en sus ou à la place de ceux déjà montré. L'hyperlien propose une association *via* une action de l'utilisateur. La nature et le rôle des hyperliens sont délicats à déterminer, si bien que la conception et la réalisation d'hypertextes ou d'hypermédias restent un exercice délicat, encore peu maîtrisé [NIE 90].

Mais il nous semble que le dossier comme hyperdocument est le modèle documentaire adéquat pour considérer les hypermédias et, en particulier, les contenus rencontrés sur le web. En effet, dispersion de l'écriture et de l'édition qui restent locales, globalité de la lecture qui est confrontée au tout du web font que l'internaute rencontre une situation analogue au lecteur d'un dossier. Le rapprochement de ces deux modèles devrait permettre de comprendre l'un à partir de l'autre.

8.2.3.3. *Vers les hyperdocuments numériques : le cas du web*

Le *World Wide Web* permet depuis près de deux décennies de publier des documents selon la norme HTML et de les échanger selon le protocole HTTP. La norme HTML consacre l'usage des hyperliens dans l'élaboration des contenus et dans leur consultation. Les contenus publiés sur le web sont cependant difficiles à caractériser car ils ne vérifient pas les caractéristiques constitutives des documents (voir *supra*, 8.2.2). Ils permettent de mieux comprendre la difficulté à traiter des documents numériques dans la mesure où la tendance technique du numérique contrevient directement aux propriétés constitutives des documents. Plusieurs difficultés sont posées par les documents numériques, comme le révèlent ceux publiés sur le web :

- le contenu dynamique ou virtuel ;
- la non finitude spatiale ;
- l'instabilité temporelle.

Dans le cas d'un support numérique, le support d'enregistrement ne coïncide pas avec le support de restitution : un dispositif de lecture reconstruit ce qui est lu à partir de ce qui est enregistré. Le dispositif étant un programme, il devient possible de configurer la reconstruction de la lecture à partir de données propres au lecteur et à la situation de lecture. Le document est alors virtuel, dans la mesure où l'enregistrement n'est qu'une ressource permettant de construire une vue personnalisée et adaptée. Le fait de ne consulter qu'une *vue* dynamique du contenu interdit de voir en ce dernier un document. En effet, le propre du document est de constituer une inscription matérielle

5. Par exemple, [MAR 96], [CAV 97].

de référence, partageable et permanente. Autrement dit, ce qui fait la valeur documentaire d'un contenu, c'est de n'être ni personnel (il est partageable car s'adresse à plusieurs et non à un seul), ni virtuel (il est matériel), ni dynamique (il est permanent).

Le document dynamique et virtuel pose donc un problème fondamental dans la mesure où, supprimant la référence, il supprime la lisibilité. En effet, toute lecture est partagée entre deux mouvements opposés mais nécessaires, l'appropriation et l'objectivation (voir *supra*, section 8.1). Les documents dynamiques et virtuels annulent le mouvement d'objectivation de la lecture. Ils aboutissent à l'exténuation du sens dans la mesure où ils tendent à ne montrer au lecteur que ce qu'il est au lieu de lui donner l'occasion de s'approprier ce qu'il n'est pas. Pour rendre leur utilité et leur pertinence aux contenus dynamiques et virtuels, il convient d'avoir des contenus documentaires à la forme invariable et des vues lectoriales plus ou moins reconfigurables en fonction du lecteur et de la lecture. Ainsi, autant il est légitime et utile d'avoir des explications de texte et de vocabulaire dans une édition de Balzac, autant il serait absurde d'adapter Balzac au lecteur : l'enjeu et l'intérêt de la lecture, et de la culture, c'est précisément d'amener un lecteur à Balzac pour qu'il se l'approprie et apprenne à se lire en lisant, et non d'amener Balzac au lecteur.

Une ingénierie des connaissances doit par conséquent permettre d'articuler l'objectivation documentaire et l'appropriation lectoriale, en opposant une référence permanente à des vues dynamiques. Mais ces vues ne sont intelligibles, et on ne peut leur faire crédit d'un sens, que si elles se montrent et se manifestent comme une vue sur un contenu, et non comme le contenu lui-même⁶.

La non finitude spatiale des contenus sur le web est bien connue : le réseau des hyperliens a pour conséquence qu'il est bien difficile de savoir où commence et où finit un contenu. Cet inachèvement du contenu ne permet pas à une lecture de s'effectuer : le procès infini de la lecture et de l'interprétation ne peut prendre son essor qu'à partir de contenus achevés. En effet, l'interprétation étant une démarche allant du global et du local, il faut que la globalité soit donnée pour que le parcours interprétatif s'amorce.

Il est probable cependant que l'écriture des contenus sur le web parviendra à maîtriser l'usage des hyperliens, de manière à distinguer différents niveaux de clôture d'un contenu : un premier niveau autonome, où les liens ne sont pas utiles et où le contenu est destiné à faire sens par lui-même, d'autres niveaux plus ou moins enchevêtrés, où les liens permettent soit de fournir des éléments sur le contexte, et donc de fournir

6. Ce problème rejaille au niveau de l'instrumentation numérique des archives : si, du fait de leur inscription sur/dans un support numérique, elles doivent être reconstruites dynamiquement pour rendre une consultation possible, la question se pose de l'authenticité de l'archive ; comment concilier l'instrumentation, nécessaire à sa consultation sur un support numérique, et son authenticité, qui commande de conserver son intégrité physique et interprétative ? Nous avons étudié ce problème dans [BAC 00].

des indices ou contraintes pour l'interprétation, soit de prolonger le contenu, soit de le diversifier. Cependant, le premier niveau doit être facilement identifiable sous peine que la lecture soit une errance.

L'instabilité temporelle participe du même syndrome : l'annulation de l'objectivation du contenu. En permettant des mises à jour à tout moment, le web rend impossible au lecteur, à moins de s'armer de principes critiques rigoureux en notant les heures et dates de consultations, d'avoir une version objective à laquelle renvoyer d'une part les vues dynamiques et personnalisées qu'on lui propose, et à laquelle rattacher les différents types de liens, et d'autre part les attentes qu'il peut nourrir à leur égard. L'instrumentation et l'indexation que proposera l'ingénierie des connaissances devront pouvoir exploiter les propriétés du web sans annuler sa lisibilité.

8.3. La numérisation des documents

Les documents sont des objets techniques, dont la structure matérielle et physique prescrit l'usage. Les documents étant des objets intentionnels, l'usage prescrit correspond à des parcours interprétatifs. La prescription des parcours repose sur l'instrumentation du document permettant au lecteur de mettre en œuvre ses actions de lecture : toute manipulation permettant une interprétation (voir *supra* section 2.3 du chapitre 2), l'instrumentation constitue par elle-même une prescription du sens.

La numérisation instrumente les différents niveaux de manipulation et d'étude des documents, et permet de distinguer les différentes couches ou strates selon lesquelles le document devient un objet. On retiendra les stades suivants de la numérisation :

La numérisation de la forme physique : le document possède une forme physique de restitution (voir *supra*, section 8.2.1) ; cette forme est numérisée dans le but de manipuler le document, que ce soit pour le transmettre, le compresser, etc.

Ce qui caractérise cette numérisation, c'est que les unités dégagées par la numérisation (comme discrétisation) ne sont pas constitutives de la forme signifiante : leur altération ne modifie pas nécessairement la signification. Par exemple, la numérisation de la forme physique des documents vidéo, photo ou texte, dégage des pixels comme unités de discrétisation et de manipulation. Les pixels comme *picture elements* sont bien les unités auxquelles on rapporte ou réduit le document pour le manipuler. Or, ces éléments peuvent être modifiés sans qu'il y ait une conséquence particulière sur le sens du contenu : si l'information d'un pixel est modifiée, la signification restera invariante. D'ailleurs, les constructeurs d'écran plat, où chaque pixel est un transistor dédié, tolèrent jusqu'à cinq pixels défectueux avant de procéder à un remplacement : qui irait accepter qu'un éditeur de texte altère cinq caractères par page affichée ?

La numérisation de la forme physique maintient donc un arbitraire de la forme vis-à-vis du sens, et si l'altération de la forme physique a une influence sur le contenu, elle est imprédictible et inobjectivable par des critères s'appliquant à la forme.

La numérisation de la forme signifiante : il s'agit de la numérisation de la forme sémiotique de restitution ; la forme physique de restitution est discrétisée en unités discrètes constituant des *signes* pour l'interprétation. Ce sont par exemple les lettres d'un texte numérisé. Contrairement à la forme physique numérisée, l'altération d'une unité discrète altère la signification.

La numérisation du sens : le document est l'expression d'un contenu dont la signification peut être exprimée et modélisée dans un langage pour lequel il y a un parallélisme entre la forme et la signification, les règles de la sémantique formelle assurant la correspondance. La numérisation du sens correspond à la représentation formelle de la signification dans l'objectif de manipuler le document en fonction de sa signification ; la représentation formelle du sens correspond à l'inscription formelle des connaissances abordée au chapitre précédent.

La numérisation de la structure : entre la forme et le sens du document, peuvent être distingués différents niveaux formels assumant chacun un rôle dans la construction de l'interprétation. Ces niveaux sont souvent évoqués à travers le terme générique de structure. La formalisation syntaxique des différentes structures permettent de manipuler le contenu à travers les opérations portant sur ces structures.

8.3.1. *La numérisation des formes physiques et signifiantes*

La numérisation des documents textuels bénéficie pleinement des caractéristiques de l'écriture alphabétique, où chaque lettre correspond peu ou prou à un phonème [CAL 96]. Un phonème est la plus petite unité de la langue dont la modification modifie la signification du contenu parlé [MAR 80]. En numérisant la forme signifiante des documents textuels en reprenant comme unité discrète les caractères, on obtient d'emblée une manipulation formelle portant sur des unités de signification. Disposer d'un répertoire aussi complet que possible, permettant de numériser la forme signifiante de plusieurs langues et cultures reste un enjeu primordial, mais difficile à atteindre⁷.

Concernant les images et les objets temporels sonores et audiovisuels, on ne dispose pas d'unités discrètes alphabétisant les images, permettant d'envisager d'emblée

7. Voir par exemple la livraison de la revue *Document numérique* sur le thème d'UNICODE [AND 03]. Par exemple, UNICODE ne permet pas d'encoder correctement le caractère Ÿ, que l'on trouve rarement, mais de manière attestée : *L'HAYE LES ROSES*, notamment.

la numérisation de la forme signifiante. C'est pourquoi la numérisation des images n'a pas consisté en une numérisation de la forme signifiante, mais en une numérisation de la forme physique. Cette numérisation consiste dans l'analyse numérique du signal lumineux, c'est-à-dire du support de l'information visuelle. L'unité discrète obtenue est alors le pixel, ou *picture element*.

La première génération des normes d'encodage et de compression des images et des vidéos appartient à cette philosophie de la numérisation de la forme physique des images [JAC 96]. Ainsi, on dit que MPEG-1 et MPEG-2 sont *frame-based* : on entend par là que, l'objectif étant principalement de compresser les données sans compromettre la qualité de la visualisation, on s'est principalement intéressé au support numérique résultant de la numérisation du support de visualisation, indépendamment du contenu visualisé. Si bien que, malgré les services inhérents au support numérique comme l'accès direct à une image sans avoir à visualiser les précédentes, l'on ne profite pas pleinement du numérique :

« MPEG-1 and -2 deal with frame-based video and audio : although these standards provide a large improvement, in randomly accessing content, over standards that existed before, the granularity of the interactions is limited to the video frame, with its associated audio. In this sense, the functionality could be compared with that of audio and video cassette players, albeit with non-linear controls. » Informedia project.

Les unités discrètes de manipulation sont le pixel ou le *frame*. Cette unité ne correspond pas à la discrétisation de la forme signifiante, c'est-à-dire l'image, mais seulement à celle de sa forme physique. Les inconvénients qui en ressortent sont les suivants :

- la structure numérique des images est arbitraire vis-à-vis de leur contenu sémantique et de l'interprétation utile pour un utilisateur ;
- il n'y a pas de continuité de structure d'une image à l'autre qui permette d'indexer une séquence par une même caractéristique ou unité discrète.

Malgré la qualité de la compression obtenue, les standards MPEG-1 et MPEG-2 rendent possible une télévision numérique, mais non des bibliothèques numériques. En d'autres termes, les outils actuels s'inscrivent dans une *logique de la diffusion*, où c'est le prestataire qui est actif et l'utilisateur passif, et non une *logique de la consultation*, où l'utilisateur est actif et dispose des outils pour effectuer sa sélection. Or, le passage à une logique de consultation est inéluctable. L'augmentation exponentielle des documents et de leur archivage numérique nécessite d'ajouter à la logique de diffusion une publication où un fonds structuré et ouvert est accessible à la consultation.

La masse des documents disponibles impose que la sélection ne se fasse pas de manière *a priori* par le diffuseur, mais de manière dynamique par le consommateur. De programmes diffusés, il faut passer à des ressources archivées et accessibles⁸.

Pour cela, il est nécessaire de disposer d'une discrétisation de la forme signifiante et pas seulement de la forme physique. Or, les nouveaux standards MPEG-4 et MPEG-7 semblent apporter des éléments nécessaires à une telle discrétisation et rendent possible l'élaboration d'une logique de l'accès fondée sur l'activité des utilisateurs [CHI 96b]. Notre réflexion repose sur une hypothèse simple : MPEG-4 constitue une discrétisation de la *forme signifiante audiovisuelle* et MPEG-7 constitue le standard de description (et donc de manipulation) des structures audiovisuelles. Grossièrement, MPEG-4 serait l'UNICODE et MPEG-7 le XML de l'audiovisuel.

MPEG-4 [CHI 96a, KOE 96] est un projet qui substitue au pixel, unité discrète de numérisation du *support audiovisuel*, l'*objet audiovisuel*, unité discrète de la numérisation de la *forme signifiante audiovisuelle*. Au lieu de considérer des *frames* composés de pixels, dont on veut réduire les redondances spatiales (*intraframes*), temporelles (*interframes*), psychovisuelles (différences en luminance et chrominance) et informationnelles (codages entropiques), on considère des scènes composées d'objets AV qui s'interdéterminent par des relations spatio-temporelles. L'intérêt de l'approche MPEG-4 est de permettre :

- l'indexation des films et séquences par les objets qu'ils mobilisent et les relations qui les relient ;
- la définition des objets AV comme des ressources que l'on peut trouver dans les films et que l'on peut réutiliser et manipuler.

De la même manière que l'on peut faire des recherches plein texte, il serait ainsi possible de faire des recherches « plein objets », et d'utiliser des thesaurus (hiérarchisés, structurés, etc.) d'objets-AV. MPEG-4 correspond bien à ce que nous avons appelé une « numérisation de la forme signifiante » car l'unité de discrétisation, l'objet-AV, est bien ce dont la modification altère le contenu signifié de l'image. Si l'on remplace dans une scène un chien par un chat, on obtient une scène analogue, mais de signification différente⁹.

8. Cela ne signifie pas que la mise à disposition des contenus ne repose pas sur une sélection ni une hiérarchisation. Mais les critères ne sont pas les mêmes que pour une diffusion : un fonds publié pour être consulté doit être organisé en collection, annoté, structuré, pour que l'utilisateur puisse organiser sa consultation. Au lieu d'une réception par un utilisateur passif, il s'agit d'une exposition à un utilisateur actif. Mais l'exposition est toujours un processus de tri et de sélection.

9. On pourrait dire que le *frame* est une unité discrète renvoyant à une numérisation de la forme signifiante et non de la forme physique, car son altération modifie le sens véhiculé. A cela deux réponses. Il n'est, d'une part, pas évident que supprimer une image d'un film le modifie en quoi que ce soit. C'est d'ailleurs un moyen classique de compression. C'est pourquoi la notion

Par ailleurs, MPEG-7 [CHI 97] est une nouvelle norme destinée à spécifier une description standard des différents types d'information multimédia ; la description sera associée au contenu lui-même, pour permettre une recherche rapide et efficace des informations utiles pour l'utilisateur. MPEG-7, raccourci de « *Multimédia Content Description Interface* », ne dépend pas du codage ou de la représentation des informations multimédia. Cependant, MPEG-7 peut s'articuler étroitement à MPEG-4 dans la mesure où ce standard permet d'encoder les informations audiovisuelles comme des objets. MPEG-7 ne porte ni sur l'extraction de caractéristiques ou d'index, ni sur la recherche des index ; MPEG-7 porte sur le langage ou standard de description des index. Autrement dit, on peut comprendre MPEG-7 comme un standard de balisage de documents AV.

8.3.2. Numérisation des documents structurés

Nous présentons *infra* la norme MPEG-7 (section 9.2.3). Mais il est nécessaire de revenir ici sur la notion de « structure », dont ces normes et langages proposent la numérisation. L'usage est d'opposer la structure physique et la structure logique des contenus : la structure physique évoque la mise en forme matérielle du contenu, sa mise en page, le graphisme utilisé, alors que la structure logique évoque le typage des éléments composant la forme signifiante et l'ordre de ces éléments.

Ces distinctions classiques ne vont cependant pas de soi, car on ne voit pas très bien pourquoi la structure logique est de type « logique » dans la mesure où elle mêle des éléments méréologiques (décomposition du tout en parties), syntaxiques (ordre et succession des éléments) et logiques (concepts associés aux éléments composant le contenu). Nous proposons donc de distinguer :

Le niveau physique : le document est considéré comme la présentation physique d'éléments matériels perceptibles organisés entre eux. Autrement dit, un document est une mise ensemble de formes matérielles destinée à faire sens pour un lecteur.

Le niveau de typage du contenu : chaque élément composant le niveau physique est typé ; on l'associe à un type qui détermine la sémantique sous lequel le considérer et le manipuler. Cette association peut être arbitraire : le contenu effectif de l'élément peut varier considérablement, mais cette variabilité est ignorée dans la mesure où l'élément, quel que soit son contenu, sera manipulé selon les opérations associées au type.

d'objet-AV est beaucoup plus riche que celle de frame : elle ne se définit pas par rapport à l'image. D'autre part, la *frame* n'est pas une unité minimale. Or, pour nos définitions, il importe qu'il s'agisse d'unités minimales, pixels ou caractères alphabétiques.

Le niveau syntaxique : quand les éléments du contenu physique sont typés, les types sont assemblés selon une grammaire déterminant leur structure.

Le niveau conceptuel : les types associés aux éléments sont exploités pour associer une signification conceptuelle à un élément du contenu, sans que cela ne donne d'information particulière sur la manière de les ordonner.

Le problème est de savoir si les types doivent être exclusivement attribués et déterminés en fonction de la syntaxe qui fixera l'ordre des éléments, ou s'ils peuvent prendre en charge une sémantique différente. Or, deux catégories de typage émergent : on peut opposer des *types syntaxiques* à des *types conceptuels*. La sémantique des types syntaxiques repose sur l'ordonnement des éléments, celui des types conceptuels repose sur la signification de ces éléments, ou d'autres.

Les types syntaxiques et le niveau associé correspondent à celui habituellement endossé par les Définitions de Type de Document (DTD) de SGML/XML. Ce niveau, souvent qualifié de conceptuel et de logique, n'en est pas moins la description de la structure syntaxique du document. La principale norme conçue aujourd'hui est XML¹⁰ intégrant des éléments de HyTime [DER 94]. Pour les documents multimédias et hypermédias, ce sera l'affaire de MPEG-7 (voir *infra*).

Les types conceptuels et le niveau associé correspondent à la représentation conceptuelle d'une interprétation de la signification du document. Cette représentation ne représente donc pas la manière dont des unités conceptuelles (introduction, conclusion, etc.) sont organisées dans l'espace du document, mais sa signification. Par conséquent, les concepts ne sont pas localisés dans l'espace documentaire.

Ce niveau correspond à celui habituellement endossé par les réseaux sémantiques de la représentation des connaissances. Le problème auquel on se confronte habituellement est de savoir dans quelle mesure ce niveau logico-conceptuel peut représenter la sémantique et la signification véhiculées par les deux niveaux précédents. Autrement dit, la sémantique des formes matérielles et de la structure logico-physique peut-elle être représentée conceptuellement ? De nombreux auteurs l'affirment ou le sous-entendent [NAN 95].

La numérisation de la structure du document s'effectue par un marquage ou un enrichissement du contenu du document permettant d'associer aux éléments composant sa mise en forme une information « logique », indiquant la structure associée, son niveau hiérarchique, son type conceptuel et sa portée dans le document. Ces informations sont des index et leur élaboration relève de l'indexation, vers laquelle nous devons nous tourner à présent.

10. La bibliographie est immense, mais on pourra consulter avec profit [CHA 97a, BRA 97b, BRA 97a].

Chapitre 9

Modélisations documentaires

Les inscriptions numériques permettent d'exprimer dans une forme manipulable informatiquement des contenus. Quand la forme d'expression de l'inscription numérique possède un rapport arbitraire à la signification du contenu, on parle de document. Quand la forme d'expression entretient un rapport contrôlé avec la signification du contenu, on parle d'inscription formelle du contenu, comme on l'a vu avec les ontologies. Par rapport arbitraire à la signification, on comprend qu'une variation dans la forme d'expression entraîne une modification dans la signification, mais une modification imprédictible et incalculable. Dans le cas des inscriptions documentaires, en effet, l'interprétation est contextuelle et la signification ne se déduit pas de la structure formelle de l'expression : la signification n'est pas compositionnelle (la signification du tout résulte de la composition – c'est-à-dire d'un calcul effectué à partir – de la signification des parties) car contextuelle.

Les inscriptions documentaires permettent de prendre en charge toutes les formes d'expression sans devoir attendre la formalisation de leur signification. C'est la raison pour laquelle elles donnent lieu à une ingénierie des contenus qui connaît une expansion sans limite, tous les types de contenu pouvant être abordés dès lors qu'on dispose d'un moyen de numériser et de formaliser leur forme d'expression.

Mais si la forme numérisée de l'expression permet sa manipulation, cette dernière s'effectue de manière arbitraire au sens, si bien que cette possibilité de manipulation reste sans objet si l'on ne parvient pas à discerner les manipulations porteuses de sens des autres. Autrement dit, si l'inscription documentaire des contenus permet de reporter à plus tard la question du sens et de l'interprétation du document, elle retrouve cette problématique lors de l'exploitation des contenus, qui ne peut s'effectuer qu'en vue du contenu et de sa signification, sous peine de perdre la dimension intentionnelle et culturelle des contenus.

Il convient donc d'articuler une représentation du sens aux formes d'expression pour que la manipulation de ces dernières puisse s'effectuer à la lumière de

la première. Cette tâche est celle de l'indexation que l'on peut définir comme la modélisation du contenu des documents pour permettre leur exploitation et manipulation.

La définition traditionnelle de l'indexation y voit la tâche d'associer à un document des index ou mots-clefs permettant de le rapprocher des centres d'intérêt de ses éventuels lecteurs. La numérisation permettant d'accéder à n'importe quelle partie arbitraire du contenu, l'indexation s'est complétée de ce qui a été appelé l'indexation fine du contenu, où il s'agit d'ancrer des balises ou des repères dans le contenu pour en retrouver des segments particuliers, les balises signalant le segment aux utilisateurs dans une forme facilement accessible et manipulable.

Si bien que l'indexation, conçue initialement pour la recherche documentaire, où l'on veut retrouver des documents répondant à des demandes d'information, devient une tâche plus générale d'instrumentation du contenu, permettant d'accéder à une partie arbitraire du contenu en fonction de la représentation de sa signification par des index, mots-clefs ou structures complexes plus ou moins formalisées. Une telle instrumentation demande de modéliser tant la forme du document, car il faut déterminer ce qui est adressable et manipulable en son sein, que le sens du document, car il faut associer aux segments adressables une représentation permettant de renvoyer ces segments aux demandes d'information adressées au fonds documentaire. Le couplage de ces deux modélisations reste l'enjeu essentiel pour une ingénierie du contenu, enjeu néanmoins difficile et encore largement hors de portée. La norme MPEG-7, qui illustre à sa manière l'état de l'art actuel de l'indexation des documents multimédia, bute ainsi sur ce couplage entre forme et sens qui explique sans doute son relatif échec.

L'ingénierie des contenus repose sur une modélisation numérique de la forme d'expression des contenus permettant à travers le code obtenu par la numérisation de manipuler et transformer l'apparence du contenu. Elle se distingue de l'ingénierie des connaissances qui se concentre, quant à elle, sur la modélisation du sens. Cependant cette opposition ne peut être maintenue longtemps dans la mesure où l'exploitation des contenus doit pouvoir s'effectuer en vue de l'interprétation et de la compréhension du contenu. Alors que la numérisation permet d'accéder à n'importe quelle partie arbitraire du contenu, pour peu que le codage le permette, il est nécessaire d'associer à ces parties ainsi rendues accessibles une représentation de leur signification pour qu'un accès en fonction du sens puisse avoir lieu et qu'une exploitation du contenu soit possible. C'est l'indexation qui traditionnellement prend en charge cette tâche. Elle est par exemple définie de la manière suivante dans le *Vocabulaire de la documentation* :

« L'indexation est un processus destiné à représenter, au moyen des termes ou indices d'un langage libre, les notions caractéristiques du contenu d'un document (ressource, collection) ou d'une question, en vue d'en faciliter la recherche, après les avoir identifiées par l'analyse. » [BOU 04, p. 124]

Cette définition, quoique récente, ne reprend que les caractéristiques traditionnelles de l'indexation qui, aujourd'hui, connaît une mutation majeure. En effet, l'enjeu n'est pas seulement de retrouver un document parmi une collection ou un fonds documentaire pour répondre à une demande d'information, mais de pouvoir sélectionner les parties pertinentes de plusieurs documents pour traiter une requête. Le numérique permet en effet d'accéder à n'importe quelle partie donnée d'un contenu ou d'un document alors que les supports traditionnels, le papier en particulier, ne peuvent donner accès qu'au livre dans sa globalité, et non à une partie particulière du livre que l'on voudrait considérer et manipuler de manière autonome et indépendante de l'ouvrage où elle est insérée¹. On passe ainsi d'une indexation documentaire à l'indexation fine du contenu, où il s'agit de représenter « les notions caractéristiques du contenu » d'un segment (et pas seulement d'un document) en profitant de la possibilité d'adressage sans limite offerte par le numérique.

Le passage de l'indexation documentaire à l'indexation fine du contenu reverse la problématique. Avec les documents traditionnels, les livres ou les articles, c'est la manipulabilité qui est limitée : on ne peut accéder et manipuler (sortir des rayonnages par exemple) que le document dans son intégralité et intégrité. L'unité documentaire, celle qui définit le contenu qui sera retourné à un utilisateur faisant une demande d'information, est donc fixée une fois pour toute au document lui-même. C'est donc dans la représentation des notions caractéristiques du contenu que l'on aura une véritable souplesse et variabilité possibles, en cherchant à expliciter le sens considéré comme intrinsèque au document et les différents points de vue possibles quant à son interprétation. Avec les documents numériques, la manipulabilité devient sans limite : en principe, n'importe quelle partie arbitraire du contenu peut être adressée, accédée et manipulée. En pratique, la manipulabilité dépend du format utilisé et de la structure d'information adoptée : on pourra ainsi accéder au caractère près dans un document textuel, à l'image près ou au groupe d'image près dans un document audiovisuel, etc. Mais le problème devient de discerner quelles parties ou quels segments sont pertinents puisqu'on peut librement déterminer ceux que l'on veut. La difficulté n'est donc plus de trouver un sens à une unité documentaire déterminée une fois pour toute, le document, mais de définir les unités documentaires, c'est-à-dire les parties du document, pertinentes et qui méritent d'être repérées et signalées pour pouvoir répondre aux requêtes des futurs demandeurs d'information. L'indexation fine du contenu bute donc

1. Même si, dans l'absolu, le support papier n'interdit pas de le faire : dans les premières années d'ouverture de la Bibliothèque publique d'information, certains usagers avaient pris la fâcheuse habitude de découper les pages qui les intéressaient pour les emporter et donc les manipuler indépendamment de l'ouvrage d'origine. Le numérique permet de telles pratiques, condamnables car destructrices dans le contexte du papier, de devenir non seulement possibles, mais souhaitables, le travail sur le contenu étant ainsi démultiplié dans ses perspectives.

sur la difficulté de tout d'abord définir quelles sont les parties pertinentes pour retrouver la problématique plus traditionnelle de représenter les notions caractéristiques de ces parties.

Il convient donc de comprendre cette évolution qui contribue à faire évoluer profondément les pratiques et métiers documentaires, et à renouveler l'ajustement entre les techniques de manipulation des contenus et les méthodes de description et indexation documentaires. De nouveaux ajustements sont à trouver entre les ingénieurs et informaticiens qui font irruption dans ce monde jusque-là bien délimité, voire clos, de la documentation et de la gestion des contenus. Plus que jamais, la technique entraîne des conséquences culturelles profondes et la question du document et de sa modélisation ne peut être reprise et traitée adéquatement qu'au moyen d'un dialogue nourri et serré entre techniques informatiques, pratiques documentaires et usages sociaux.

9.1. L'indexation des documents

9.1.1. Caractérisations générales

9.1.1.1. Indexation traditionnelle

L'indexation a pour principal objectif de rendre accessibles des informations, que l'on repère pour cela au moyen d'index. L'indexation est le processus selon lequel le contenu d'un document est analysé pour être ensuite reformulé dans une forme permettant d'accéder au contenu et de le manipuler. Le terme d'indexation qualifie à la fois le processus et son résultat. Une indexation est par conséquent la description d'un document effectuée dans la perspective d'une utilisation et exploitation données. L'indexation repose traditionnellement sur deux étapes clairement distinguées :

- une étape d'analyse conceptuelle : le contenu est analysé et interprété par un documentaliste pour définir les principaux concepts permettant de le caractériser ;
- une étape de reformulation documentaire : l'analyse conceptuelle permet au documentaliste de reformuler le contenu dans une forme permettant sa manipulation .

Ce dernier point est essentiel : la nature des index composant une indexation est déterminée par le type de manipulation visée sur le document. Classiquement, la principale exploitation considérée est la recherche d'information : savoir où est l'information recherchée et extraire du fonds documentaire les documents correspondants. L'indexation a donc deux finalités : d'une part elle doit être directement exploitable pour déterminer où est l'information recherchée, d'autre part elle doit permettre d'aller chercher cette information. Ainsi, dans une bibliothèque classique, chaque ouvrage est référencé par une catégorie déterminant son contenu et une cote permettant de le situer sur une étagère donnée. Par ailleurs, des fiches rassemblent toutes les descriptions d'ouvrages : lorsqu'un lecteur réclame un ouvrage, le bibliothécaire consulte ses fiches pour déterminer quels ouvrages correspondent à la demande et pour savoir

sur quelles étagères les chercher. L'index a donc servi à déterminer l'information (les ouvrages) pertinente et à la localiser (les étagères). Les fiches sont conçues pour être facilement consultables par le bibliothécaire : l'indexation doit être elle-même manipulable pour permettre l'accès et la manipulation des contenus qu'elle référence.

9.1.1.2. *Finesse et granularité d'indexation*

La question habituelle à laquelle il faut répondre pour mener à bien une indexation est de savoir jusqu'à quel degré de finesse de description il faut conduire le processus. Cette finesse s'entend à deux niveaux : d'une part elle correspond à la richesse des concepts ou descripteurs mobilisés pour constituer une indexation ; d'autre part elle correspond à la granularité de la localisation des informations dans les documents décrits. Appelons la première acception la finesse de description, la seconde, la granularité de la description.

La finesse de description dépend de la fidélité avec laquelle il faut rendre compte du contenu des documents pour permettre de répondre adéquatement aux recherches d'information. Deux facteurs rentrent habituellement en ligne de compte : le répertoire conceptuel utilisé et la structure permettant d'articuler les index entre eux au sein d'une même indexation. C'est ainsi que la structure autorisée habituellement est l'articulation booléenne de concepts dans une requête. Le répertoire, quant à lui, renvoie au système de catégorisation utilisé.

La granularité de description dépend de la manipulabilité de l'information contenue dans les documents. Pour un ensemble de contenus, appelons unité de manipulation la plus petite entité directement accessible et manipulable. Par exemple, l'unité de manipulation d'un texte est le caractère, d'une image, le pixel, etc. L'intérêt d'une telle notion pour l'indexation est qu'il ne sert à rien de localiser une information plus précisément que l'unité de manipulation qui la contient. En effet, cette dernière étant la plus petite entité directement accessible et manipulable, il ne sert à rien de savoir où dans une unité se situe l'information recherchée puisque l'on ne pourra pas exploiter cette information de localisation dans le système d'accès au contenu. C'est pourquoi, dans la plupart des systèmes documentaires habituels, comme les bibliothèques classiques, l'unité de manipulation étant le livre, l'indexation effectuée, quelle que soit sa finesse conceptuelle et structurelle, ne possède jamais une granularité inférieure à celle du document : la bibliothèque, comme système de recherche d'information, ne manipule physiquement que des livres, et non des pages par exemple. Ainsi, il est inutile, pour le bibliothécaire, de savoir que telle information se situe à telle ou telle page d'un livre, car de toutes manières, si c'est cette information qui est recherchée, c'est le livre en son entier qu'il faut sortir des rayonnages. Localiser l'information en termes de pages, et non en termes de livres, n'a d'intérêt que si l'on peut manipuler les pages indépendamment des livres. Evidemment, le point de vue du lecteur est différent de celui du bibliothécaire : le système documentaire n'est plus, pour le lecteur la bibliothèque, mais le livre, au sein duquel il doit localiser l'information. L'unité de

manipulation devient alors la page : la structure du codex permet en effet un accès direct (accès aléatoire) à une page donnée arbitrairement. Le lecteur n'a alors plus affaire à un bibliothécaire assurant la médiation entre sa recherche et le fonds disponible, mais à des outils de navigation et de consultation comme la table des matières et les index. En associant ces outils au livre, ce dernier devient une base documentaire autodécrite. Le lecteur peut alors assumer le double rôle de bibliothécaire et de lecteur.

9.1.2. Les conséquences de l'informatisation

9.1.2.1. Granularité et informatisation

L'indexation connaît une mutation profonde du fait de l'informatisation massive des contenus. Cette informatisation peut avoir une portée plus ou moins profonde ou engendrer plus ou moins de problèmes fondamentaux selon la manière dont elle est menée. Il faut distinguer deux approches : la numérisation de la forme physique de restitution et la numérisation de la forme sémiotique de restitution.

La numérisation de la forme physique correspond au fait que la forme sous laquelle le contenu apparaît est discrétisée. Les unités discrètes obtenues par la numérisation sont arbitraires par rapport au sens véhiculé par le document : il n'y a pas de lien direct entre, d'une part, l'interprétation du document et, d'autre part, la nature et la valeur des unités discrètes. Par lien direct, il faut entendre deux choses : d'une part, l'interprétation du document ne permet pas de déduire la nature et la valeur de l'unité discrète, d'autre part l'altération de l'unité discrète n'altère pas l'interprétation du document. Ainsi, il n'existe pas de liens réguliers et stabilisés, même arbitraires, entre la forme discrétisée et son interprétation.

La numérisation de la forme sémiotique correspond au fait que les unités discrètes obtenues entretiennent un lien avec l'interprétation du contenu. Ce lien peut être arbitraire, au sens où le signifiant linguistique est arbitraire, mais il est systématique : modifier une unité discrète modifie le sens. Ainsi, l'alphabet et les caractères sont des unités discrètes composant la forme écrite. Bien que possédant un lien arbitraire au sens, l'altération d'un caractère modifie le sens d'un document.

La numérisation de la forme sémiotique est une discrétisation s'appliquant sur ce qui fait signe dans un contenu : altérer les unités discrètes modifie la signifiante du document. Une telle numérisation repose sur le fait qu'une sémiotisation a déjà été faite et a été fixée, inscrite sur le support. En effet, il faut qu'il y ait eu une définition des signes composant le document pour que la numérisation puisse produire des unités discrètes coïncidant avec ces signes. L'histoire de l'écriture nous apprend que telle est son rôle : elle a contribué à établir et fixer un répertoire de signes dont la combinatoire permet de produire la presque totalité des formes signifiantes linguistiques. De cette manière, on comprend que l'alphabétisation (le processus établissant une écriture alphabétique) est une sorte de numérisation, que la numérisation actuelle reconduit en

apportant en plus la manipulation calculatoire. Réciproquement, on peut supposer que la numérisation des contenus puisse avoir un impact sur la détermination de formes signifiantes élémentaires, de signes à la base de la constitution des contenus. Autrement dit, la numérisation des contenus, en inscrivant dans le système technique les unités discrètes obtenues, contribue à voir en elles les signes alphabétiques à la base de l'écriture des contenus.

En anticipant sur les aspects multimédias que nous développerons ci-après, nous pouvons reprendre comme exemple les normes de compression et de numérisation MPEG. MPEG-1 et 2 sont des normes opérant au niveau du pixel et exploitant la redondance de l'information associée à chaque pixel. Cette information est une information physique de luminance et chrominance sans lien direct avec l'interprétation. L'interprétation ne dégage jamais, dans sa sémiotisation, le pixel comme signe support du sens. En revanche, la norme MPEG-4 analyse le flux audiovisuel comme un ensemble d'objets reliés et articulés par des relations spatio-temporelles. Or, la caractérisation des objets se fait sur la base d'un point de vue selon lequel telle ou telle partie du contenu fait sens. Par exemple, pour des raisons liées à l'économie de la production, on considérera que le fond d'écran de télévision est un objet, distinct des autres, parce qu'il est construit de manière spécifique et, étant peu variable dans une émission, il peut être transmis seulement à intervalles espacés. Ces objets sont donc des signes pour un point de vue donné. Par conséquent, la segmentation en objets MPEG-4 du flux audiovisuel prescrit *a priori* une sémiotisation en signes porteurs d'un sens possible. Rien n'empêche lors de la consultation de vouloir interpréter différemment le contenu et d'y voir une autre sémiotisation ; mais le spectateur doit négocier avec cette prescription avant toute chose, car la réception qu'il en a est conditionnée par elle (par exemple, les objets MPEG-4 sont interactifs – au sens de cliquables – si bien que le spectateur est amené lui aussi à les considérer comme des objets à part entière).

L'audiovisuel a d'abord connu une numérisation de la forme physique et non de sa forme sémiotique. La raison en est qu'il n'existe pas de systèmes de signes audiovisuels, stabilisés et normés culturellement, à partir desquels les contenus sont constitués. Il n'est donc pas possible d'établir des unités discrètes coïncidant avec des unités signifiantes, dans la mesure où ce qui fait signe peut constamment changer dans l'image selon le point de vue adopté, sans que des régularités se dégagent. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

La numérisation, qu'elle soit de la forme physique ou de la forme sémiotique, apporte dans les deux cas la possibilité de définir autant de niveaux de granularité pour les unités de manipulation que nécessaire. Par conséquent, toute unité repérable comme étant signifiante, faisant sens pour un point de vue donné, peut être manipulée en tant que telle et extraite pour être exploitée indépendamment du contenu dont elle est issue. Cette possibilité accroît considérablement la complexité de l'indexation : alors que dans le cas classique, l'unité de manipulation est implicitement déterminée

par le système (le livre ou le document), la numérisation implique qu'il est nécessaire de préciser explicitement la partie du document correspondant à l'information recherchée.

Les index ne sont plus seulement structurés en fonction des relations logiques et conceptuelles entre les descripteurs qu'ils mobilisent, mais en fonction des relations unissant les parties décrites d'un contenu. Ainsi, l'index ne dira pas seulement qu'un document parle de l'apprentissage des langues (l'index étant structuré par le concept d'apprentissage, relié par une relation *a_pour_objet* au concept de langue), mais par exemple que la partie évoquant l'apprentissage du latin est incluse dans celle traitant des langues mortes.

Cette possibilité a eu pour conséquence, bien connue, de pouvoir repérer un contenu en le marquant par des balises insérées dans le document : un segment indexé est un segment compris entre une balise ouvrante et une balise fermante, le libellé de la balise permettant de qualifier le contenu.

```
< introduction>
Ceci est un segment de texte
< /introduction>
< chapitre>
Ceci est un autre segment
< paragraphe> encore un autre segment < /paragraphe >
< /chapitre>
```

Figure 9.1. *Balises et détermination d'unités de manipulation*

Cette possibilité permet d'envisager de manipuler directement le segment indexé à travers la manipulation des balises associées : les balises, posées par l'indexeur, possèdent une syntaxe et une sémantique claires puisqu'elles sont créées par l'indexeur en vue de l'exploitation du contenu. Par exemple, il est possible d'extraire toutes les introductions d'une collection pour constituer une anthologie simplement en repérant les segments textuels compris, dans chaque document, entre la balise ouvrante `<introduction>` et la balise fermante `</introduction >`. Par le jeu des balises, toute unité de sémiotisation peut devenir une unité de manipulation.

La documentation en son ensemble subit donc une évolution fondamentale puisque la seule limite désormais à la pose d'index réside dans la capacité à repérer des unités de sens.

9.1.2.2. *Indexation par le contenu*

Si l'informatisation permet de redéfinir à volonté les unités de manipulation d'un document et d'articuler l'indexation du contenu sur la structure documentaire de ce

dernier, l'informatisation a ouvert d'autres possibilités qui ont renouvelé également les travaux sur l'indexation. En effet, traditionnellement, comme nous l'avons vu plus haut, le contenu documentaire s'indexe par des concepts exprimés linguistiquement dans un vocabulaire ou langage contrôlé. Le support numérique permettant de manipuler n'importe quelle représentation binaire, il n'est plus nécessaire de se restreindre à des index de nature linguistique. C'est ainsi que, depuis de nombreuses années, on étudie la possibilité de recourir à des index non linguistiques, par exemple des images ou des sons. La question est alors de savoir si l'on peut indexer un contenu documentaire par de l'image ou du son, en suivant l'intuition selon laquelle il serait plus naturel d'indexer de l'image par de l'image plutôt que par du texte.

Cette intuition se fonde sur une analogie avec la recherche d'information textuelle. En effet, le propre d'un texte est d'être composé de chaînes de caractères séparées par des blancs, correspondant peu ou prou à des mots. Cette propriété, anodine en apparence, est riche de conséquences. En effet, les mots possèdent la propriété d'avoir une signification hors contexte prescrite par le système fonctionnel de la langue et de posséder un sens en contexte qui correspond plus ou moins au sens hors contexte. Par conséquent, en composant une requête de mots hors contexte, pour retrouver des segments textuels les utilisant (par une simple comparaison des chaînes de caractères séparées par des blancs avec les unités de la requête), on obtient des parties du document qui ont potentiellement un lien avec la requête. C'est la base de la recherche en texte intégral. Ce schéma fondamental doit être évidemment amélioré pour pallier ses déficiences bien connues : puisqu'un mot en contexte ne signifie pas toujours la même chose que hors contexte (en fait dans le contexte d'une requête), on récupère des segments sans lien avec la requête, c'est le bruit ; puisqu'un mot peut avoir une signification exprimée par d'autres expressions linguistiques, on ne récupère pas les segments contenant ces expressions alors qu'il le faudrait, c'est le silence.

En évoquant une indexation par le contenu, on envisage ainsi deux cas :

- le fait que l'on dispose d'une requête sous la forme d'un son ou d'une image permet de retrouver des documents similaires au sens d'une distance entre images ou sons ; il s'agit alors d'une recherche d'information par similarité ;
- le fait que l'on puisse indexer un contenu documentaire par des index de nature imagée ou sonore.

Nous argumentons que si le premier cas renvoie à une possibilité effective, mais peu utile, le second est en revanche impossible. Pour le dire rapidement, les descripteurs de l'indexation par le contenu ne sont pas des index au sens propre du terme. Il n'est donc pas correct de parler d'indexation par le contenu, mais simplement de recherche par similarité. Pour le comprendre, il faut revenir à la nature sémiotique de l'image et du son.

En effet, l'interprétation des images ne s'effectue pas selon le même régime que l'interprétation linguistique. Il convient par conséquent de préciser la nature sémiotique des images pour mieux appréhender les difficultés inhérentes à son indexation. Très grossièrement, il convient de distinguer au moins trois registres sémiotiques principaux :

- les images proprement dites, résultant d'une saisie du réel, comme par exemple à travers une photographie ;
- les schémas ;
- les concepts.

Les images sont des représentations analogiques du réel. A ce titre, ce sont des signes, en reprenant l'antique caractérisation du signe comme *aliquid stat pro aliquo*. Mais c'est un signe qui renvoie à ce qu'il signifie en le montrant à travers une forme perceptive analogue. C'est pourquoi on peut parler de « signe qui montre » pour les images. Les concepts sont des représentations arbitraires du réel : le lien qui unit un signe à ce qu'il signifie est arbitraire et conventionnel. On peut parler de « signe qui dit » pour caractériser ce type de signe. Enfin, les schémas sont des signes qui révèlent par une forme perceptive le contenu d'un concept : un dessin vaut mieux qu'un long discours, comme l'évoque un célèbre adage. Dans ce cas, le schéma est le « signe qui révèle ».

Le schéma montre dans un rapport analogique une réalité dont la complexité est réduite de manière à montrer perceptivement le contenu du concept. Le schéma montre dans l'espace et le temps de la vision la signification du concept. Il n'en est pas seulement l'explicitation ou l'explication, mais il constitue aussi le seul accès cognitif possible au contenu du concept. En particulier, les concepts dont le contenu est de type spatial ne peuvent être décrits linguistiquement et il est nécessaire de révéler leur contenu à travers une monstration spatiale. Le schéma ne se surajoute pas à une présentation ou explicitation linguistique préexistante qui livrerait le contenu et l'explication du concept, il en est la clef d'accès.

La principale difficulté, présentée par l'image ou par tout signe qui montre, est que l'image montre sans préciser ce qu'elle montre. L'image ne prescrit pas par elle-même une signification. Cela est abondamment illustré par la production télévisuelle où de mêmes images sont réutilisées dans des contextes différents, pour soutenir ou illustrer des significations différentes. C'est ainsi que l'image utilisée pour montrer la pollution pétrolière pendant la guerre du Golfe n'était pas une image filmée lors de ce conflit, mais l'image d'un cormoran mazouté de la marée noire provoquée par le naufrage de l'Amoco Cadiz dans les années 70.

Il en est tout autrement pour les concepts. Les concepts s'expriment par des mots empruntés à la langue et ils en héritent les propriétés de systématicité. La langue comme système est une conception linguistique théorisée par Saussure dans son *Cours*

de linguistique générale [SAU 85]. Saussure pose que chaque unité linguistique signifie en fonction des identités et des différences qu'elle entretient avec les autres unités linguistiques, en particulier celles qui lui sont les plus proches dans la langue. La signification linguistique est donc différentielle ; c'est la différence avec les voisins en langue qui constitue la signification d'un terme :

« Dans l'intérieur d'une même langue, tous les mots qui expriment des idées voisines se limitent réciproquement : des synonymes comme redouter, craindre, avoir peur n'ont de valeur propre que par leur opposition ; si redouter n'existait pas, tout son contenu irait à ses concurrents. »

La langue se présente donc comme un système où chaque unité voit sa signification déterminée en fonction de sa position dans le système. Toute modification d'une unité modifie en conséquence les autres et reconfigure leur signification :

« Quand on dit qu'elles [les valeurs] correspondent à des concepts, on sous-entend que ceux-ci sont purement différentiels, définis non pas positivement par leur contenu, mais négativement par leurs rapports avec les autres termes du système. Leur plus exacte caractéristique est d'être ce que les autres ne sont pas. »

Le concept prescrit une signification car il appartient à un système d'oppositions et de différences qui lui donne hors contexte un contenu. La situation est donc très différente des images et des sons. Il n'existe pas de système fonctionnel pour les images et les sons, c'est-à-dire de système permettant de prescrire *a priori* une signification à une image ou à l'un de ses segments. C'est pourquoi il faut soigneusement distinguer les descripteurs d'une image ou d'un son des index permettant de les qualifier :

- un descripteur est une information extraite d'un document ou d'un contenu par des moyens automatiques. L'information associée à un descripteur est donc proche du contenu physique du document ;

- un index est une position ou une valeur donnée dans un système d'interprétation associé à l'exploitation d'un ensemble de documents, c'est-à-dire un fonds documentaire.

Un descripteur n'est pas un index dans la mesure où deux descripteurs possédant une information distincte ne renvoient pas nécessairement à deux interprétations différentes, c'est-à-dire à deux index différents. Par exemple, si l'information extraite est un histogramme de couleur, une différence entre deux histogrammes n'implique pas qu'il faille considérer différemment les images dont ils sont extraits. Le problème est que les descripteurs sont des informations extraites, mais pas catégorisées. Ils ne réduisent pas la complexité du réel comme permet de le faire un système conceptuel. En

revanche, deux index ou concepts différents correspondent à deux usages ou exploitations distincts du contenu. Les concepts catégorisent les contenus documentaires. Le schéma 9.2 résume l'argument en illustrant que les descripteurs sont de l'information pré-catégorisée et les index de l'information catégorisée. Autrement dit, si l'indexation a pour fonction d'appliquer un système de catégories sur un fonds documentaire pour en permettre l'exploitation, la description par le contenu n'est pas une indexation.



Figure 9.2. *Iconicité de l'image : cette image montre quelque chose que l'on voit et reconnaît ; mais que représente-t-elle ? une tempête, un attentat, une émeute ?*

La pratique documentaire confirme cette analyse. Dans le monde audiovisuel, les contenus sont accompagnés tout au long de leur cycle de vie de documents textuels leur prescrivant une signification. Puisque les documents audiovisuels ne peuvent signifier par eux-mêmes, ils sont plongés dès leur conception dans un univers textuel qui construit le sens dont ils seront la manifestation audiovisuelle. C'est ainsi que lettres d'intention, projets, scripts, conducteurs, notes de montage, etc., entourent l'objet audiovisuel et en catégorisent le contenu. Lors de sa diffusion, les guides de programme et les journaux de programmes de télévision (par exemple Télérama) construisent un sens *a priori* pour le téléspectateur. Finalement, l'archivage documente les contenus pour leur associer une signification permettant de les retrouver et de les utiliser.

9.1.3. Indexation : trois types et trois aspects

Il est temps à présent de résumer nos propos sur l'indexation. Depuis sa tradition documentaire jusqu'à sa mutation entraînée par le numérique, on peut distinguer trois grands types d'indexation :

L'indexation conceptuelle : le contenu est qualifié par un concept qui décrit ce dont traite le document. On dit en général que l'indexation conceptuelle est thématique. Les concepts appartiennent à des systèmes dont l'organisation est plus ou moins explicite, allant de simples index (au sens de liste de termes) à des ontologies, en passant par des thesaurus ou des terminologies. L'organisation est toujours de nature linguistique ou logique : elle ne traduit pas comment sont articulés les segments décrits par les concepts, mais les relations logiques entre les concepts les indexant. L'information décrite est par exemple de savoir que, dans tel segment on voit *John Wayne*, que *John Wayne est un acteur* et qu'*un acteur est un être humain*. Ces informations qualifient ce qui est dénoté ou remarqué dans le segment indexé et permettent de le catégoriser : le segment est typé de manière ontologique. En revanche, on ne dit rien sur les relations structurelles entre les segments : par exemple, si on voit *John Wayne* dans un segment, alors dans le segment précédent ou suivant on doit voir telle ou telle chose. C'est l'indexation structurelle qui explicitera ce type d'information.

De nombreux travaux portent à présent sur les possibilités d'utiliser les ressources de l'intelligence artificielle et de la représentation des connaissances pour profiter des outils d'inférence dans le cadre de l'indexation.

L'indexation structurelle : les index ont pour fonction de décrire comment sont reliés entre eux les segments indexés. L'indexation structurelle porte donc sur la mise en forme du document et sa structure. Elle insiste particulièrement sur la manière d'articuler la qualification et la localisation. Ainsi, l'indexation structurelle permet d'exprimer que telle information corrélée à un segment (*John Wayne*) est associée à telle autre information dans un segment possédant une relation structurelle particulière avec le premier (le segment juste avant, juste après, etc.).

L'indexation par le contenu I comme on l'a vu, cette dénomination est impropre, il conviendrait de parler de description par le contenu. Il s'agit d'extraire une information, une signature, permettant d'associer un contenu documentaire similaire au sens d'une métrique donnée. La métrique et la similarité peuvent prétendre à constituer une indexation si, et seulement si, elles sont capables d'offrir une catégorisation (par exemple, le contenu du concept « triste » correspond à un *cluster* constitué par similarité de contenus). Mais on sait que le problème de la catégorisation dépasse largement celui de l'indexation pour renvoyer à des questions passionnantes, mais non résolues de sciences cognitives.

Par ailleurs, l'indexation se décompose en trois étapes importantes qui retracent les fonctions que l'on assigne à une indexation [AUF 00] :

Une étape de localisation : il s'agit de caractériser une zone d'intérêt dans le document. Grossièrement, il faut savoir où l'on parle de quelque chose d'intéressant dans le document. La localisation situe l'information recherchée en termes d'unités de manipulation : la zone d'intérêt est déterminée en fonction de ce qui est manipulable au sein du système documentaire. Selon le cas, la localisation peut être le document dans son ensemble (par exemple le livre) ou bien n'importe quelle unité arbitraire adressable dans un système numérique. La localisation renvoie donc directement à la granularité de description.

Une étape de qualification : il s'agit de caractériser l'information contenue dans le document du point de vue de l'interprétation qu'elle possède pour une recherche d'information. Grossièrement, il faut savoir de quoi cela parle pour établir le lien avec ce que l'on cherche. La qualification repose sur l'indexation conceptuelle et se caractérise par la finesse choisie de description.

Une étape de structuration : les index, qualifiés et localisés, sont agencés et articulés entre eux. Cette articulation permet de croiser qualification et localisation au sein de structures d'index. La structuration repose donc sur l'indexation structurale.

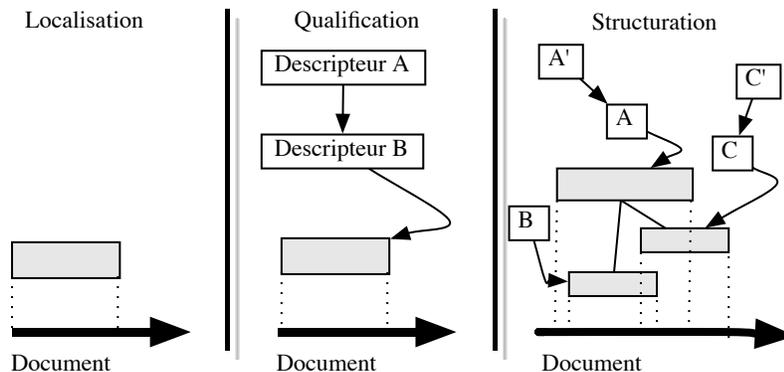


Figure 9.3. Les trois étapes de l'indexation. Ces trois étapes sont davantage logiques que chronologiques : pour localiser un segment, il faut déterminer en quoi il est digne d'intérêt et donc le qualifier. Réciproquement, le qualifier, c'est d'abord le repérer pour le catégoriser. Localisation et qualification s'effectuent dans un système de structuration, où les concepts sont conceptuellement organisés et les segments indexés structurellement reliés.

Ces trois étapes sont intimement liées et se font plus ou moins simultanément, car elles sont mutuellement dépendantes les unes des autres : pour localiser, il faut savoir de quoi l'on veut parler et, pour savoir de quoi l'on veut parler, il faut déterminer où

l'on en parle. L'indexation est par conséquent la production d'une description documentaire paraphrasant le contenu en index localisés et structurés.

L'indexation est par conséquent une interprétation du contenu. De manière fondamentale, l'indexation établit en quoi un document ou un objet est signifiant, fait signe, pour une recherche d'information ou une autre exploitation. Etablissant la signification du document, l'indexation le sémiotise : littéralement, elle en fait un signe qui signifie pour son lecteur. En comprenant l'indexation comme une sémiotisation, c'est-à-dire un processus interprétatif tirant ses déterminations de la sémantique, on peut en déduire des conséquences confirmées par la pratique professionnelle :

- l'indexation n'est pas universelle, au sens où elle serait unique et valable une fois pour toutes. Comme toute interprétation, elle est située dans un contexte qui en fixe les limites de pertinence. Il n'y pas une objectivité documentaire permettant d'établir une indexation universelle, mais des points de vue interprétatifs plus ou moins stables et établis ;

- l'indexation n'est pas définitive : conséquence du point précédent, une indexation n'est jamais terminée. De la même manière qu'il est toujours possible de reprendre une interprétation, de la modifier, de la compléter, de la reformuler, une indexation est toujours bornée par un contexte et un acte interprétatif finis et limités, qui laissent la possibilité de reprendre à nouveaux frais l'indexation.

L'indexation hérite de l'interprétation son caractère holiste, où le contexte global détermine le local. Comme le souligne F. Rastier [RAS 94], déterminer la signification d'un document, c'est-à-dire ce qui fait signe et comment, n'est pas un donné du document, mais le résultat d'une interprétation. L'établissement des signes est le résultat et non la condition du parcours interprétatif. Par conséquent, l'indexation comme sémiotisation n'est pas un processus qui décrit ce qui est dans un document ou ce qui est donné avec lui, mais elle constitue une interprétation qui ajoute au document et l'enrichit. Elle est donc relative et amendable. Au lieu de décrire une réalité intrinsèque au document qui lui est immanente, elle apporte une interprétation extrinsèque, qui lui est transcendante. Extrinsèque ne veut pas dire arbitraire, gratuit ou aléatoire : l'indexation est une interprétation qui est motivée par le document indexé, fondée en lui, mais sans avoir de rapport de nécessité logique ou déductive avec lui.

9.2. L'indexation des documents hypermédias

Le numérique permet d'envisager des documents multimédias, c'est-à-dire mobilisant des formes sémiotiques de restitution différentes. Comme dans le cas du texte, le numérique permet de considérer autant d'unités de sémiotisation que nécessaire. Le multimédia introduit deux innovations essentielles qui modifient considérablement la problématique de l'indexation : la prise en compte des objets temporels et celle des hyperdocuments.

9.2.1. *Les objets temporels*

Les objets temporels sont des contenus dont la forme sémiotique de restitution est temporelle ou dynamique. Ce sont par conséquent des objets qui prescrivent l'ordre et le rythme de la lecture, par opposition aux documents aux formes sémiotiques de restitution spatiale qui n'imposent ni ordre ni rythme de lecture, même si elles les suggèrent. Les objets temporels possèdent une durée qui est constitutive : il est impossible de les considérer globalement dans un seul instant ; ils sont par essence des contenus pour lesquels il faut un temps donné précis pour les consulter. Les objets temporels posent classiquement de nombreux problèmes à l'indexation, qui sont principalement liés à leur temporalité et leur caractère non alphabétique. Dans un contexte technologique numérique, ces problèmes peuvent être levés, mais de nombreuses difficultés doivent alors être résolues.

Dans un contexte analogique, les systèmes de lecture sont des dispositifs physiques ayant pour fonction de restituer la forme temporelle du document à partir de son enregistrement spatial codé. Ces dispositifs sont dédiés, c'est-à-dire qu'ils sont spécialement conçus pour reconstruire la linéarité temporelle de la lecture. Cela a pour conséquence d'interdire quasiment l'accès direct ou aléatoire à une partie quelconque du document indépendamment du reste. Les quelques outils qui le permettent restent d'un maniement malaisé et garantissent rarement l'exactitude requise, comme par exemple le magnétoscope.

Par ailleurs, la forme temporelle des documents ne se prête pas à une lecture rapide, un parcours du document en le feuilletant comme nous sommes accoutumés à le faire pour les documents papiers. L'accès à l'information doit donc passer soit par une lecture entière du document, jusqu'à ce qu'on rencontre l'information recherchée, soit par son repérage explicite, permettant de la localiser sur l'enregistrement pour y accéder directement². Mais le repérage explicite retombe sur le problème du caractère non alphabétique des images. En effet, puisque les images montrent sans signifier, il faut expliciter dans un registre de type linguistique l'information recherchée et lui associer une localisation dans le document. Mais dans ce dernier cas, on retombe sur le problème précédent d'un accès direct techniquement malaisé³.

2. Ces difficultés ont longtemps empêché l'audiovisuel d'être un médium de connaissances : l'art étant assumé par le cinéma, l'information et le débat par la radio, il restait l'« *idiotvisuel* » à la télévision [DEN 98]. Le numérique pourrait permettre de modifier les contraintes imposées à la consultation des contenus audiovisuels et de revoir le statut de ce médium (voir encadré 9.1).

3. Il faut cependant tempérer les arguments fondés sur l'iconicité de l'image et le caractère non alphabétique qui en découle. En effet, l'audiovisuel, comme son nom l'indique, unit images et sons. Ces sons, quand ils correspondent à de la parole, permettent de conférer une interprétation

Le numérique permet de réviser la perspective de l'indexation en offrant de multiples possibilités. En effet, le numérique intervient, concernant les objets temporels, à deux niveaux :

La numérisation, qui consiste à discrétiser les contenus en un format numérique, et à leur appliquer des traitements (compression, protection, etc.) et analyses (détection, extraction de descripteurs, etc.);

L'informatisation, qui consiste à intégrer les contenus temporels dans un système d'information pour l'échange et l'exploitation. Plus récente que la numérisation, l'informatisation est responsable de la révolution numérique dont on parle tant depuis quelques années.

Alors que le problème-clef de la numérisation est la transformation du contenu, en appliquant des techniques issues du traitement du signal, de la reconnaissance des formes et, plus généralement, des mathématiques appliquées, celui de l'informatisation est l'échange et la manipulation du contenu, en appliquant des techniques issues du génie documentaire, du génie logiciel et, plus généralement, de l'informatique symbolique. Pour la numérisation, le contenu est un objet physique (la lumière encodée dans les pixels, une onde sonore) que l'on traite par des mathématiques du continu opérationnalisées par le calcul numérique ; pour l'informatisation, le contenu est une information, un objet informatique que l'on traite par des processus symboliques. C'est essentiellement l'informatisation qui modifie la perspective de l'indexation pour les objets audiovisuels. Ces modifications sont les suivantes :

Intégration de la documentation et de la chaîne documentaire : la documentation, dans un contexte analogique, est nécessairement sur un autre support que l'objet temporel, dont le support est dédié au codage de l'enregistrement du contenu. Par ailleurs, l'objet temporel est un objet techniquement et éditorialement complexe qui se produit en plusieurs étapes distinctes possédant

aux images, de manière plus ou moins directe. Si bien que bien des problèmes d'interprétation de l'image ne se posent plus tels quels pour l'interprétation de l'audiovisuel car la parole entendue dans la bande sonore constitue parfois une indexation de ce qui est vu (comme par exemple dans les documentaires). En revanche, la temporalité demeure et constitue un obstacle à l'interprétation des contenus audiovisuels. La spatialisation que permet le numérique ouvre des perspectives, mais au prix d'une transformation de la réception esthétique du contenu : il ne s'agit plus d'une consultation linéaire où la signification et les effets de sens et d'esthétique proviennent de la succession temporelle, mais il s'agit désormais d'une navigation spatiale localement temporelle (consultation des segments résultant de la délinéarisation du contenu, dans l'ordre arbitraire choisi par l'utilisateur) où la signification procède d'un parcours construit par le lecteur et non imposé à lui.

chacune leur propre documentation : production (scripts, *storyboard*, etc.), diffusion (magazines de télévision, conducteurs, etc.), conservation (notice documentaire). La documentation est donc éclatée sur différents supports selon les différentes étapes de son cycle de vie. Le numérique permet, d'une part, d'intégrer le document et la documentation sur un même support, et, d'autre part, de rassembler et d'échanger la documentation tout au long du cycle de vie. Le contenu se construit, s'échange, se diffuse, s'archive en emmenant avec lui sa documentation qui s'enrichit et s'adapte en fonction de son cycle de vie.

Alignement de la documentation : dans un contexte analogique, la documentation, séparée du document, est difficilement couplée à ce dernier, comme on l'a dit. Cela implique en particulier que la structure de la documentation n'est pas articulée à la structure du document. Dans le contexte numérique où document et documentation sont réunis, les différentes parties de la documentation peuvent être alignées, référencées sur des segments du document.

Intégration des documents et de la documentation : la documentation, intégrée et alignée au document, rassemble les informations permettant d'accéder et d'exploiter le contenu. La documentation est par conséquent une condition *sine qua non* de l'exploitabilité du contenu et ne peut en être séparée ; la documentation, indissociable du contenu, devient une partie du document. C'est le célèbre slogan *metadata is data*. On connaît bien ce principe à présent que les contenus numériques se diffusent largement : l'information documentaire, présente sur la jaquette des cassettes musicales ou vidéos, est désormais intégrée dans les DVD sans laquelle ils sont difficilement consultables. Le format du DVD permet d'intégrer document et documentation.

En conclusion, la principale innovation apportée par le numérique est un fait simple, mais fondamental : la coexistence sur un même support du contenu et des informations documentaires. Mais cette coexistence n'implique pas inclusion : si les métadonnées sont intégrées et alignées au contenu, elles ne sont pas incluses dans le contenu.

En effet, dans un document temporel numérique, les balises permettant de localiser un segment indexé ne sont plus dans le document lui-même, ce qui permettrait de déterminer implicitement que le segment textuel indexé par deux balises correspond au texte qu'elles encadrent. Du fait qu'il s'agit d'un flux binaire temporel, les informations documentaires engendrées par l'indexation ne sont pas dans le document, mais dans une notice ou une description matérialisée en une structure numérique distincte du document indexé. Il se pose alors le problème de faire l'articulation entre le document indexé et son indexation de manière explicite, et de permettre une localisation spatio-temporelle des segments indexés.

La forme audiovisuelle ne se prête pas au travail analytique de la connaissance : la forme temporelle impose le rythme de lecture et interdit au lecteur/spectateur/auditeur de prendre le temps de réfléchir à tel ou tel aspect, de revenir sur telle ou telle partie, de comparer tels et tels segments. Si *ana-lyse* signifie étymologiquement « couper (lyse) en morceau de part en part (ana) », on s'aperçoit que forme temporelle et travail analytique sont antinomiques. De surcroît, le fait que l'audiovisuel soit un signe qui montre, et non un signe qui dit, c'est-à-dire un signe qui propose un objet de type perceptif et non de type symbolique et conceptuel, implique que les constructions imaginatives du spectateur sont court-circuitées par ce qu'il voit ou ce qu'il entend. L'École de Francfort [ADO 74] y a vu le principe d'une aliénation et d'une maîtrise des consciences par les industries culturelles (voir par exemple [MIÈ 00], [MAT 95], [BOU 01]).

Le numérique a pour tendance de décomposer un contenu en unités pour les recombinaison librement. Le numérique est donc par excellence l'instrument du travail analytique : il découpe et recombine. En numérisant la forme audiovisuelle, on rend possible une approche où le contenu peut faire l'objet d'une étude systématique et conceptuelle. Cependant, toutes les formes audiovisuelles ne se prêtent pas à une telle étude. En effet, le numérique, en décomposant, spatialise le contenu en unités multiples entre lesquelles naviguer : le numérique dé-temporalise le contenu. Il annule donc la forme esthétique (au sens de réception ou intuition par les sens) temporelle pour la transformer en navigation spatiale. Les objets audiovisuels artistiques ne pourront accepter ce traitement que pour une critique, et non pour une consultation. En revanche, l'audiovisuel est largement utilisé dans les communautés scientifiques comme matériaux expérimentaux primaires : films ethnographiques, anthropologiques, psychologiques, ergonomiques, etc. ; les scientifiques de ces disciplines ont besoin d'outils d'analyse pour travailler ces contenus et les exploiter pour leurs constructions théoriques. Les pédagogues peuvent plus aisément introduire l'audiovisuel dans le travail de transmission des connaissances : ils maîtrisent le processus temporel grâce aux découpages numériques, sans devoir s'en remettre au flux continu.

Le numérique permet donc à l'audiovisuel de devenir un médium de connaissance.

Encadré 9.1. *Audiovisuel et connaissance : le numérique comme instrument du rapprochement ?*

Cela entraîne quelques difficultés. L'ordre de la description ne coïncide pas nécessairement avec l'ordre du décrit : l'ordre dans lequel se succèdent les descriptions documentaires ne correspond pas nécessairement à l'ordre dans lequel se succèdent les segments documentaires décrits. Par exemple, dans la figure suivante, la description documentaire commence par celle d'un morceau d'anthologie qui succède dans le document à des segments qui ne sont décrits qu'après lui. Par ailleurs, il faut adopter des méthodes de référencement du contenu tant dans l'espace que dans le temps.

Pour toute indexation d'un document temporel, il faudra par conséquent adopter un format permettant d'une part d'exprimer une localisation et d'autre part de l'articuler effectivement au contenu. Ce sera notamment repris par des normes comme MPEG-7, que nous présenterons brièvement à titre d'exemple.

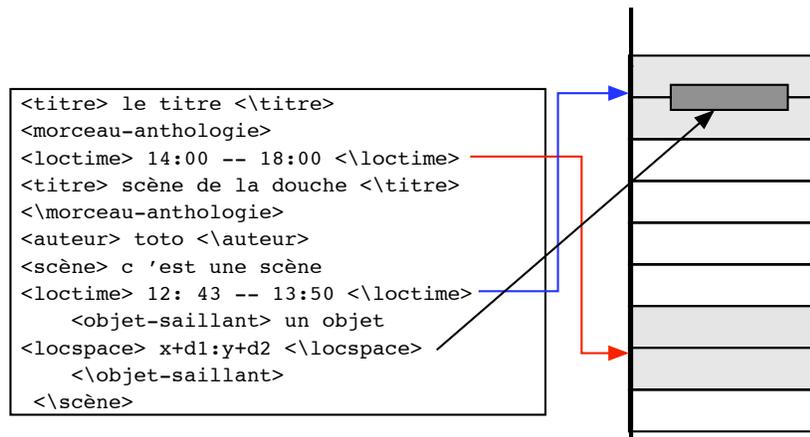


Figure 9.4. Indexer un objet temporel : l'information documentaire n'est pas dans le document, et son organisation n'est pas celle du document décrit ; l'ordre de la description n'est pas celui du décrit

9.2.2. Un cahier des charges pour l'indexation multimédia

Face à ces transformations induites par le numérique et aux difficultés soulevées, une indexation multimédia et hypermédia doit par conséquent proposer des solutions aux différents problèmes suivants :

- gérer des contenus possédant différentes formes sémiotiques, en particulier les formes sémiotiques temporelles ;
- permettre de représenter une information qualifiant le contenu ; cette information peut être de différents formats et niveaux d'abstraction : descripteurs linguistiques constituant des index, descripteurs physiques, descripteurs iconiques, etc. ;
- articuler l'information qualifiant le contenu au contenu lui-même : il doit être possible de repérer n'importe quelle partie d'un hypermédia (segment d'un texte, segment spatio-temporel d'une vidéo, d'un son, fragment hypermédia d'un hypermédia) ;
- articuler la structure de l'information décrite à celle de l'information décrivant : comment articuler la structure de la description à la structure spatio-temporelle d'une vidéo ?

Ces points ne sont actuellement traités tous ensemble par aucun outil ou formalisme. Cependant, de nombreux travaux sont en cours qui permettent d'envisager des solutions prometteuses. Nous concluons ce chapitre avec un exemple représentatif : MPEG-7.

9.2.3. MPEG-7

MPEG est un comité d'expert (*Motion Picture Experts Group*⁴) qui s'est constitué pour proposer des normes technologiques pour l'audiovisuel et aujourd'hui l'hypermédia. Les travaux de ce comité ont essentiellement porté jusqu'à présent sur la compression des objets sonores et vidéos. Les normes MPEG-1, MPEG-2 et MPEG-4⁵ permettent de transmettre sur les réseaux des contenus audiovisuels dont le volume non compressé rendait cette opération impossible. MPEG-7 est la dernière-née des normes MPEG, MPEG-21 étant en cours d'élaboration. Contrairement aux précédentes, MPEG-7 ne porte pas sur la compression, mais sur la description des contenus. Avec MPEG-7, MPEG change de paradigme et élargit son horizon : il ne s'agit plus de numériser un signal et de le transformer, mais d'échanger les contenus en communiquant pour cela les descriptions documentaires permettant leur identification et exploitation. En reprenant les notions présentées plus haut, MPEG passe de la numérisation à l'informatisation.

MPEG-7⁶, de son nom complet *Multimedia Content Description Interface*, est une proposition de normalisation portant sur la description des contenus. Mais, au lieu de normaliser ce qu'il faut dire à propos d'un contenu, MPEG-7 porte sur la manière de le dire. MPEG-7 a donc pour ambition de permettre l'échange des métadonnées, mais non de prescrire leur nature. A ce titre, l'objectif de MPEG-7 est fort proche de XML, et on peut résumer lapidairement MPEG-7 comme étant le XML pour l'audiovisuel. A ce titre, MPEG-7, comme XML, ne traite pas des points suivants :

- MPEG-7 ne prescrit pas comment obtenir les métadonnées ;
- MPEG-7 ne prescrit pas comment utiliser les métadonnées ;
- MPEG-7 ne prescrit pas comment interpréter les métadonnées.

4. <http://www.mpeg.org>

5. Voir [PER 02] pour une introduction et une synthèse.

6. Voir [MAN 02] pour une synthèse et [SAL 01b] pour une présentation de la description MPEG-7 des contenus multimédias, ainsi que le numéro spécial de *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* consacré à MPEG-7, dont est issu ce dernier article.

Autrement dit, MPEG-7 n'est pas une norme pour les outils d'extraction⁷ (obtenir les métadonnées), ni pour les moteurs de recherche⁸ (exploiter les métadonnées), ni enfin pour les ontologies⁹ (interpréter les métadonnées).

9.2.3.1. Structures de MPEG-7

MPEG-7 propose plusieurs structures d'information permettant d'exprimer les descriptions. Ces structures sont les suivantes :

Les notions, ou *features*, qui correspondent à tout ce que l'on peut avoir besoin d'exprimer pour décrire un contenu. On pourra avoir ainsi besoin de la notion d'auteur, de plan, de scène, de segment, etc., pour exprimer une description.

Les descripteurs, ou *descriptors*, qui correspondent à la représentation formelle et informatique d'une *feature*.

Les schémas de description, ou *schema description*, qui correspondent à des structures articulant entre eux différents descripteurs et d'autres schémas de description. D'une certaine manière, le schéma de description adapte au contexte de MPEG-7 la notion de DTD de XML ou de schéma de XML/schema.

Un métalangage, le DDL pour *Description Definition Language*, qui permet de créer des descripteurs et des schémas de description. Le DDL est fondé sur XML-Schema qu'il étend quelque peu.

On appelle description la métainformation créée sur un contenu et exprimée en suivant la norme MPEG-7. MPEG-7 propose *a priori* des descripteurs et des schémas de base permettant d'exprimer de manière standard l'information documentaire. D'une certaine manière, MPEG-7 va au-delà de la simple spécification d'un métalangage en intégrant dans la norme des structures de base formatant la description. Pour reprendre un exemple issu du monde du texte, MPEG-7 intègre XML et la TEI qui est, comme on le sait, une DTD proposée à la communauté des chercheurs en sciences humaines pour exprimer et échanger leurs corpus textuels. Le cœur de MPEG-7 est donc constitué des différents schémas de base proposés. Ils se répartissent en fonction de la nature du média : on compte donc les schémas pour le son, la vidéo et le multimédia. Il reste bien sûr possible de déclarer de nouveaux schémas en fonction de ses propres besoins, mais, ces nouveaux schémas n'appartenant pas à la norme bien qu'exprimés par son moyen, rien ne garantit que les informations formatées par ces schémas puissent être

7. Voir par exemple [BIM 99].

8. Voir par exemple [CHA 02a].

9. Sur ce point, voir le chapitre précédent.

échangées et exploitées par d'autres utilisateurs : il faut pour cela, d'une part, transmettre la structure du schéma lui-même (comme il faut communiquer la DTD pour analyser un document SGML ou XML), et, d'autre part, transmettre la sémantique de cette structure pour permettre son interprétation. En effet, l'intérêt d'utiliser les schémas exprimés dans la norme est que leur sémantique est définie dans les documents normatifs auxquels chacun a accès. Il est donc possible de réutiliser l'information transmise dans le format MPEG-7. A présent nous donnons quelques exemples de schémas de descriptions, renvoyant le lecteur aux documents normatifs pour plus de détails.

9.2.3.2. *Les schémas pour le son*

Les schémas pour l'audio sont conçus pour permettre d'exprimer des informations sur le signal sonore, telles que les outils actuels permettent de les extraire. Ces schémas portent sur :

- les effets sonores ;
- la description du timbre des instruments. Le timbre correspond à ce qui peut différencier quand deux sons possèdent la même hauteur et la même intensité. Le schéma décrit les propriétés perceptuelles avec un nombre réduit de descripteurs comme « richesse », « attaque », etc. ;
- la parole : elle est décrite par une combinaison de sons et de mots, permettant ainsi de retrouver les mots inconnus d'un vocabulaire par les sons associés ;
- les mélodies : le schéma est conçu pour permettre des requêtes par similarité, notamment entre un air sifflé ou fredonné par un utilisateur et une mélodie stockée ;
- les descriptions de bas niveau sur le son : enveloppe temporelle, spectre, harmonies, etc.

Un descripteur « silence » permet finalement de décrire un contenu comme silencieux !

9.2.3.3. *Les schémas pour la vidéo*

Les schémas consacrés à la description des contenus vidéo et visuels sont complexes et élaborés. Ils portent principalement sur les aspects suivants :

- des descripteurs basiques : ces derniers permettent de localiser selon une précision variable une partie dans un contenu visuel ou vidéo. Cela renvoie par exemple à un système de coordonnées 2D qui peut être propre à chaque *frame* ou commun à plusieurs, permettant dans ce dernier cas de comparer les positions entre différents *frames* ;
- la couleur : on retrouve le savoir-faire habituel de l'extraction automatique. On dispose ainsi de descripteurs et schémas pour déclarer l'espace de couleur, la quantification, la couleur dominante, etc. ;

- les textures : représentation d'une image comme partition de zones de texture homogène, des histogrammes, etc. ;
- les formes : analyse en région, représentation des contours, des formes tridimensionnelles ;
- le mouvement : mouvement de caméra, trajectoire, analyse du mouvement dans l'image, etc. ;
- la localisation : sont considérées en particulier les localisations spatio-temporelles permettant de définir dans une séquence vidéo un « tube » ou région spatio-temporelle, qui peut être connexe ou non d'ailleurs ;
- la reconnaissance des visages.

Comme on le voit, les schémas pour la vidéo sont essentiellement conçus en fonction de l'état de l'art de l'extraction. Autrement dit, si MPEG-7 ne normalise pas les techniques d'extraction, il normalise la manière de représenter les résultats de ces techniques. On peut regretter que la normalisation ait été plus pilotée par ce que l'on sait faire que par ce qui est utile. L'hypothèse implicite est que l'information extraite par les algorithmes d'extraction est utile et qu'il est inutile de rechercher ce qui est utile indépendamment de savoir comment l'extraire, manuellement ou automatiquement, car les algorithmes pourront à terme tout extraire. Cette hypothèse ne nous semble pas fondée car elle suppose, pour être vérifiée, que l'on sache combler le fossé sémantique entre l'information physique d'un contenu vidéo et l'interprétation conceptuelle qui en est faite, ce qui n'est pas envisageable pour le moment.

9.2.3.4. *Les schémas pour le multimédia*

Ce dernier ensemble de schémas est le plus riche et le plus complexe. De plus, il prend explicitement en compte des informations d'ordre documentaire, éditorial, et conceptuel, nécessaires pour la description hypermédia. MPEG-7 élargit son intérêt pour l'information documentaire en général au-delà des résultats d'algorithmes d'analyse. Les principales structures proposées concernent les points suivants :

Le management du contenu : les éléments MPEG-7 décrivent ce qui concerne la création du contenu, sa production, son encodage, les formats de codage et de fichier.

La description du contenu : cela concerne les aspects structurels (structure du contenu d'un point de vue spatial, temporel) et les aspects conceptuels (description du contenu du point de vue d'une sémantique « fondée sur le monde réel » et mobilisant des notions conceptuelles).

La navigation et l'accès au contenu : des structures de résumé sont proposées, ainsi que des partitions ou décompositions et également des « variations » : description de différentes ressources représentant des variantes d'un même contenu,

que l'on peut choisir en fonction du contexte ; par exemple des variantes linguistiques d'un même programme audiovisuel.

L'organisation du contenu : ces descripteurs et schémas permettent de décrire l'organisation en collections des objets, événements ou segments du contenu.

L'interaction avec l'utilisateur : cela concerne les préférences et les profils des utilisateurs pour la consultation des contenus. Ces descripteurs peuvent être utilisés avec ceux concernant les « variations » pour proposer les contenus les plus adaptées à un utilisateur (ceux de sa langue par exemple).

Ces schémas et descripteurs sont donc fort riches et complets. Il semble, au premier abord, que la plupart des informations sur un contenu puissent être décrites par leur intermédiaire. Mais seul l'usage futur de la norme pourra le confirmer.

Pour conclure cette section sur MPEG-7, nous donnons un exemple de spécification d'un schéma de description portant sur les transitions entre des segments vidéos montés, c'est-à-dire établies lors du montage. Les déclarations suivantes, construites à l'aide du DDL fondé sur XML/Schéma, permettent de spécifier la syntaxe du schéma de description :

```

<!-- ##### -->
<!-- Definition of Transition DS -->
<!-- ##### -->
<complexType name="TransitionType">
  <complexType>
    <extension base="mpeg7:VideoSegmentType">
      <sequence>
        <element type="GradualEvolution"
          type="mpeg7:GradualEvolutionType"
          minOccurs="0"/>
        <element name="SpatioTemporalLocator"
          type="mpeg7:SpatioTemporalLocatorType"
          minOccurs="0"/>
      </sequence>
      <attribute name="editingLevel" use="optional">
        <simpleType base="string">
          <enumeration value="global"/> <!--Or InterShot-->
          <enumeration value="composition"/>
        
```

....

Par ailleurs, la sémantique des éléments et attributs est précisée par le type de considérations suivantes :

– *TransitionType* décrit une transition réalisée entre deux segments vidéos édités pendant un montage.

– trois types de transition sont distinguées en se fondant sur la valeur de l'attribut *editingLevel* : une transition est *global*, *composition* ou *internal*. De même, trois autres types de transition sont distingués en fonction de la valeur de l'attribut *evolution* : *cuts*, *analog cuts* et *gradual transitions*. *GradualEvolution* décrit la transition quand elle est graduelle. Il ne s'applique pas aux transitions qui sont des *cuts* ou des *analog residual cuts*.

On constate ainsi que tout utilisateur de MPEG-7 se voit proposer une syntaxe et une description sémantique plus ou moins précise pour déclarer l'information documentaire sur le contenu. MPEG-7 est donc bien un format général pour l'indexation hypermédia.

9.3. Conclusion : standard et indexation

Une partie importante des recherches des dernières années s'est concentrée sur la définition de standards portant sur les aspects les plus divers des contenus. Outre les formats permettant de coder la forme d'expression comme l'ASCII, UNICODE ou les formats JPEG ou MPEG-1 ou 2, on trouve des standards comme MPEG-7 qui tentent de normaliser des aspects plus proches du contenu et de son interprétation. On ne peut que constater aujourd'hui que le monde de l'audiovisuel, qu'il soit celui de la production ou des archives, n'a pas adopté MPEG-7, reléguant cette dernière au statut d'une tentative intéressante, mais avortée¹⁰. MPEG-7 n'est réellement utilisée que par ceux qui l'ont conçu et pour lesquels les usages ont été en quelque sorte pensés, les chercheurs du monde académique sur le traitement numérique des contenus (forme d'expression et forme physique du contenu). Plusieurs raisons peuvent expliquer cet échec de la norme : l'absence des acteurs du monde audiovisuel dans les groupes d'expertise MPEG lors de l'élaboration du MPEG-7, la complexité de la norme qui retarde toute mise en œuvre effective, etc.

Mais plus profondément, il nous semble que MPEG-7 échoue également par une certaine incompréhension du problème de l'indexation. Comme on l'a montré plus haut, l'enjeu est de pouvoir discerner les unités documentaires pertinentes et de caractériser leur sémantique. MPEG-7 semble supposer que les unités documentaires sont

10. On ne peut qu'opposer à l'échec de MPEG-7 le succès fulgurant de MXF (*Material Exchange Format*) qui s'est vu adopté dans le monde de la production audiovisuel et cinématographique pour rationaliser les transmissions de contenus et échanges de données lors de la production de programmes. Outre que le monde de la production attendait ce format et l'a adopté dès son élaboration, un tel format correspond également à une vision très concentrée sur le contenu physique des documents sans prendre de décision *a priori* sur son indexation et donc son interprétation.

des caractéristiques intrinsèques au document et objectives : elles s'imposent à tous les points de vues et aux différentes applications qu'on pourrait envisager. La réalité est largement différente : la notion même de document, sa structuration et son indexation correspondent à l'objectivation sur des contenus de points de vue conceptuels et sociaux. Si bien que d'une institution d'archives à l'autre, les critères de pertinence varient et on ne trouvera pas les mêmes types de segments à délimiter ni les mêmes caractéristiques sémantiques. Ce qui en soit ne devrait pas poser un problème fondamental à MPEG-7 s'il était réellement possible d'étendre les descripteurs et schémas de description, et si les descripteurs de bas niveaux n'étaient pas considérés comme la base de l'indexation.

La modélisation documentaire reste donc un chantier encore largement en friche. C'est que trop souvent les modèles se muent en contraintes rapidement balayées par les usages et pratiques professionnelles et amateurs. Au lieu d'enfermer l'exploitation des contenus dans des modèles faisant des choix *a priori* sur l'interprétation des contenus, il convient d'outiller les utilisateurs et d'instrumenter l'indexation sans préjuger de sa nature et de son contenu. On voit ainsi se développer les courants de *folksonomy*, qui reposent sur le fait que les contenus publiés en ligne sur le web peuvent être annotés et indexés par la communauté des internautes, leur masse permettant l'émergence statistique d'une indexation fiable et exploitable. Même si cela ne va pas sans poser de nombreux problèmes, sur lesquels nous revenons d'ailleurs dans le chapitre suivant, il importe de constater le succès de ces solutions et le principe qui en est la cause, à savoir constituer une base technologique donnant lieu à l'émergence d'une pratique, en outillant des utilisateurs, au lieu de décider de manière *a priori* la pratique dans la modélisation des contenus.

Force est de constater que la modélisation rencontre donc des limites qu'il faut dépasser en revenant à une posture d'instrumentation plus modeste dans l'ambition technique, mais plus ambitieuse sur le plan des pratiques. L'enjeu est désormais de passer d'une ingénierie des contenus à une culture du numérique créant ses méthodes et ses règles de production, transmission et assimilation des documents, qu'il conviendra sans doute par la suite de modéliser pour poursuivre l'instrumentation. Mais pas avant.

Chapitre 10

Pratiques documentaires

Le document est un objet technique et culturel. Comme tel, il existe donc une intrication et interaction fortes entre les structures techniques des documents et contenus, et les pratiques culturelles dont ils font l'objet. La numérisation, en permettant de revoir de fond en comble les conditions de manipulabilité des contenus, comme on l'a vu (chapitre précédent), déplace les possibilités d'exploitation et la valeur qu'on leur attribue.

Bien que d'innombrables études tentent de cerner les mutations sociales provoquées par l'émergence de ces nouvelles techniques, nous nous livrerons également à cet exercice périlleux sans avoir la compétences de nos collègues sociologues. Mais au lieu de bégayer maladroitement leurs travaux, nous nous fonderons non pas sur les tendances constatées dans les pratiques observées, mais sur les tendances propres au numérique, en particulier la tendance technique que nous avons caractérisée dans le premier chapitre. En effet, certaines évolutions font partie de la logique propre au numérique, et l'informaticien et l'épistémologue peuvent se fonder sur cette logique pour anticiper et penser ces évolutions dont l'expression effective dans la société reste à déterminer et à observer : la tendance technique peut en effet se heurter à d'innombrables obstacles, venant soit de la technique elle-même, soit d'autres dimensions du réel comme le droit ou l'économie.

Parmi les transformations que semblent impliquer la tendance technique du numérique exercée sur les contenus se manifestent en tout premier plan le changement de statut du contenu, la valeur de la connaissance qu'il transmet ou exprime, l'importance et la personnalité de son auteur. Nous pensons que ces modifications ne sont pas en effet qu'un simple signe des temps, mais les conséquences d'une logique fort cohérente propre au numérique.

Ces déplacements sur le statut du contenu et des auteurs impliquent des questions nouvelles et des enjeux essentiels correspondant à l'assimilation de ces déplacements dans l'économie de la pensée et de la culture. Ces enjeux portent à la fois (i) sur les problèmes techniques à résoudre pour que la tendance technique

s'exprime de manière effective, (ii) sur des problèmes culturels pour que les possibilités techniques soient le prétexte à la construction d'une nouvelle culture et non la déstabilisation d'une ancienne, et, enfin, (iii) sur des problèmes méthodologiques qui correspondent à l'émergence d'une pratique rationnelle et professionnelle des contenus numériques.

La question centrale reste donc celle de l'émergence d'une pratique des contenus numériques qui donne lieu à une culture et pas seulement à des usages, en comprenant par culture le fait de donner un sens à ce que l'on fait et à le partager dans une société. Les possibilités techniques ouvertes par le numérique sont riches de promesses mais souvent peu porteuses de sens. La tâche qui s'ouvre à nous est de poursuivre la mutation numérique par la constitution d'une culture en travaillant de manière raisonnée sur l'instrumentation des contenus et l'outillage des utilisateurs sans les enfermer dans des modélisations a priori contraignantes et à terme stériles. La modélisation doit être un élément de l'instrumentation et non son horizon exclusif.

Les pratiques documentaires sont à la croisée de critères et méthodes issus d'un monde centré sur les contenus inscrits sur un support de type papier et ceux émergeant dans un monde découvrant les possibilités du numérique.

La culture de l'écrit, si par ce terme trop réducteur on veut qualifier la culture classique issue de la révolution de l'écriture et de l'imprimerie, a élaboré des cadres intellectuels précis et remarquablement stables qui ont gouverné nos pratiques depuis plusieurs siècles à présent. Ces cadres sont en train de vaciller, non qu'ils ne soient plus valables, mais leur universalisme et leur nécessité étant désormais dénoncés, ils doivent à présent se restreindre à une partie seulement de la sphère culturelle pour apprendre à cohabiter avec des mondes construits sur des bases largement différentes. La culture de l'écrit est une province de la culture qui découvre la culture du numérique, tant dans les continuités constatées que dans les ruptures dénoncées.

L'espace de cet ouvrage est évidemment trop restreint pour revenir avec la précision nécessaire sur les cadres intellectuels et conceptuels de la culture de l'écrit¹, nous voudrions revenir sur quelques aspects pour souligner le poids des mutations en cours.

La culture de l'écrit s'est construite sur les propriétés de fixité et de permanence du support, les évolutions ayant la plupart du temps eu lieu dans la perspective de renforcer ces deux propriétés. Un contenu est donc ce qui est fixé sur un support, la matérialité du support apportant la persistance temporelle au contenu ainsi que son

1. On pourra consulter [BOT 87, GLA 00, CAL 96] pour appréhender les spécificités de l'écriture, [EIS 91] pour les mutations provoquées par l'imprimerie et les ouvrages de René Chartier pour comprendre les structures essentielles de la culture des lettrés [CHA 97b, CAV 97, CHA 96].

intégrité et ses délimitations. La fixité du support entraîne un lot de questions que l'on trouvera au fondement des savoirs du livre et du document :

La version de référence : le support permettant de définir exactement la forme d'expression d'un contenu, à l'instar d'un enregistrement exact, il convient de déterminer avec exactitude entre différents supports donnant des versions différentes d'un contenu que l'on estime être le même. Sans forme d'expression fixée, la question de la référence disparaît.

L'auteur : l'auteur est une notion relativement tardive [ESA 04], l'antiquité et le Moyen Âge ne reconnaissant pas à l'auteur le rôle considérable que notre modernité lui confère, voyant en lui un démiurge créant de toute pièce une œuvre originale. L'auteur est à la fois issu d'une nécessité pratique (comment organiser la page de garde des livres imprimés ? qui rémunérer lors des ventes ? etc.), et de partis pris idéologiques. Mais dans la mesure où un contenu est fixé dans une version qui fait foi, la lettre exacte du contenu peut être rapportée à un auteur de cette expression. L'auteur est également le corrélat du support fixant le contenu.

L'objectivité du contenu : puisque le contenu est fixé sur un support, que sa lettre ou forme d'expression est fondée exactement, il en ressort l'idée que le contenu est objectif et possède une signification qui lui est propre, qu'elle reflète l'intention de l'auteur, comme le voyait une herméneutique romantique, ou les structures immanentes du texte, comme l'a considéré le structuralisme.

Ces propriétés caractéristiques d'une culture de l'écrit vont se voir profondément remises en cause par les techniques numériques dans la mesure où elles instaurent une instabilité fondamentale des contenus, ruinant tout espoir d'avoir une fixation définitive du contenu.

10.1. Déplacements induits par le numérique

10.1.1. *L'effacement de l'auteur*

La figure de l'auteur semble être la première instance à être remise en cause par les technologies du numérique. C'est qu'en effet la relation de l'auteur au contenu numérique est beaucoup plus indirecte que ne l'est celle, devenue canonique, du l'auteur au livre imprimé ou au document papier. Cet effacement est dû à un ensemble de facteurs dont les principaux sont la reconstruction documentaire d'une part, et, la fragmentation de la manipulation d'autre part.

Le document numérique, comme on l'a vu dans le chapitre 8, n'est pas réellement un document au sens où le document papier en est un. Le document numérique est à proprement parler un complexe documentaire composé de ressources enregistrées,

d'un dispositif de reconstruction du contenu pour l'afficher dans une forme perceptible et intelligible, et finalement des vues reconstruites. Aucune de ces composantes ne peut prétendre à elle seule d'être le document, ni même un document, en supposant que les composantes soient elles-mêmes des documents intervenant dans la construction d'un autre. En effet, la ressource est persistante car elle est enregistrée sur un support pérenne. Mais elle n'est pas consultable telle quelle sans la médiation d'un dispositif technique de lecture. Autrement dit, sans ce dispositif, la ressource reste inintelligible et imperceptible. Mais la vue reconstruite n'est pas davantage un document : si elle est bien intelligible, elle n'est en général pas persistante, car elle ne dure que le temps de la reconstruction (affichage à l'écran, restitution sonore). Enfin, le dispositif n'est pas davantage le document même s'il contient un paramétrage permettant de configurer la ressource pour être consultée.

Dans ces conditions, le contenu affiché résulte autant de la ressource numérique que du paramétrage lié au format d'enregistrement et au dispositif de lecture. La paternité du contenu est en quelque sorte répartie entre la ressource et les conditions sous lesquelles la consulter au moyen du paramétrage adéquat du dispositif de lecture.

Mais cette distance introduite entre la vue reconstruite et la ressource enregistrée a pour conséquence que la reconstruction de la vue peut mobiliser différentes ressources, différents fragments d'origines diverses : il n'y a pas de relation intrinsèque entre la vue consultée et la ressource préservée, sinon la confiance que l'on a dans le décodeur. Autrement dit, le contenu consulté possède de lui-même une nature composite et la tendance technique propre au numérique ne peut que distendre encore ce lien entre la vue et la ressource pour rendre la vue encore plus anonyme, issue d'une reconstruction éparse et diversifiée.

Ce mouvement peut être contrecarré par des logiciels qui, possédant leur propre format d'enregistrement, assurent un lien quasi univoque entre ressource et vue reconstruite. Abondamment utilisés dans le monde de la création multimédia, ces outils se voient néanmoins confrontés à des approches reposant sur des ressources enregistrées selon des formats standards ouverts et où par conséquent le lien entre la ressource et la vue n'est pas garanti.

L'auteur disparaît donc pour devenir non pas un créateur, comme le veut une *doxa* pétrie de romantisme voyant dans l'auteur un démiurge, chaque création relevant d'un miraculeux *fiat lux*, mais un plus modeste éditeur de ressources, voire un commentateur. L'éditeur crée des contenus en utilisant des ressources qu'il peut avoir créées lui-même ou non, l'écart entre les deux n'étant pas si grand d'ailleurs. L'éditeur est réellement un auteur dans la mesure où il fait des choix, reconfigure la forme, crée de nouvelles ressources. Mais il ne le fait pas *ex nihilo*, mais à partir d'un fonds qui le précède et sur lequel il s'appuie.

Cette conception n'est pas si nouvelle que cela. Au Moyen Âge par exemple, les individus que nous considérons comme des auteurs selon nos critères actuels ne se considéraient pas obligatoirement comme tels : le seul véritable auteur étant Dieu, les clercs écrivant leurs ouvrages ne font en fait que commenter la création. Par ailleurs, le contenu lui-même n'a pas les mêmes critères d'identité que ceux d'aujourd'hui : Saint Bernard dictait à ses secrétaires qui prenaient la liberté de changer un mot pour un autre sans pour autant considérer qu'ils modifiaient le sens ou le contenu de la pensée et de l'œuvre de Saint Bernard [ILL 91].

10.1.2. De la connaissance à la rumeur

Mais cet effacement de l'auteur, dont il ne faut pas obligatoirement se lamenter et qu'il est inutile de regretter, est liée à la perte de l'origine du document. Ce dernier devient anonyme et apatride : il n'est de personne et de nulle part, c'est un objet qui n'exprime pas la pensée de quelqu'un, mais exprimant un contenu qui comme tel peut être repris et réutilisé. Les documents, construits à partir de ressources, deviennent eux-mêmes des ressources. Ce sont des objets informationnels que l'on retrouve et que l'on peut reprendre à son profit, comme les pierres d'une ruine médiévale peuvent être réutilisées dans une construction plus récente.

On passe donc d'une économie du document, où l'on vérifie la provenance, qualifie les sources et authentifie les auteurs à une économie du composant, où l'on récupère un fragment comme ressource pour l'intégrer dans une nouvelle production.

10.1.3. De l'érudition à la consultation

Cette nouvelle économie de la ressource implique également un ordre de la connaissance modifié. La culture classique s'était construite autour de la figure de l'érudit. L'érudit, c'est celui qui possède des connaissances, qui les a en lui, assimilées dans son esprit et intégrées à son comportement. Dans un contexte où l'accès aux contenus (livres, bibliothèques) est possible, mais souvent difficile (nécessité de se déplacer, rareté des lieux, etc.), l'érudit en est réduit à savoir par lui-même le plus de choses possibles, à être totalement imprégné des connaissances constituant sa culture. Le lettré numérique n'est pas un érudit. Sa connaissance est au bout du réseau, il lui suffit de se connecter et de recourir à un moteur de recherche. Pour échapper à l'économie de la rumeur, il mobilise une méthodologie critique lui permettant de vérifier la cohérence du contenu et de s'assurer de la source et de l'origine. Mais il n'a plus besoin de mémoriser la connaissance et de la retenir en lui : la connaissance de l'accès s'est substituée à la connaissance du contenu [RIF 05].

Alors que l'érudit doit lutter contre l'ignorance, que l'on peut caractériser ici comme l'absence ou pénurie de connaissances, le lettré numérique doit lutter contre

l'abondance des contenus rendus accessibles par l'accès numérique. Le lettré numérique doit s'orienter pour s'y retrouver et faire son choix parmi cette abondance offerte. En cas d'échec, il n'affronte pas l'ignorance mais la perte de sens, il n'est pas ignare mais désorienté. C'est la raison pour laquelle le lettré numérique n'est pas un érudit, mais un avisé, c'est-à-dire celui qui sait s'orienter et décider au milieu d'une multitude de possibilités.

Cette figure de l'avisé renvoie à un modèle qui n'est pas celui de la culture classique de l'écrit, mais à un contexte culturel plus ancien, celui de la philosophie antique. Pierre Hadot a montré comment la philosophie antique n'est pas tant la recherche du savoir et de la vérité que la recherche du bonheur et de la sagesse. Les recherches scientifiques des antiques, par exemple celles des épicuriens qui a tant fasciné les modernes par leur anticipation du modèle atomique de la matière, ne sont en fait qu'un préalable pour la recherche de la sagesse : sachant que le monde est ainsi, qu'est-il possible de faire et comment se comporter ? L'enjeu de la philosophie est alors de permettre à celui qui s'y adonne d'adopter la conduite vertueuse, celle qui conduit au bonheur, et d'en acquérir les maximes et les principes pour le guider dans sa vie quotidienne. La connaissance est disponible dans les ouvrages que l'on peut consulter. Mais le sage doit apprendre les maximes qui, à tout instant, l'instruisent sur la conduite à tenir. Ces maximes sont des conseils d'orientation dans la vie que le sage doit suivre. Le contexte actuel n'est pas si éloigné de cette posture générale : à quoi bon tout savoir puisqu'il est possible d'accéder aux connaissances dès que nécessaire. Mais comment s'orienter et savoir où aller : la connaissance et ses moyens d'accès ne peuvent y répondre. Il faut donc que l'avisé du numérique possède ses propres maximes et ajuste sa conduite pour s'orienter dans le monde numérique qui est désormais le sien.

Mais c'est la sagacité aristotélicienne, modèle de la sagesse antique où l'enjeu n'est pas de parvenir à la connaissance exacte mais à la décision juste, qui correspond sans doute le mieux à notre contexte actuel. Au sage, que l'on peut assimiler au savant et au philosophe, revient la contemplation de la vérité et l'obtention de la connaissance vraie. Au sagace, que l'on peut assimiler au politique, revient la décision juste et opportune dans un monde où interviennent le hasard, l'incertitude et la complexité, où, par conséquent, la connaissance exacte ne peut être obtenue et ne peut guider la décision.

La sagacité est cette vertu intellectuelle qui permet de décider des actions humaines : non pas ce qui est le bien dans l'absolu, bien qu'on détermine grâce à une connaissance exacte, scientifique, établissant la nature réelle des choses et leurs fins ultimes, mais le bien pour l'homme, dans la finitude et la contingence de sa vie terrestre, sublunaire² plus précisément. En effet, l'originalité et sans doute la modernité

2. Voir le glossaire.

d'Aristote est de ne pas subordonner la décision des choses terrestres à un ordre transcendant, supralunaire ou divin. Car la connaissance des choses et de leur principe, les renvoyant à la fin ultime rendant compte de ce qu'elles sont et de pourquoi elles sont ainsi et ne sont pas autrement, ne permet pas de décider dans l'ordre des actions, où il faut décider de ce qui est bon pour l'homme et non vrai dans l'absolu. Car, du fait de la contingence, c'est-à-dire du hasard, de la complexité, de l'incomplétude des choses et des connaissances les concernant, on ne peut trouver la nécessité inhérente aux choses permettant de statuer sur leur devenir et sur la décision qu'il faut prendre à leur égard. Donc, il faut distinguer, et opposer, la sagesse qui, en cherchant le bien dans l'absolu, raisonne sur la nécessité des choses, et la sagacité (ou prudence selon la traduction que l'on donne à la *phronésis* aristotélicienne, le terme de « prudence » venant de la traduction latine de *phronésis* par *prudentia*) qui délibère de ce qui paraît le plus souhaitable dans l'ordre contingent des choses terrestres et humaines.

Comme le souligne Pierre Aubenque [AUB 63], la sagacité aristotélicienne remplit l'espace vide laissé par un Dieu transcendant mais absent, gouvernant l'ordre nécessaire des choses supralunaires, mais laissant la contingence sublunaire et humaine ouverte au changement et au choix. La sagesse et la science qu'elle sous-tend ne nous aide en rien pour nous orienter ici-bas. L'ordre humain n'est pas un ordre divin dégradé, n'en est pas une copie où pour se décider il suffirait de se reporter à l'original supraterrestre ; il constitue un contexte qu'aucune transcendance ne vient organiser et ordonner, et les principes pour s'y orienter y sont *immanents*. La sagacité, vertu pour l'orientation dans les choses d'ici-bas, ne repose pas sur la connaissance, mais sur l'argumentation ; la sagacité délibère et raisonne sur ce qui peut être et recourt pour cela au *calcul* :

« La preuve en est que nous appelons prudents [sagaces] en quelque domaine ceux qui, par leurs calculs exacts, atteignent une fin honorable dans les questions où l'art n'intervient pas, de sorte que l'homme bien doué de réflexion serait la prudence même. D'ailleurs, nul ne délibère sur ce qui a un caractère de nécessité et qui se trouve hors de sa portée. Aussi, puisque la science s'accompagne de démonstration et qu'il n'y a pas de démonstration de ce dont les principes ne sont pas nécessaires – car tout ici est susceptible de changement ; puisque, enfin, il n'est pas possible de délibérer sur ce qui possède un caractère de nécessité, il en résulte que la prudence [sagacité] ne saurait relever ni de la science, ni de l'art. » [ARI 65] Livre VI, chap V.

Le calcul est le mode selon lequel la rationalité tente de réduire la contingence et le hasard. L'avisé est donc le sagace du numérique, celui qui sait se retrouver et s'orienter. Contrairement à ce que des philosophes chagrins soulignent, le numérique et les nouvelles technologies qu'il sous-tend ne portent pas atteinte à la culture et à la connaissance. Mais, et nous les rejoignons peut-être à ce niveau, le numérique change notre rapport à la culture et à la connaissance. Il existe bien un humanisme numérique, comme l'écrit et la culture classique qu'il a permise ont suscité un humanisme

classique incarné par les lettrés et les érudits. Mais l'humanisme numérique n'est pas celui du savoir, mais de l'accès, pas celui de la sagesse, mais de la sagacité : il relève de la critique et de la maxime pour ne pas se perdre dans le dédale de la connaissance numérisée en réseau.

Mais on nous rétorquera que nous avons allègrement confondu connaissance et contenu : il ne suffit pas d'avoir un livre en ligne sur l'internet ou sous forme numérisée sur son disque dur pour l'avoir lu. La connaissance reste une pratique, alors que le contenu est un objet. Cette critique est juste et notre argumentation est incomplète. L'avisé ne saurait être un ignorant et il doit posséder des connaissances. Mais ces connaissances n'ont pas le statut de la connaissance dans la culture classique et scientifique. L'enjeu n'est pas en effet d'être un savant, car les connaissances expertes sont accessibles par le réseau. L'enjeu est de pouvoir les comprendre quand on y accède. L'avisé n'est donc pas un spécialiste, mais un honnête homme, qui possède suffisamment de connaissances générales en différents domaines pour savoir quoi faire des connaissances expertes trouvées sur les mémoires numériques accessibles. Puisque tout le monde peut avoir accès à la connaissance universelle sur son disque dur (*l'Encyclopaedia Universalis* n'occupe qu'un DVD, le Petit Robert moins qu'un CD-Rom), puisque le web donne accès à un nombre d'informations illimité, l'enjeu est de savoir utiliser son disque dur et faire la part des choses lors de ses consultations sur le web. La culture de l'honnête homme est celle qui permet de s'orienter en toutes circonstances, qui peut aborder de nouvelles connaissances dans la confiance de ses connaissances présentes qui lui permettent de critiquer, hiérarchiser et structurer. L'avisé doit être cultivé, posséder ses maximes, pour surmonter la pléthore numérique.

Il y a donc bien un projet culturel lié au numérique. Une politique de la connaissance et de la formation en découle directement. L'avisé doit pouvoir se tenir à distance de la rumeur numérique et s'abandonner aux connaissances qu'il peut y trouver.

10.2. Enjeux de la pratique documentaire

Le numérique introduit donc une mutation technique mais aussi culturelle. La pratique documentaire, à la croisée de la technique et de la culture, doit affronter plusieurs difficultés et les dépasser. Ces difficultés peuvent se regrouper en plusieurs champs :

Des difficultés techniques : le numérique reconfigure les contenus pour les formaliser, que ce soit dans leur forme d'expression ou dans leur signification. Mais, pour parvenir à une formalisation pertinente, de nombreux aspects doivent encore être abordés bien que les travaux actuels les délaissent pour la plupart.

Des difficultés culturelles : comme il a été argumenté plus haut, les possibilités techniques de manipulation, d'écriture et de lecture des contenus numérisés, doivent se concrétiser par des outils et méthodes permettant l'émergence de pratiques

raisonnées du numérique, c'est-à-dire de pratiques donnant lieu à la constitution d'une culture savante et de pratiques intellectuelles. Il ne faut pas en effet s'arrêter au fait que les outils numériques donnent lieu à des usages, selon le terme à la mode, en cantonnant l'étude à l'observation de ce que les gens font. Il faut aller plus loin en réinterrogeant les figures du savoir et de la connaissance que l'on peut associer aux possibilités numériques pour les équiper et les instrumenter des outils critiques dont ces pratiques ont besoin pour se raisonner, c'est-à-dire donner lieu au questionnement de la pensée et à l'expérimentation des réponses.

Des difficultés méthodologiques : dans un premier temps, ces difficultés techniques et culturelles se manifestent à travers des difficultés méthodologiques où il s'agit de décider comment utiliser les outils numériques, exploiter les ressources fournies par l'ingénierie des connaissances et des contenus. Faire une ontologie ou utiliser un thesaurus ? Indexer un fonds documentaire, mais pour quoi faire ? Ces questions se posent quotidiennement mais demandent, pour être traitées de manière pertinente, une intelligence du numérique et une compréhension de ses possibilités, tendances et contradictions.

10.2.1. *Enjeux techniques*

Les enjeux techniques que rencontre la pratique documentaire relèvent de l'achèvement de la formalisation des contenus. Nous entendons ici par formalisation non pas l'arrondissement de sa signification dans un formalisme de représentation des connaissances, mais la traduction formelle en entités manipulables des composants d'un contenu. Autrement dit, si l'on suit la tendance technique propre au numérique, l'ingénierie documentaire, à la croisée de l'ingénierie des connaissances et de l'ingénierie des contenus, doit chercher à rendre manipulables et calculables les différentes structures et objets considérés par nos actions et exploitations des documents ou contenus. Dans cette perspective, trois chantiers apparaissent :

Décrire les différentes structures documentaires : un document n'est pas seulement une structure dite « logique », comme on l'affirme souvent, et une structure physique. Le document comporte bien d'autres dimensions qu'une ingénierie documentaire doit caractériser pour être capable de les représenter et de les manipuler.

Synchroniser ces structures : ces différentes structures ont des relations complexes entre elles qu'il faut expliciter et articuler à travers leur lien commun qu'est le contenu lui-même.

Raisonner sur ces structures : la manipulation peut être plus ou moins modélisée et faire appel à une représentation explicite de la signification de ces structures

pour améliorer ou optimiser leur exploitation. Là, la manipulation doit se faire raisonnablement.

Les structures documentaires sont multiples (voir section du chapitre précédent). Si l'ingénierie documentaire s'est attelée à décrire et instrumenter la structure logique des contenus, il en reste d'autres à décrire. Par structure logique, on entend habituellement l'organisation logique du contenu où chaque segment le composant se voit attribuer une qualification conceptuelle qui explicite le rôle du segment dans le document indépendamment de son aspect physique. On dira donc que tel segment est une introduction, une introduction étant une sorte de section, et que telle suite de mots est importante. Cette information pourra être utilisée lors de la publication quand des règles, explicitées en XSL par exemple, indiqueront que ce qui est important doit être affiché en italique, et que les sections doivent avoir un titre en gras, et que l'introduction est à mettre au début, avec son titre reporté dans la table des matières. Mais, profitant des possibilités du support numérique, on voudrait expliciter les structures suivantes :

Les structures temporelles : ces structures indiquent dans quel ordre les composants du contenu doivent se manifester sur le support de restitution. La plupart du temps, cette structure est implicite et l'ordre de manifestation est celle de l'ordre linéaire dans lequel les différents segments se succèdent dans le fichier correspondant au contenu. Or, dès que l'on aborde des contenus interactifs, on peut avoir des contenus qui doivent s'afficher plusieurs fois, avec des dépendances entre eux, avec des conditions dépendants des actions de l'utilisateur, etc. Ces problèmes se rencontrent notamment dans les documents pédagogiques où le document doit en quelque sorte piloter l'interaction avec l'apprenant et mettre en œuvre un scénario pédagogique.

Certains langages permettent d'organiser la présentation des contenus sur le support de manifestation comme SMIL par exemple, ou MHEG en son temps. Mais ces langages portent exclusivement sur la présentation temporelle de structures de contenu à un niveau physique, sans le traiter à un niveau logique. Autrement dit, ces langages sont plus du côté HTML que du côté XML. Mais il serait fructueux d'avoir une telle représentation de l'organisation temporelle à un niveau plus abstrait, niveau qu'on pourrait qualifier de logique pour faire le parallèle avec la structure logique modélisée par les *Document Type Definition* de XML ou ses schémas. Ces structures sont logiques et spatiales, il faudrait des structures logiques temporelles. Alors que la structure spatiale logique type les segments en fonction de leur rôle dans l'organisation du document, la structure temporelle logique type les segments en fonction de leur rôle dans le déroulement temporel du contenu.

Les structures de production : ces structures indiquent comment le contenu réagit au comportement de l'utilisateur. Il s'agit de pouvoir représenter explicitement

les modifications entraînées par les actions de l'utilisateur. Cette structure ne se confond pas avec la précédente car il ne s'agit pas d'une organisation temporelle intrinsèque au contenu, mais de l'organisation résultant de l'interaction avec l'utilisateur.

Les structures de contrôle : il reste les structures régissant comment le contenu se produit suite aux interactions du système avec l'utilisateur. Alors que les structures de production régissent les productions de l'utilisateur, permettant par exemple de gérer les réponses de l'apprenant à une question, les structures de contrôle produisent de nouveaux contenus en fonction des informations produites par l'utilisateur. Dans ce contexte, on retrouve les recherches menées dans le contexte artistique de la littérature multimédia [BOU 05], voire des jeux vidéo [RAE 05].

Ces structures doivent trouver des langages pour être explicitées et doivent trouver un moyen pour être articulées entre elles. Un autre chantier concerne donc la synchronisation entre ces structures et le contenu lui-même, le contenu servant de lien commun entre toutes ces structures. Néanmoins, comme le contenu est plus difficile à caractériser, puisqu'il correspond non seulement à des signes (lettres, pixels, etc.), mais aussi à des contenus calculés et programmés, cette synchronisation tarde à trouver les langages et structures adéquats pour être explicitée.

10.2.2. *Enjeux culturels*

Longtemps le rapport à la culture s'est élaboré dans le creuset des pratiques savantes, dans les lieux d'élaboration du savoir. En effet, le travail de contenu, la discussion des arguments, le retour aux sources ont imposé une discipline critique qui s'est traduite par des méthodes et des instruments de travail. C'est ainsi que les plus modestes ouvrages écrits contiennent aujourd'hui tables et index, notes et glossaires, outils patiemment élaborés par la tradition des scribes et des praticiens de l'intelligence assistée de l'écrit.

A présent que les dispositifs numériques ont remodelé la plupart des contenus, déplaçant les pratiques anciennes et inaugurant des perspectives nouvelles, on pourrait penser que cette étape d'appropriation par la culture savante avant sa plus large diffusion est inutile quand on voit l'émergence de nouveaux types d'écritures ou de rapports à l'écrit comme les blogs, les wiki, etc. Cependant, ce serait selon nous nous méprendre. S'il s'agit bien de nouvelles formes de communication et certainement de nouveaux rapports à l'écrit, on reste cependant dans le répertoire de l'écrit et des solutions mises au point par cette tradition plusieurs fois séculaire. Que ce soit à travers les renvois, le dialogue marginal autour d'un contenu (les commentaires d'un sujet dans un blog par exemple), on ne renouvelle pas véritablement la forme technique du contenu. Pourtant le numérique permet d'aborder des contenus qui possèdent une

forme différente de l'écrit et échappant à ses solutions traditionnelles : les contenus temporels en particulier, notamment les contenus sonores et audiovisuels. Ces contenus n'ont pas connu le travail critique faute d'une instrumentation technique appropriée. L'interprétation de ces contenus est restée l'apanage des critiques d'art, mais attend toujours sa philologie et son herméneutique critique.

Un enjeu de tout premier ordre est donc de constituer les conditions d'un travail critique des contenus non écrits pour permettre le travail savant et l'élaboration des pratiques interprétatives adaptées à ce type de contenu. La difficulté est de ne pas préjuger de leur élaboration et de ne pas traiter et verrouiller dans la conception informatique et technique ce qui relève de leur mobilisation dans les pratiques savantes.

L'objectif du projet est par conséquent de se donner l'instrumentation et la méthode pour accompagner la constitution d'une philologie des contenus numériques, en comprenant par ce terme le fait de disposer de critères et instruments pour établir l'identité d'un contenu, son authenticité et son interprétation.

La question est en effet de savoir comment permettre la discussion autour d'un contenu. Si l'on reprend la tradition de l'écriture, l'émergence de l'alphabet et de l'écriture phonographique a permis de fixer une version de la parole et d'ouvrir l'espace de l'interprétation. A partir du moment où l'enjeu n'est plus de déchiffrer mais d'interpréter, une culture du contenu devient possible en dégagant son propre espace des discours critiques. L'enjeu n'est plus seulement de savoir ce qui est formulé ou dit, mais de poursuivre l'élaboration d'une version de référence pour permettre le travail de l'interprétation critique. L'histoire de la philosophie est structurée par l'établissement des textes qui permettent aux grands interprètes de fournir des clefs d'interprétation et de compréhension qui se trouveront d'emblée contestées et déplacées. La culture peut émerger quand le contenu est objectivé et constitué dans la question de son origine et de son identité. Origine et identité ne sont jamais certaines, mais c'est précisément la volonté de les établir et l'élaboration des critères et méthodes pour les étudier qui donnent au contenu son objectivité et dégagent le prétexte de son interprétation.

Concernant les objets numériques, la tradition est encore à construire. L'objectif du projet est de s'appuyer sur des objets numériques multimedias et temporels, échappant en partie au monde de l'écrit, pour élaborer avec différentes communautés de lecteurs, certains étant experts (universitaires), d'autres éclairés (amateurs exercés), enfin d'autres plus néophytes, des pratiques de lecture et de partage de ces lectures. Le problème devient ainsi celui de l'héritage des lectures et de l'appropriation d'un contenu à l'aide de ces lectures. L'enseignement de la littérature est souvent un apprentissage de la lecture des oeuvres à l'aune des grandes lectures déjà faites. Il s'agit ici de renouveler cette opération en donnant les instruments techniques permettant d'une part la fixation d'une lecture et, d'autre part, la transmission et l'appropriation

de cette dernière. Enfin, ces différentes structures doivent recevoir une sémantique pour se prêter à un raisonnement formel automatique.

10.2.3. *Enjeux méthodologiques*

Finalement, les enjeux méthodologiques demeurent souvent entiers. Ils sont souvent spécifiques à chaque projet, les méthodologies générales ne proposant souvent que des règles de bon sens valables partout mais utiles nulle part. Aussi, n'est-il pas question de vouloir les aborder toutes ici. Mais nous en reprendrons quelques-unes du fait de leur fréquence et de leur exemplarité.

10.2.3.1. *Formaliser le contenu : ontologie ou thesaurus*

Depuis quelques années, l'ingénierie documentaire introduit les ontologies pour structurer le vocabulaire utilisé pour indexer des contenus textuels, photographiques ou audiovisuels. On attend de leur utilisation la possibilité de faire des inférences et d'intégrer à la recherche documentaire les ressources de l'inférence formalisée. Cependant les résultats ne sont pas toujours au rendez-vous. Un certain nombre de facteurs expliquent ce relatif échec des ontologies, qui ne remettent pas en cause ces artefacts, mais modulent leur utilisation. Au lieu d'être une panacée, les ontologies doivent faire l'objet d'un usage raisonné en fonction du problème posé et des contenus considérés. En guise de guide, il convient de répondre aux questions suivantes.

10.2.3.1.1. Utilisation des index : l'homme ou la machine ?

Les thesaurus ont été conçus pour être utilisés par des documentalistes qui les exploitent pour trouver le terme juste pour définir un contenu. Les inférences nécessaires sont effectuées par l'utilisateur humain qui prend en compte les facteurs contextuels et gère les ambiguïtés entre les termes du thesaurus. Mais, du fait de la sous-détermination des relations structurant le thesaurus, il est impossible à une machine d'exploiter formellement une telle ressource. En effet, les relations hiérarchiques du thesaurus sont des relations d'hyponymie ou d'hyperonymie entre des termes, et non des relations logiques entre concepts. Ce sont des termes qui sont structurés, non des prédicats : ils possèdent une signification linguistique lexicale, mais non une sémantique formelle spécifiant et contraignant de manière stricte la relation hiérarchique.

La hiérarchie lexicale peut en effet renvoyer à une hiérarchie de type ontologique, comme lorsque l'on dit que la France est un pays, ou à une hiérarchie de type méréologique (relation entre les tous et les parties), comme lorsque l'on dit que l'Europe est l'hyperonyme de la France. Par ailleurs, la relation d'association n'est pas autrement spécifiée et peut renvoyer à toute sorte de lien sémantique entre deux termes. Il est impossible à un outil d'inférence d'exploiter ces liens en garantissant une cohérence dans ses raisonnements.

Ces ambiguïtés ne sont pas des handicaps, mais sont au contraire une vertu dans la mesure où une même structure peut être utilisée à plusieurs fins par l'indexeur, ce qui ne pose pas obligatoirement un problème dans la mesure où celui qui mobilisera l'indexation, étant un documentaliste également, pourra comprendre les raisons de ce choix et l'interpréter correctement. L'imperfection formelle devient dès lors une souplesse d'usage et une adaptabilité à différents contextes.

Il en ressort que, lorsque les index sont destinés à être exploités par des êtres humains et non par des machines, le thesaurus s'avère bien souvent le choix le plus judicieux pour structurer les mots-clefs et constituer une ressource pour l'indexation. En effet, plus simple à élaborer qu'une ontologie, plus facile à maintenir, plus ambiguë et donc plus facile à utiliser, le thesaurus a l'avantage de la simplicité et d'être ajusté aux objectifs poursuivis par son usage. En revanche, l'ontologie est difficile à concevoir, à utiliser et à modifier. Aussi, faut-il que son utilisation bénéficie pleinement des bénéfices apportés par la résolution de ces difficultés : cohérence formelle, inférence automatique, utilisation par la machine.

La règle est donc simple même si elle est souvent oubliée : si l'utilisateur des index est humain, il vaut mieux prendre un thesaurus, si l'utilisateur doit être une machine, comme le supposent par exemple les travaux autour du web sémantique, les ontologies s'imposent.

Il existe cependant un cas où, malgré une exploitation fondée sur l'intervention humaine, les ontologies apportent un gain appréciable. C'est le cas où il est nécessaire d'avoir des index structurés, c'est-à-dire des structures conceptuelles articulant concepts et relations. Ces cas sont relativement fréquents : un mot isolé ne dit pas grand chose et, comme le constatait déjà Aristote, le jugement commence avec la liaison d'un substantif et d'un verbe, c'est-à-dire d'un concept et d'une relation [ARI 59]. Dans ce cas, il convient de recourir à une ontologie qui fournit un cadre de référence définissant concepts et relations pour constituer les graphes décrivant le contenu. Ce cadre n'est plus un simple thesaurus, mais correspond aux primitives d'un langage formel de représentation pouvant exprimer des index structurés. Dans l'audiovisuel, il est souvent utile de recourir à de tels index dans la mesure où l'image est largement sous-déterminée par sa signification, puisqu'elle correspond à un signe-qui-montre et non à un signe-qui-dit (voir section 9.1.2.2). Nous avons montré ailleurs avec nos collaborateurs la nécessité de ce type d'index et nous renvoyons le lecteur à ces travaux [ISA 05].

10.2.3.1.2. Des index, pour quoi faire ?

Les index ne décrivent pas un contenu indépendamment de l'exploitation qui est visée. Les index ne sont pas le reflet de la signification objective d'un document, mais constituent la première étape de l'instrumentation d'un contenu dans la perspective de le rendre manipulable et exploitable dans une exploitation donnée. La pratique documentaire s'est élaborée dans la perspective d'une application unique, la recherche

d'information. Même si la diversité des publics visés et la multiplicité des points de vue possibles pour décrire le contenu ont toujours incité à remettre en question l'objectivité de l'indexation, il n'en demeure pas moins qu'il s'est installé une habitude où le contenu pouvait être décrit pour lui-même. Dans le contexte d'archives en effet, l'indexation ne se fait pas pour des utilisateurs immédiats, mais pour la postérité, voire pour l'éternité. Aussi, ne peut-on se fier entièrement aux publics existants et aux points de vue reconnus pertinents à un moment donné. Il convient, et semble même nécessaire, d'adopter une indexation qui résiste au passage du temps et qui surmonte la variabilité des publics et des intérêts. Le point de vue objectiviste, où le sens du document est décrit pour lui-même, devient particulièrement attractif : le document étant conservé, ce qui relève de sa description reste valable tant que le document lui-même perdure puisqu'elle s'en tient à sa description objective.

Ce point de vue est malheureusement erroné. En effet, toute description dépend d'un contexte, d'une visée et d'une subjectivité. Les descriptions peuvent néanmoins renvoyer à des horizons de temps différents, où le contexte de référence varie plus ou moins rapidement. Ainsi la description du document comme objet physique est-elle la plus pérenne car elle repose, pour être comprise et utilisée, sur la compréhension de notions de base dans notre civilisation de l'écrit comme l'alphabet, le type de papier, la reliure, etc. Mais dès que l'on sort de ces zones de grande stabilité, la description devient rapidement incompréhensible dès que le contexte culturel change. La difficulté est donc de pouvoir assurer la transmission de la description et d'indexer de manière relative en prenant en compte les modifications qu'il faudra inéluctablement apporter à l'indexation.

L'indexation est donc un processus sans fin et non un événement unique. Toute entreprise d'indexation doit se penser comme éternelle pour revoir périodiquement l'indexation en fonction de l'évolution des publics, des champs d'intérêt et de l'intelligibilité du contenu. En effet, la difficulté n'est pas tant de s'adapter en permanence aux goûts d'un public versatile, mais de conserver la connaissance et la compréhension du contenu pour pouvoir s'adapter à ces publics changeants. Or, puisqu'il n'est pas possible de s'appuyer sur le contenu objectif, c'est le contenu vu depuis la multiplicité de ses lectures et usages qui peut aider à déterminer une description la plus objective, dont on assure régulièrement l'évolution et la modification au gré des lectures changeantes. Cela ne signifie pas qu'il faut s'abandonner aux caprices des lecteurs, en espérant trouver les lecteurs qui sauront renvoyer de bonnes lectures pour éclairer et décrire le contenu. Il convient de susciter ces bonnes lectures en créant les conditions de constitution d'un public cherchant à définir le contenu dans son objectivité. Traditionnellement, c'est l'Université qui assure ce rôle et qui accompagne la bibliothèque et l'archive en entretenant ces lecteurs qui doivent et savent retourner au contenu et interroger en permanence son intelligibilité.

En 1537, François 1^{er} fonde la bibliothèque royale (la future Bibliothèque de France) par l'édit de Montpellier. Auparavant, il avait fondé le Collège des lecteurs

royaux en 1530 (le futur collège de France). L'une conservait les biens, l'autre entretenait la pratique, non pas comme transmission de la lecture, mais comme pratique et répétition de l'acte de lecture comme garant de la transmission du savoir de la lecture.

Les objets sans leur intelligibilité maintenue par un exercice continuellement entretenu de leur compréhension et interprétation sont inutiles. En effet, la véritable complexité de la conservation patrimoniale réside dans le fait qu'il ne suffit pas de conserver les objets, mais il faut en conserver également la compréhension pour rester capable de les faire revivre, non pas à l'identique, car c'est bien évidemment impossible, mais dans une continuité interprétative. Or, l'éloignement inexorable dans le passé introduit un fossé d'intelligibilité entre le contenu préservé et le monde présent : le contenu devient étranger à la culture du temps présent si des médiations ne sont pas créées, accumulées et conservées comme autant de moyens d'accès à l'œuvre comme œuvre et pas seulement comme objet. Alors que les inscriptions étrusques, conservées et inscrites dans un alphabet que nous maîtrisons (alphabet grec) demeurent inintelligibles, nous lisons toujours Aristote à travers ses grands commentateurs successifs, les contemporains y accédant par exemple par Saint Thomas qui le lisait à travers Averroès, lui-même à travers Alexandre d'Aphrodise, etc. La clef de la préservation patrimoniale est donc de préserver la tradition d'interprétation et de la faire vivre. Certains outils et modèles permettent de mettre en œuvre ces logiques (OAIS par exemple), mais beaucoup reste à faire pour déterminer les méthodes et contenus adaptés aux objets numériques conservés.

Par conséquent, la préservation et l'exploitation des contenus ne peut s'effectuer qu'à travers une pratique qui rejoue les œuvres, relit les textes, réinterprète les contenus. Car il ne s'agit pas de figer les objets dans un passé à jamais révolu et pour toujours inaccessible, mais de vivre avec eux dans une interprétation qui construit l'avenir en tâchant d'être respectueux du passé.

L'indexation est ainsi au croisement de deux processus conjoints :

- la préservation des objets ou contenus constituant la matérialité des contenus,
- l'entretien de la tradition de lecture ou d'usage associée à ces objets.

Toute indexation doit donc être respectueuse de l'objet, mais créative dans la description. Faisant fi d'une objectivité qui serait donnée, elle doit la rechercher à travers la multiplicité des usages qu'elle rend possible et qui lui renvoie en miroir la richesse interprétative du contenu indexé.

L'indexation doit, en outre, prendre en compte les nécessités imposées par la technologie numérique. L'indexation n'est pas seulement affaire d'interprétation, elle est aussi affaire d'exploitation et de manipulation. Chaque index constitue une poignée à l'aide de laquelle saisir le contenu qu'elle localise. L'indexation varie donc en sa nature en fonction du type de manipulation visée. S'il s'agit de composition éditoriale, d'édition multimédia ou de recherche d'information, les index seront de nature

et signification différentes. Mais cela ne change pas fondamentalement nos propos précédents car l'indexation a toujours été une pratique de manipulation : la lecture critique des humanistes exploitait à leur manière les possibilités de l'accès au contenu et des manipulations que permettaient l'adressage exact (index, tables des matières) apporté par l'imprimerie. Autrement dit, puisque pour interpréter il a toujours fallu manipuler, segmenter, analyser, comparer, reconfigurer, le numérique n'est ici qu'une étape supplémentaire à un processus déjà ancien.

10.2.3.2. *Construire un projet documentaire*

Mener un projet documentaire reste toujours une affaire délicate. La mutation numérique n'a bien sûr pas simplifié la chose, apportant un contexte technique instable et une multiplicité de nouveaux acteurs, principalement issus du monde technologique, avec lesquels doivent désormais composer les praticiens du documentaire. Plusieurs questions récurrentes se posent pour lesquelles quelques indications peuvent être données.

10.2.3.2.1. Construire le projet en fonction des formats ou l'inverse ?

Le numérique, c'est la question des formats. En effet, puisque le numérique consiste en fait à définir les moyens d'accéder à des séquences de *bits* grâce à un système d'adressage, ces séquences étant elles-mêmes un codage pour un contenu, tout système numérique dépend d'un système d'adressage et de codage. Cette question ne pouvant être posée et résolue à chaque fois, formats et standards apparaissent. Mais ces formats sont en eux-mêmes structurants et contraignants : leur choix préconfigure le projet documentaire en imposant une manière de structurer les contenus et de penser leur accès et leur manipulation. La dérive, que l'on constate aujourd'hui, se déduit immédiatement : on conçoit un projet documentaire pour le rendre compatible avec les formats et standards, au lieu d'utiliser ces derniers pour réaliser le projet.

La vogue, justifiée, de XML en fait un détour obligé pour tout projet. Peu importent les documents pourvus qu'ils soient en XML et échangeables selon ce type de structure. Cependant, si le projet nécessite de prendre en compte des informations non prévues par le format, de mettre en œuvre un type de validation non prévu par le standard, il en résulte un écart nécessaire entre le choix du standard d'une part, et, l'élaboration des outils pour le projet d'autre part. Aussi, est-il apparu une distinction utile et nécessaire dans la pratique :

Les formats d'échange qui permettent de rendre lisibles par différentes applications de mêmes données.

Les formats de travail qui permettent à une application d'effectuer tous les traitements nécessaires et de créer les structures nécessaires à cet effet.

Les formats de travail sont internes à l'application et ne prétendent à aucune universalité. C'est une solution locale formulée à travers un format déclaratif. Le format d'échange prétend à une certaine universalité, dans la mesure où l'on doit pouvoir tout dire et se faire lire par tout le monde. Comme ces deux objectifs sont contradictoires, il faut bien transiger, et chaque format se définit par le type de compromis qu'il a adopté. Par conséquent, vouloir choisir le format d'échange pour mener les traitements internes de l'application est souvent un choix maladroit et introduit des contraintes et difficultés inutiles à l'élaboration du projet, alors qu'il suffit d'avoir un moyen de traduire les structures du format interne dans le format d'échange pour exploiter de manière large les informations manipulées et produites par l'application.

10.2.3.2.2. La nature des contenus : archives, documents ?

Les techniques documentaires semblent rester relativement neutres par rapport à la nature des contenus mobilisés. Cependant, le type de documents manipulés dans un projet documentaire influe largement les traitements à entreprendre. De nombreuses confusions sont cependant souvent faites entre différents types de contenu, introduisant des biais dans les résultats produits et des dysfonctionnements dans les pratiques associées. En fait, les projets documentaires évoquent souvent des objets comme les documents, les contenus, les archives, comme des objets quasi équivalents. Ce n'est bien évidemment pas le cas et il convient de clarifier l'emploi et l'usage de ces termes.

Une archive est une institution qui conserve des archives. Les archives sont les traces témoignant de l'activité passée d'une personne physique ou morale. L'enjeu de l'archive n'est donc pas directement le document conservé, mais l'information qu'il permet de reconstruire sur l'activité d'une personne (morale ou physique). L'archive se structure donc selon le principe de provenance, qui impose de classer et d'organiser les contenus en fonction de l'institution dont ils proviennent et dont ils témoignent. Cela implique qu'on ne fera pas de collections regroupant les documents évoquant de mêmes sujets, mais qu'on conservera le classement issue de l'origine.

Une bibliothèque est une institution qui conserve des documents en vue de leur exploitation par un ou plusieurs publics. L'objet premier de la bibliothèque est le contenu, non l'institution qui l'a produite. Le contenu sera donc classé et le fonds sera organisé selon un principe de destination, en prenant en compte à la fois les intérêts du public de la bibliothèque et le contenu des documents conservés. On trouvera ainsi des collections et classements reflétant les intérêts du public, ses différentes catégories, comme on peut le voir dans les bibliothèques municipales par exemple : des rayons « enfants » (catégorie de public) et des rayons « roman de science fiction » (catégorie de contenu). Mais on ne prendra pas en compte la provenance ou l'origine des documents pour le classement. Car ce qui compte, ce n'est pas d'où ça vient, mais à qui ça peut servir et pour quelle raison.

L'archive informatique est un fichier ou une structure assurant la pérennité d'une information numérique et un moyen d'accès. L'archive informatique est donc un moyen technique que l'on peut trouver mobilisé tant dans une archive que dans une bibliothèque.

On s'aperçoit alors que l'on appelle souvent archives des documents qui n'en sont pas, introduisant des critères qui ne sont pas toujours pertinents pour l'application visée. Car l'archive n'a qu'une seule fonction, assurer l'accès aux documents en fonction de leur provenance. Ce qui relève de près ou de loin d'une bibliothèque doit permettre d'assurer un ensemble de services en fonction du contenu des documents conservés. Un modèle d'indexation élaboré dans une archive ne sera pas adapté pour une bibliothèque et réciproquement. Mais l'effervescence des formats d'échange et des standards amène souvent les acteurs à choisir des outils qui ne leur conviennent pas et qui ne sont pas fait pour eux, ce dont ils ne peuvent s'apercevoir qu'en analysant la nature de leurs contenus et les finalités de leurs applications.

10.3. Ingénierie des connaissances et objectivation rhétorique

Dans cette section, nous reprenons les principes que nous avons explicités dans ce chapitre pour déterminer l'application qui synthétise les enjeux d'une ingénierie des inscriptions documentaires. Les principes que nous retenons sont :

Une information n'est lisible que sous une forme documentaire : une information est une unité signifiante décontextualisée, trouvant sa signification dans un référentiel donné. Mais les référentiels sont rarement partagés : pour qu'une information puisse être réutilisée, il faut donner les éléments de sa recontextualisation prescrivant ce qu'il faut savoir pour l'interpréter. La mise en forme documentaire projette le contenu et l'information dans une tradition de lecture donnant les prescriptions interprétatives suivant lesquelles l'information devient intelligible.

Ce principe a été clairement illustré par des applications médicales comme OncoDoc [BOU 98], où des informations médicales sont présentées de manière documentaire à des médecins pour qu'elles soient plus intelligibles, plus acceptables et plus adaptables au contexte de la consultation.

Les documents ne sont lisibles que s'ils sont objectivés : les documents, pour être lus, doivent être identifiables comme tels, selon des critères philologiques établissant leur intégrité, leur authenticité et donc leur fiabilité.

Les documents ne sont lus que s'ils permettent une appropriation active : les documents doivent pouvoir être annotés, manipulés, segmentés pour que le lecteur puisse construire son interprétation du contenu ; la réécriture ne se substitue pas au document, mais enrichit son contexte documentaire.

Mettre en œuvre ces principes renvoie à différents problèmes. La mise en forme documentaire pose la question de savoir quel format documentaire choisir. Cette question est délicate quand les informations ne renvoient pas à une activité éditoriale instituée possédant sa propre tradition de mise en forme documentaire. On le constate avec les outils d'annotation, d'organisation des idées, où le symbolisme reprend quelques rudiments de sémiologie graphique (graphes, bulles, etc.) : l'absence de tradition répandue et partagée rend l'apprentissage de ces outils difficiles et leur usage fastidieux. En revanche, le succès d'outils comme MS-PowerPoint répand tellement leur usage qu'ils sont souvent utilisés pour mettre en forme sous forme de « diaporama » des contenus et des informations dont l'organisation et la rédaction ne se prêtent pas à la constitution d'un livre ou d'un article. Tout le monde ayant appris à utiliser des présentations MS-PowerPoint, et ayant eu à subir des présentations réalisées avec cet outil, une tradition s'est constituée, un genre documentaire est apparu, et il est de plus en plus adopté pour mettre en forme les contenus.

L'objectivation reste un point difficile car le numérique, comme nous l'avons dit plus haut, tend par ses capacités calculatoires à masquer le document par des vues dynamiques et des reconstructions virtuelles : le document n'existe qu'au moment de sa consultation, dans une forme n'existant que dans le contexte singulier d'une consultation par un lecteur individuel donné. Or, on ne lit quelque chose que si l'on sait que ce qu'on va lire justifie une lecture et constitue un contenu, que si le contenu lu constitue un objet documentaire. L'objectivation est à la base de la tradition rhétorique, en particulier dans l'invention et la mémoire (parmi les cinq parties de la rhétorique : l'invention, la disposition, l'élocution, l'action et la mémoire). L'invention repose sur le fait de trouver des arguments pour construire le discours, propre à convaincre et à persuader. Pour cela l'invention fait appel à la mémoire qui donne au rhéteur la capacité d'*inventorier* les documents connus pour retenir celui qui, par son adaptation, donnera l'*invention* idoine au discours en préparation. Inventorier pour inventer, voilà la clef de la rhétorique. Réciproquement, le document est intelligible pour ses auditeurs/lecteurs, et possède sa force persuasive et convaincante, car ces derniers reconnaissent dans l'argument entendu le document d'origine, et apprécient son adaptation.

Pour redonner aux documents leur lisibilité, et donc leur objectivité, il convient de pouvoir rapprocher tout contenu de documents connus et maîtrisés par les lecteurs, que ce soit dans la thématique, le format, etc. Il faut donc résister au fantasme de l'exhaustivité que véhicule le numérique, à savoir de pouvoir tout retenir indistinctement. Au lieu d'écraser le lecteur potentiel sous la masse des informations, il convient de les structurer dans une forme documentaire et de les rapporter à des documents de référence constituant la clef de lecture des autres.

Mais lire en fonction de documents de référence n'est possible que si l'on peut s'approprier les contenus en marquant et annotant leurs différences à la référence. C'est là que les outils d'annotation prennent toute leur importance : le document n'est

lisible que s'il ménage les espaces de sa glose. Mais à l'instar des gloses médiévales, elles ne sont pas toutes sur le même plan et il convient de pouvoir faire référence à des annotations particulières, émanant de lecteurs experts, avertis et autorisés, auxquels on se confiera pour accéder à l'intelligibilité des contenus. On retrouve le concept d'*hypertraitement de texte* proposé naguère par Bernard Stiegler³, qu'il a remis en œuvre à l'IRCAM à travers le concept d'*écoute signée*, où un expert commente et annote une œuvre musicale pour la rendre lisible et partageable par un (le ?) plus grand nombre.

L'ingénierie des connaissances, selon nos arguments, doit trouver les chemins de l'intelligibilité des inscriptions dans la tradition de la rhétorique. Les outils qu'elle doit élaborer et proposer sont donc ceux permettant une mémoire structurée, mise en forme de manière documentaire, articulant documents de référence et contenus lisibles par différences, *via* des appropriations personnelles, mais aussi d'autorité.

10.4. Conclusion

Du fait du numérique, l'indexation est désormais hypermédia : les contenus sont multimédias et organisés par des hyperliens ou par une juxtaposition dans un même espace de présentation (un écran, une page, etc.). L'indexation a pour but de produire les informations documentaires permettant de rendre exploitables, pour des buts donnés, des contenus hypermédias. Plusieurs enjeux se dessinent ainsi que quelques verrous à lever :

L'interéchangeabilité des données et des métadonnées : informatiser les contenus permet d'envisager l'intégration des outils et informations participant aux différentes étapes du cycle de vie des contenus. Fluidifiant la chaîne de production, diffusion, conservation des contenus, l'échange des informations documentaires permet d'intégrer à chaque étape du cycle de vie les connaissances et informations engendrées lors des autres étapes. L'enjeu désormais est autant de créer l'information documentaire que de la rééditer pour l'adapter aux utilisations propres à l'étape envisagée (des métadonnées pour produire, diffuser ou conserver et réexploiter).

L'interopérabilité des outils d'exploitation : l'intégration informatique implique que désormais de mêmes postes informatiques permettent d'effectuer toutes les tâches se rapportant à un contenu, qu'il s'agisse de le créer, de le produire, de l'éditer, de l'archiver etc. Au lieu d'avoir des stations spécialisées, on s'oriente vers des stations génériques, banalisées, accueillant les applicatifs nécessaires.

3. [STI 93].

Cette convergence des outils sur une plateforme générique ne pourra être pleinement effective que si les applications sont interopérables et permettent à l'utilisateur non seulement d'échanger ses informations et métadonnées, mais également de passer librement d'une application à une autre pour travailler le contenu.

L'intercompréhension des données et métadonnées : échanger les informations, dialoguer entre applications ne portent leurs fruits qu'à la condition que chaque application recevant des informations dispose de leur sémantique pour optimiser leur exploitation. Or, pour un outil, disposer de la sémantique signifie avoir une représentation formelle du sens qui paramètre son fonctionnement. Différentes solutions sont à l'étude, en particulier autour des ontologies et des formats de représentation comme RDF.

L'intercompréhension des données et métadonnées constitue l'enjeu, comme on le sait, des travaux orientés autour du web sémantique. En effet, puisque l'on sait désormais échanger des informations grâce aux outils fondés sur XML, il s'agit à présent de partager une compréhension commune de ces informations pour permettre leur exploitation. Sans nul doute le web sémantique deviendra le problème par excellence pour conceptualiser l'indexation hypermédia et expérimenter des solutions.

Chapitre 11

Conclusion

Le fil conducteur de cet ouvrage aura été de considérer l'ingénierie des connaissances comme une ingénierie des inscriptions numériques dont l'objectif est de construire des artefacts permettant l'organisation des connaissances et l'exercice de la pensée. Cela revient à déplacer l'objet et l'enjeu d'une telle discipline.

En effet, l'ingénierie des connaissances est issue des travaux de l'intelligence artificielle visant à formaliser le raisonnement et les capacités cognitives pour doter les machines des mécanismes leur permettant de résoudre certains problèmes et d'effectuer certaines tâches. La perspective est alors de confier à la machine le soin de gérer la relation entre ses représentations et leur interprétations dans le monde. Le déplacement que nous proposons consiste à remarquer que la plupart des tâches confiées aux systèmes à base de connaissances ne portent pas sur le monde réel, la réalité empirique, mais sur la représentation ou le modèle que nous en avons. Par conséquent, l'enjeu n'est pas de raisonner en imitant l'utilisateur pour assurer à sa place la relation au monde dans lequel résoudre le problème, mais de construire la représentation permettant à l'utilisateur d'effectuer lui-même les tâches qui lui reviennent, en abordant le réel à travers la médiation des représentations construites par les outils de l'ingénierie des connaissances. L'enjeu est de passer d'une représentation formelle des connaissances à une médiation formelle des expressions non formelles des connaissances. Il faut revenir aux inscriptions.

L'ingénierie des inscriptions numériques des connaissances se décompose en deux axes d'étude, selon que l'on s'intéresse à la forme d'expression ou au sens des inscriptions numériques. Dans l'ingénierie des connaissances proprement dite, on s'intéresse à la modélisation logico-formelle du sens des inscriptions : on néglige l'expression des connaissances pour considérer directement leur contenu dans un langage formel

qui exprime adéquatement et sans reste leur signification. Cet objectif n'est pas atteignable dans l'absolu puisque ni le monde visé par ces connaissances ni l'esprit qui conçoit ces connaissances ne sont formels. Ce n'est par conséquent que localement, dans des contextes particuliers et bien maîtrisés que de telles formalisations sont possibles. Dans l'ingénierie des contenus, on s'intéresse à la modélisation de la forme d'expression pour permettre leur manipulation et exploitation informatiques. Dans la mesure où dans la plupart des cas la relation entre le sens de l'expression à sa forme reste arbitraire, cette modélisation n'aborde pas la question du sens, mais tente d'appréhender aussi complètement que possible la question de la forme : reproduire numériquement les textes, les images, les sons, etc.

L'ingénierie des connaissances se heurte à la difficulté que le sens n'est pas formalisable. En effet, puisque l'outil de l'ingénierie des connaissances est l'outil logico-formel du numérique et de l'informatique, celle-ci ne peut traiter des expressions de connaissances que comme des objets qu'elle décontextualise et manipule de manière calculatoire. Or, l'élaboration et l'interprétation de connaissance est un processus contextuel et global. De ce point de vue, l'ingénierie des connaissances ne peut prendre en charge l'interprétation des expressions qu'elle manipule. C'est pourquoi elle doit permettre aux praticiens et utilisateurs de mettre en œuvre les parcours interprétatifs pertinents eu égard au contexte car seuls les êtres humains peuvent assumer une interprétation dans toute sa complexité. Le rôle de l'ingénierie des connaissances est de proposer l'outil optimisant, facilitant ces interprétations sans pouvoir les mener. Son objectif est d'assister l'organisation et l'utilisation des connaissances.

L'ingénierie des contenus se heurte au problème de la désorientation. Le numérique a tendance à réifier la connaissance en l'assimilant à son inscription qui devient manipulable et transférable sans limite. Accessible toujours et partout, reconfigurable à volonté, la connaissance et le contenu qui l'incarne devient anonyme, sans origine et sans consistance. Confronté à cette masse sans nom, l'internaute ne s'y retrouve pas et se perd, perdant son sens d'orientation et l'orientation du sens. L'enjeu est alors de permettre l'édification d'une culture du numérique où les utilisateurs posséderont les outils et concepts critiques pour s'orienter dans cette masse et savoir en maîtriser l'interprétation. Il s'agit donc de passer des technologies numériques mises en œuvre dans l'ingénierie des contenus à une culture du numérique, où de nouveaux lettrés, que nous avons appelés des avisés car capables de se décider avec sagacité dans la pléthore des contenus numériques, créeront une pratique raisonnée des inscriptions numériques.

L'ingénierie des connaissances et l'ingénierie des contenus s'attaquent donc aux deux faces d'une même pièce, l'inscription numérique. L'ingénierie des contenus est plus générale, plus souple et plus pragmatique. Elle propose des procédés que la théorie vient ensuite analyser. L'ingénierie des connaissances est de portée plus réduite, car elle exige des conditions plus restreintes pour être appliquée. Mais elle ouvre de nouvelles perspectives dans le recours à l'ordinateur comme médiateur de connaissances,

puisque'il peut ainsi assurer certains traitements fondés sur une représentation de la signification. Mais dans les deux cas, elles s'inscrivent dans le cadre des technologies intellectuelles à la transformation desquelles elles participent.

Glossaire

Anthologie : une anthologie désigne classiquement une sélection parmi des œuvres de l'esprit. Ainsi, une anthologie poétique rassemblera les principaux poèmes de la littérature, principaux car jugés comme étant les plus beaux, ou les plus représentatifs, etc. Une anthologie impose donc une hiérarchisation et une synthèse, celle-ci procédant de celle-là. Dans notre théorie, nous opposons l'*anthologie* à l'*ontologie* : alors que l'ontologie est un répertoire systématique définissant les concepts d'un domaine, l'anthologie est une sélection et une hiérarchisation d'exemples ou d'illustration de leur usage, sous la forme par exemple d'extraits textuels provenant de documents attestés. Dans cette perspective, l'ontologie n'est plus une définition de concepts, mais une médiation permettant de parcourir une anthologie des usages possibles, attestés et recommandés, des concepts.

Autothèse : propriété du numérique et du formel de proposer une manipulation effective de signes ininterprétés. Le formel, en tant que tel, n'a besoin de référer à aucune autre réalité que lui-même pour fonctionner. Il est donc in-intentionnel. Ce caractère autothétique permet d'envisager une manipulation des signes ignorant leur signification. C'est pourquoi cette manipulation peut être confiée à une machine : elle n'a pas besoin de comprendre pour fonctionner ! Cependant, le formel permettant de manipuler des *signes*, il est toujours possible de considérer les signes du point de vue d'une interprétation intentionnelle qui les pourvoit d'une signification. On obtient alors un système de manipulation de signes ininterprétés. Mais, et c'est là la principale difficulté posée par le numérique dans son usage courant, la manipulation portant sur des signes interprétés ne s'effectue pas en fonction de l'interprétation des signes, mais uniquement en fonction de leur forme syntaxique. C'est pourquoi une machine manipulant des signes pourvus de sens n'est pas un système intentionnel pensant ce qu'il fait, mais seulement un système mécanique interprétable depuis un horizon intentionnel.

Code de communication : système de signes interprétables. Un code de communication correspond à tout ensemble d'objets intentionnels, c'est-à-dire considérés

pour ce à quoi ils renvoient et non pour ce qu'ils sont. Un code de communication prescrit comment assembler des formes matérielles pour qu'elles fassent sens pour un interprétant. Les formes matérielles sont des objets intentionnels et sont des signes : elles font sens car elles donnent lieu à des interprétations qui les reformulent en de nouveaux signes.

Concept : un concept est un signifié normé. Cela signifie que :

- le concept est une entité linguistique. Ceci n'est pas une hypothèse cognitive sur la nature de la pensée, mais le constat que la langue est le lieu de manifestation de la pensée et que le meilleur moyen de définir les contenus de la pensée, c'est-à-dire les concepts, est de s'appuyer sur leur manifestation empirique privilégiée, la langue ;

- le signifié correspond à la représentation dans le cadre d'une théorie linguistique de la signification associée à une unité linguistique. Dans l'optique différentielle choisie ici, le signifié est intralinguistique (le sens d'un mot se définit par d'autres mots) et décrit l'usage de l'unité linguistique selon certains axes de description : description spécifique/générique (les sèmes spécifiques, génériques), description contextuelle (sèmes inhérents, afférents), etc. Le signifié reflète par conséquent les variations en contexte de l'unité linguistique et ne peut dès lors prendre en charge la description de la connaissance ou concept associé à l'unité linguistique.

Il faut alors enrichir la description par des contraintes qui spécifient ce qu'il faut (c'est la dimension normative) savoir pour accomplir telle ou telle action dans le cadre d'une application donnée (d'une expérience possible, dit de manière théorique). Par exemple, quelle est la signification du concept « auteur » dans l'application de la description documentaire ou dans l'application de l'inférence logique pour la cohérence et la complétude. Alors que le signifié reflète les variations en contexte et les différentes manières de comprendre l'unité linguistique, le concept en fixe une pour que l'unité devienne un *terme* et associe à l'unité une connaissance exploitable dans une application donnée.

Connaissance : capacité à réaliser une action pour atteindre un but visé. La connaissance est aussi le pouvoir de répéter une action. Capacité à réaliser et pouvoir de répéter sont ici équivalents. On distingue les connaissances tacites et explicites, et les théoriques et les pratiques.

Connaissance pratique : connaissance dont l'action associée consiste à accomplir une transformation dans le monde matériel et physique.

Connaissance théorique : connaissance dont l'action associée consiste à produire une explicitation dans un code de communication.

Connaissance explicite : connaissance constituant l'objet d'une connaissance théorique.

Connaissance tacite : connaissance ne faisant l'objet d'aucune connaissance théorique.

Contenu : l'expression de « contenu » est ambigu ; elle désigne à la fois un œuvre culturelle comme un livre, une image, une vidéo, etc., et sa signification, quand on parle du contenu d'un texte ou d'une vidéo. On hésite donc entre l'objet possédant un sens et le sens possédé par cet objet. Dans notre contexte, nous avons adopté la première acception proposée ici : un contenu est un objet matériel pourvu d'une valeur culturelle ; production de l'esprit, il exprime une signification renvoyant à un auteur (fût-il fictif ou supposé) et suscitant une réception et une interprétation.

Contingence : traditionnellement, la contingence s'oppose à la nécessité et désigne ce qui aurait pu ne pas être ou peut être autrement qu'il n'est, tandis que la nécessité désigne ce qui ne peut être autrement qu'il n'est, sous peine de ne plus être lui-même. Ainsi, le fait que Socrate soit barbu est contingent : s'il se rase, il reste toujours lui-même. Socrate peut être autrement que barbu tout en restant Socrate, ce qui indique la contingence de son caractère barbu. En revanche, Socrate est nécessairement un homme : si l'on imagine qu'il soit autre chose qu'un homme, Socrate n'est plus Socrate que par homonymie et ne désigne plus la *même* chose. La contingence ne peut faire l'objet d'un savoir, car connaître, c'est savoir pourquoi les choses sont ainsi et non autrement, c'est savoir rapporter l'apparence des choses à des lois nécessaires. Le contingent est le domaine de l'arbitraire, de ce que l'on ne peut que constater, sans pouvoir l'expliquer. La contingence fait obstacle à la science.

Néanmoins, la contingence n'est pas le domaine de l'irrationnel : l'absence de savoir scientifique, c'est-à-dire reposant sur des lois nécessaires, universelles et prédictives, n'exclut pas le fait que la discussion, l'argumentation, le raisonnement soient utiles pour traiter des affaires contingentes. En faisant appel à l'observation, au consensus, il est possible de repérer les conventions, de discerner les régularités et de dégager une décision commune. Ainsi, si la contingence ne renvoie pas à la science ou au savant, elle constitue le domaine de l'homme « sage » ou « prudent », l'homme d'expérience et de bon sens, sachant construire le consensus et s'orienter parmi des possibilités dont aucune ne peut être démontrée comme étant la meilleure.

Document : un document est une inscription pourvue des trois propriétés suivantes : elle est délimitée dans le temps et dans l'espace, elle est intentionnelle et elle est publiée. La délimitation dans l'espace permet de déterminer quelles sont les parties constituant le document. La délimitation dans le temps permet de déterminer un ordre canonique de parcours pour la consultation ou la lecture : elle fixe où commence et où s'arrête la lecture du document. La délimitation dans le temps et l'espace fixe donc la mise en ordre spatiale (la question de repérer les éléments constitutifs est décidable) et la mise en ordre temporelle (la question d'ordonner les éléments constitutifs est décidable). L'intentionnalité documentaire peut être *a priori* ou *a posteriori*. La publication permet d'établir une version de référence.

Dossier : un dossier est un hyperdocument particulier possédant trois propriétés particulières :

Evolution permanente : le dossier évolue tout au long de son cycle de vie. Il ne se stabilise que lorsqu'il perd son intérêt pratique et qu'il n'existe plus que pour des fins archivistiques.

Elaboration locale : le dossier s'augmente de documents qui sont élaborés localement, c'est-à-dire pour eux-mêmes, indépendamment des autres documents composant le dossier.

Consultation globale : l'intérêt pratique présidant à la réunion de différents documents dans l'hyperdocument qu'est le dossier implique que son utilisation doit prendre en compte l'ensemble de tous les documents. La consultation est globale.

Epistémologie : de *logos*, discours, et d'*epistémé*, science ou connaissance. L'épistémologie désigne l'étude de la connaissance. Deux principales acceptions se distinguent : selon une tradition continentale, issue de l'école bachelardienne, l'épistémologie est l'étude de la connaissance scientifique. Selon une tradition plus anglo-saxonne, l'épistémologie est l'étude de la connaissance en général. Cette dernière acception est également couverte par le terme de *gnoséologie*, discours sur la gnose, autrement dit, théorie de la connaissance.

Extraction conceptuelle : extraction d'information utilisant des connaissances conceptuelles du domaine pour extraire des représentations conceptuelles d'une base documentaire. Alors que l'extraction d'information porte de manière habituelle sur des données (des informations etc.), l'extraction conceptuelle porte plus spécifiquement sur les concepts, c'est-à-dire une représentation formelle indépendante du média du document d'origine.

Extraction d'information : processus consistant à rechercher dans une base de documents ou contenus des informations dont la nature est spécifiée à l'avance.

Le principe de l'extraction d'information est d'avoir une idée *a priori* précise de ce que l'on recherche. Cette idée se formule sous la forme d'une représentation générique ou d'une structure spécifiant l'information recherchée. L'extraction consiste alors à retrouver les informations dans les documents permettant d'instancier cette structure. Par exemple, dans une base de documents d'une base clientèle, on recherche les noms et les montants d'achats. Les documents sont analysés pour extraire l'information requise.

L'extraction d'information se distingue de la recherche d'information qui n'extrait pas l'information, mais produit les documents contenant l'information recherchée.

Extraction linguistique : extraction d'information utilisant des connaissances linguistiques pour extraire des candidats termes d'un corpus documentaire textuel.

Extraction terminologique : extraction de candidats termes à partir de l'étude de corpus. En général, l'extraction terminologique utilise des contextes syntaxiques types qui permettent de reconnaître que les unités linguistiques utilisées dans ces contextes sont des termes potentiels. Par exemple, un contexte de la forme *un N est un Na qui PP*, spécifie un contexte (de type définition) où N est en général un terme.

Format d'inscription : substrat physique d'inscription permettant d'inscrire une forme matérielle qui sera par la suite utilisée. La structure de la forme matérielle est appelée « format physique de l'inscription ». Ce concept générique se spécialise en forme physique d'enregistrement ou forme sémiotique/physique de restitution.

Formel : terme désignant tout système de signes manipulés en fonction de leur forme syntaxique (la manière de les combiner en assemblages de signes) et indépendamment de leur signification. Tout système formel repose sur deux propriétés fondamentales :

Le discret : le système est composé de signes indépendants, primitifs, que l'on peut distinguer par une procédure mécanique systématique.

Le manipulable : le système de signes discrets est manipulable à travers des règles formelles, c'est-à-dire des règles dont l'utilisation pourrait être confiée à une machine car ne faisant appel qu'à des critères indépendants de la compréhension de la signification associée aux signes discrets.

Hapax : terme linguistique désignant le fait qu'une unité linguistique reçoit une signification unique dans un contexte particulier, au lieu de simplement véhiculer son sens habituel. Selon la sémantique différentielle, un terme ne possède de sens « habituel » que dans le cadre d'une reconstruction théorique et idéale, celui de l'étude linguistique. Mais, en réalité, chaque terme possède une signification unique dans chacun de ses usages, qui ne sont donc pas des manifestations ou occurrences d'une même signification ou d'un même type. Ainsi, dit-on que tout usage est un hapax.

Herméneutique : théorie de l'interprétation. L'herméneutique est la discipline visant à établir le sens des textes. A l'origine, l'herméneutique concerne principalement l'établissement du sens des textes sacrés ou religieux. Elle devint une discipline littéraire puis philosophique au *XIX^e* siècle : établir le sens des textes en général et pas seulement religieux, puis établir le sens tout court. Dans notre conception matérielle du sens, selon laquelle toute signification est ancrée dans une inscription matérielle, nous nous rapprochons de l'herméneutique dite matérielle, où l'enjeu est, à la suite de la philologie qui établit les textes, d'établir le sens de ces derniers. Par opposition à l'herméneutique générale et philosophique, qui considère le sens indépendamment de ses ancrages matériels et

documentaires, qui considère donc le sens pour lui-même, l'herméneutique matérielle revient à une conception, sans doute plus conforme à l'herméneutique originale, où le texte et l'inscription sont l'enjeu de l'interprétation.

Hyperdocument : un hyperdocument est un ensemble de documents possédant une unité infradocumentaire. Cette unité est conférée par l'utilisation pratique de l'ensemble hyperdocumentaire. Un hyperdocument est donc moins qu'un document (il n'est pas la délimitation temporelle ni spatiale), mais il est plus qu'un simple agrégat de documents car il possède une destination pratique qui lui confère une unité et un critère d'appartenance, permettant d'assigner en intensité si oui ou non un document appartient à l'hyperdocument. L'hyperdocument doit être distingué de l'hyperinscription, qui constitue un ensemble d'inscriptions qui ne sont pas toutes des documents. Les unités composant l'hyperinscription ne possèdent pas toutes une unité documentaire.

Index : élément d'information permettant de gérer des documents dans le cadre de tâches relevant de la recherche d'information. Quand ces tâches débordent la recherche d'information, par exemple l'édition électronique, l'hypermédiatisation des contenus, etc., on parlera de manière générale de « métadonnées ».

Classiquement, un index est « ce qui pointe vers », comme en témoigne l'appellation et l'usage traditionnels du second doigt de la main (suivant l'ordre pour lequel le pouce est le premier doigt). A présent, ce terme s'utilise souvent de manière indifférenciée avec métadonnées.

Indexation : processus permettant de produire des informations permettant d'exploiter un contenu dans le cadre d'une pratique donnée. L'indexation permet également de désigner le résultat de ce processus. On distingue :

Indexation documentaire : qui consiste à prendre comme unité documentaire et à rechercher les notions caractéristiques de son contenu pour permettre de répondre aux demandes d'information.

Indexation fine du contenu qui s'inscrit dans le contexte numérique où les unités documentaires sont virtuellement toutes les parties adressables du document et, en pratique, toutes celles adressables par le format numérique et où l'indexation recherche les notions caractéristiques pour chacune de ces parties. L'indexation fine du contenu, contrairement à l'indexation documentaire, se heurte au problème de déterminer les unités documentaires pertinentes en même temps qu'à celui de leur caractérisation sémantique.

Le processus d'indexation est une interprétation qui reformule le contenu à indexer en fonction d'un usage particulier du contenu. Traditionnellement, l'usage considéré en indexation est la recherche d'information : comment retrouver les documents traitant d'une question donnée, ou contenant des informations sur tel

ou tel sujet. L'indexation produit alors des index. Quand les usages considérés se diversifient, comme le permet désormais l'informatisation des processus de traitement d'information, les index se font « métadonnées ». Plusieurs points de vue ou dimension permettent de distinguer différentes sortes d'indexation. On en liste quelques-unes ci-après :

Indexation conceptuelle : processus permettant de produire des représentations conceptuelles du contenu documentaire. On entend par conceptuel le fait que la représentation est indépendante du média du document et qu'elle ne porte pas sur la nature physique du document, mais sur son contenu. L'indépendance au média ne signifie pas seulement indépendance au format du document, où par exemple on représente de manière générique la couleur dominante du document, indépendamment du format d'encodage de l'image. Il s'agit plutôt de l'indépendance à la nature matérielle du document, qu'il soit visuel, sonore ou textuel.

La représentation conceptuelle résulte d'une interprétation et relève en général de l'annotation manuelle.

Indexation structurelle : processus permettant de produire la représentation de la structure d'un document. La structure spécifie la « mise ensemble » des éléments composant le document.

Indexation physique : processus permettant de produire des représentations du contenu physique du document. Le contenu physique correspond à l'information que conserve le code numérique de la réalité physique que représente le document. C'est par exemple la couleur, la texture, les formes et contours, les signatures sonores, etc.

En général, l'indexation physique est automatique et est prise en charge par des algorithmes correspondant à des traitements mathématiques de la réalité physique représentée.

Ces trois types d'indexation renvoient aux types de dépendance unissant les métadonnées aux documents indexés :

- dépendance à la nature physique des objets représentés par le document. C'est l'indexation physique, qui n'a par conséquent pas lieu d'être pour les documents textuels, à moins de les considérer comme des images et de prendre en compte les formes graphiques ;

- dépendance à la nature documentaire du document : c'est la nature physique et logique du document plutôt que la nature physique de ce qu'il représente ou vise. La nature physique correspond à sa mise en forme matérielle (typographie, style des images, etc.). La nature logique correspond à l'ordonnement. La nature physique peut varier sans que varie la nature logique, l'inverse est rarement vrai ;

– dépendance à la sémantique du contenu documentaire. C'est l'indexation conceptuelle. Elle ne dépend ni de la nature physique de la réalité visée, ni de la nature physique ou logique du document, mais du sens intentionné par le document.

Ces dépendances ne sont pas indépendantes entre elles, sans être reliées par des relations strictes. Ainsi, un sens intentionné renvoie à des mises en forme matérielle et structurelle particulières, sans en déterminer leur nature exacte. C'est toute la difficulté pour articuler ces différentes dépendances, et ces différentes indexations associées.

On peut également distinguer l'indexation selon son mode d'obtention :

Indexation manuelle : un utilisateur effectue l'annotation des contenus.

Indexation automatique : des algorithmes extraient automatiquement des métadonnées du flux audiovisuel et des documents à décrire.

Indexation supervisée : l'utilisateur intervient pour paramétrer et sélectionner des algorithmes d'indexation automatique. Il complète des résultats obtenus par une indexation manuelle.

Informatisation : Processus selon lequel un procédé est considéré comme un traitement d'information et non comme une transformation d'énergie. Les problèmes clefs d'une informatisation sont la modélisation des informations et des connaissances dont elles sont la stabilisation décontextualisée, et l'élaboration des formats d'échange et de manipulation des informations. Alors que pour une numérisation, le problème est celui d'élaborer un codage permettant de traiter numériquement les transformations d'énergie associées au phénomène étudié, pour l'informatisation le problème est celui d'échanger les informations.

Dans l'informatisation, le traitement de l'information n'est pas seulement l'opérationnalisation d'un modèle, mais constitue le modèle lui-même. C'est pourquoi dans l'informatisation, la modélisation est une étape qui doit être prise en charge par les outils logiques et informatiques, alors que dans la numérisation, la modélisation est prise en charge par des outils mathématiques du continu que l'informatique se charge ensuite d'opérationnaliser.

Inscription : concept général de la théorie du support. Toute connaissance n'est effective qu'à partir du moment où elle est *inscrite* sur un support, dont la structure matérielle prescrit et conditionne la réalisation d'actions possibles. Puisque le support associé possède les propriétés de ce qui est appelé ici *technique*, on parlera, dans le cas général, d'*inscription technique*. Les inscriptions techniques se spécialisent selon le type de connaissance associée :

Inscription instrumentale : une inscription est *instrumentale* quand le support technique associé prescrit un *faire*, c'est-à-dire une action dans le *monde des choses*. C'est alors un *objet technique* prescrivant des *actions de transformation*.

Inscription sémiotique : on a affaire à une inscription *sémiotique* quand le support technique associé prescrit un *expliciter*, c'est-à-dire une action dans le *monde des représentations*. C'est alors un objet technique prescrivant des *actions d'explicitation* dans un code de communication.

L'inscription peut également être caractérisée selon la nature matérielle du support impliqué. On distinguera alors :

Inscription matérielle : l'inscription est matérielle quand le support technique est un objet matériel externe au corps propre de la conscience pour laquelle il y a une connaissance et une prescription associée à l'inscription.

Inscription corporelle : l'inscription est corporelle quand le support technique est le corps propre de la conscience pour laquelle il y a une connaissance associée à l'inscription.

Instrument : objet technique prescrivant des actions pratiques.

Logos : terme d'origine grec signifiant à la fois le discours, la pensée et la science. Comme on ne pense qu'à travers un discours, et qu'un discours digne de ce nom ne peut être qu'un discours portant sur ce qui est et est vrai, il y a une espèce d'équivalence entre discours, pensée et science. Le latin distinguera, quant à lui, entre discours (*oratio*) et pensée (*ratio*). Le logos comme science est toujours employé au singulier dans la mesure où la connaissance est une et unique. Cependant, nous avons mobilisé une conception selon laquelle il fallait au contraire concevoir une pluralité épistémologique, où des approches scientifiques renvoient à des paradigmes différents. Nous distinguons le paradigme de la répétition, paradigme des sciences de la nature où le fait observé est rapporté à une mesure manifestant la régularité des lois, et le paradigme de la caractérisation, paradigme des sciences de la culture où le fait observé est un fait interprété, une valeur, rapportée à des normes et conventions dont il est autant la réalisation que la déviation. La déviation n'invalide pas la loi générale, mais enrichit le parcours interprétatif. Dans ce cadre, la technologie est la conception de la technique sous l'égide des sciences de la nature et des sciences de la culture, dans la mesure où la technique est autant la réalisation de dispositifs mobilisant des lois de la nature que l'inscription de ces dispositifs dans une réalité humaine et culturelle, reposant sur des normes et conventions de la tradition (médiation temporelle) et de la culturelle (médiation spatiale).

Métonymie : figure rhétorique consistant à prendre un terme à la place d'un autre avec lequel il entretient une relation nécessaire. L'ingénierie des connaissances prend pour nous une appellation métonymique dans la mesure où la connaissance entretient une relation nécessaire avec l'inscription matérielle : toute connaissance est ancrée dans un support matériel, dont elle est l'interprétation.

L'ingénierie, activité technique, ne peut prendre pour objet qu'une réalité matérielle effective. Autrement dit, l'ingénierie peut prendre pour objet les inscriptions matérielles des connaissances. Mais par métonymie, on parlera de manière plus concise d'ingénierie des connaissances au lieu d'ingénierie des inscriptions de connaissances.

Métadonnées : données permettant à un système de manipuler d'autres données. Ces données sont par conséquent des données de contrôle, qui paramètrent et prescrivent l'exploitation que peut effectuer un système des données qui lui sont soumises. Littéralement, les métadonnées sont donc des données sur les données, mais il est plus exact de les considérer comme des *informations rendant des données exploitables pour un système*.

Des métadonnées peuvent alors être la cote bibliographique d'un ouvrage, permettant à un système, composé d'une bibliothèque et de bibliothécaires, de manipuler les ouvrages : les ranger à leur place, les retrouver en fonction des demandes. L'informatisation croissante des processus de traitement d'information implique l'acception du terme de « métadonnée » qui est le plus souvent réservé aux systèmes informatiques.

Une métadonnée n'est pas un descripteur du contenu : en effet, le descripteur ne prescrit pas obligatoirement une exploitation du contenu. En revanche, les index sont des métadonnées.

Morphème : unité signifiante en langue ne pouvant pas être décomposée en plus petites unités signifiantes en langue. Par exemple, *rétro* est un morphème dans lequel les unités *ré* et *tro* ne sont pas signifiantes : il n'y a pas de signification associées à ces deux unités. Les morphèmes sont des unités de première articulation. Ils se distinguent des phonèmes qui sont les plus petites unités de la forme de manifestation dont l'altération provoque un changement de signification.

Noème : terme désignant un objet en tant qu'il est pensé par l'esprit, tel qu'il est pensé par ce dernier. Le noème est donc indissociable de la signification que l'on accorde à un objet et correspond au sens de l'objet. L'usage de ce terme a été introduit par E. Husserl dans le contexte de la phénoménologie. Il a été repris par R. Barthes pour déterminer le noème de la photographie, c'est-à-dire ce qui était compris, pensé et supposé dans toute photographie : le « ça a été ». Nous proposons de caractériser le noème du numérique comme le « ça a été manipulé » pour souligner que, par essence du numérique, tout contenu est toujours le résultat d'une manipulation ou calcul.

Numérisation : processus selon lequel un phénomène physique et les transformations associées sont traduits en transformations numériques. Numérisées, les transformations peuvent être soumises à des traitements d'information. Contrairement à l'informatisation, le traitement d'information n'intervient pas dans la

modélisation des phénomènes, mais uniquement dans l'opérationnalisation informatique du modèle obtenu par d'autres moyens. C'est par exemple la modélisation physique d'un phénomène par des équations différentielles, que l'on traduit par la suite en algorithmes pour rendre effectif le modèle. Le modèle des phénomènes ne correspond pas aux algorithmes, mais aux équations différentielles. Le programme n'est pas le modèle, mais l'opérationnalisation du modèle.

Numérique : terme permettant de désigner un système arithmétique formalisant une réalité donnée. Le numérique possède par conséquent les propriétés du formel auxquelles sont ajoutées les opérations arithmétiques et les calculs associés. Le numérique correspond aux systèmes formels couvrant la totalité du calculable, c'est-à-dire des traitements d'information effectuables par une machine. De manière théorique, on peut assimiler la notion de numérique au récursif et considérer, en suivant la thèse de Church, que tout ce qui est calculable peut être formalisé en un calcul numérique.

Le numérique hérite des propriétés du formel, à savoir de manipuler formellement des signes discrets. Par conséquent, toute donnée, sous forme numérique, est potentiellement issue d'un calcul. C'est pourquoi l'essence du numérique, ce que l'on peut appeler le *noème du numérique* est « ça a été manipulé ».

Objet : objet sur lequel une connaissance porte. Un objet est le corrélat d'une action possible, ce sur quoi porte l'action.

Objet pratique : objet d'une connaissance pratique.

Objet théorique : corrélat intentionnel des explicitations produites par un groupe de connaissances théoriques reconnues équivalentes pour un point de vue donné.

Ontologie : l'ontologie est la signature fonctionnelle et relationnelle, munie de sa sémantique, d'un langage formel de représentation et manipulation de connaissances.

La sémantique s'explique de trois manières : si l'on considère les libellés des relations et concepts comme des unités linguistiques, la sémantique est différentielle et l'ontologie interprétative. On construit alors un arbre de concepts, un arbre de relations, structurés tous deux par des relations linguistiques. Si l'on considère les libellés comme des prédicats et fonctions d'un langage formel, la sémantique choisie est formelle et référentielle. L'ontologie est alors dite ontologie référentielle et sa structure est celle d'un treillis. Pour les concepts communs avec l'ontologie interprétative, le treillis doit respecter la structure arborescente prescrite par cette dernière. Pour les concepts propres à l'ontologie référentielle, c'est-à-dire construit seulement par rapport à la sémantique formelle, la structure peut être celle du treillis. Si l'on considère les libellés comme

des primitives pour prescrire des calculs, inférences logiques, descriptions documentaires, etc., la sémantique est opérationnelle : l'ontologie se définit comme une *ontologie computationnelle*. Le concept se définit par les opérations qu'il déclenche (par exemple, un concept formel se définit par les règles d'inférence dont il est une prémisses). La structure de l'ontologie computationnelle reflète celle de l'ontologie référentielle.

Ontologie computationnelle : treillis de primitives computationnelles. Ces primitives prescrivent des calculs et activent des opérations : des inférences, une structure documentaire dont on effectue l'instanciation, etc.

Ontologie interprétative : arbre de libellés considérés comme des unités linguistiques. Leur sémantique est linguistique, en suivant le paradigme différentiel. La structure de l'arbre prescrit la manière d'interpréter linguistiquement les libellés. C'est la position dans l'arbre qui donne la sémantique du concept. Il y a un arbre pour les concepts, un arbre pour les relations.

L'ontologie interprétative est le côté conceptuel d'une terminologie. Les concepts de l'ontologie interprétative n'ont pas tous une forme signifiante régulière attestée en langue. L'ontologie peut donc être plus riche que la terminologie. Dans ce cas, l'ontologie interprétative propose un terme pour le concept, et prescrit son usage, dans l'optique d'une normalisation du domaine par la terminologie.

Ontologie référentielle : treillis de prédicats formels : un treillis de concepts, un treillis de relations. Les prédicats possèdent une sémantique référentielle : les prédicats ont une dénotation ensembliste dans l'univers de référence.

Le treillis, restreint aux concepts et relations de l'ontologie interprétative, se réduit aux arbres ontologiques de cette dernière. L'ontologie référentielle peut cependant posséder des prédicats ne possédant pas d'équivalent dans l'ontologie interprétative. Ces prédicats se définissent uniquement en termes d'opérations ensemblistes (intersection/union) sur des prédicats préexistants de l'ontologie référentielle et se placent dans le treillis en fonction de ces opérations.

Orthothèse : concept proposé par B. Stiegler. Il caractérise le fait que des techniques de la mémoire permettent de poser (*thèse*) exactement (*ortho*) ce qu'elles enregistrent. Ainsi, l'écriture alphabétique, contrairement aux pictogrammes, permettent de poser exactement un discours. L'enregistrement du son permet de consigner exactement ce qui est entendu, etc. L'exactitude n'est jamais parfaite : si l'enregistrement restitue exactement un contenu, dont la nature n'est pas interrogée (Platon a bien écrit ici « démon »), il donne lieu à des interprétations : a-t-il sous entendu une intonation interrogative, ironique, etc. ?

Selon le glossaire proposé ici, l'orthothéticité caractérise les inscriptions sémiotiques prescrivant exactement une explicitation canonique. Par exemple, la lecture d'une écriture alphabétique prescrit exactement la formation des mots dans la pensée.

Phonème : les phonèmes sont les plus petites unités de la forme de manifestation (parole) dont l'altération provoque un changement de signification. Par exemple, le « i » long et le « i » court en français ne constituent pas des phonèmes distincts. Prononcer un mot comme *ville* avec un « i » long ou court ne change pas le signifié de ce mot. En revanche, en anglais, *sheep* et *ship* sont deux mots de signifié différent, s'opposant du point de leur manifestation sonore uniquement par l'opposition d'un « i » long et d'un « i » court. On dit que les phonèmes sont des unités de seconde articulation. Les langues naturelles renvoient par conséquent à une double articulation.

Prédicat : fonction dont le domaine est un ensemble quelconque et le codomaine $\{Vrai, Faux\}$.

Primitives : une primitive est une unité indécomposable possédant une signification non contextuelle. Les primitives se combinent en expression selon des règles syntaxiques ; la signification de l'expression est alors fonction de la signification des primitives qui la composent. La signification d'une primitive ne dépend pas de la signification des expressions qui la contiennent : d'une part, les primitives possèdent toujours la même signification dans toutes les expressions qui les emploient, d'autre part, il n'est pas nécessaire de connaître le sens d'une expression en contexte pour définir le sens des primitives qu'elle contient. *Primitive* s'oppose à *composante*. Une composante est une unité décomposable dont la signification peut varier en contexte. La composante se définit *a posteriori*, à partir des expressions en contexte qui la comprennent. La primitive se définit *a priori* et les expressions qui la comprennent reçoivent une signification à partir des primitives. Typiquement, les sèmes sont des composantes, les prédicats d'un système formel sont des primitives.

Recherche d'information : processus consistant à présenter des documents contenant une information recherchée. L'information recherchée n'est pas explicitement extraite ou formatée, comme dans l'extraction d'information.

Sémantique : étude des significations associées à des unités d'expression. La sémantique correspond à des significations différentes selon le point de vue associé :

Sémantique différentielle : le sens de l'unité linguistique est l'identité et la différence qu'elle entretient en langue avec les autres unités. Cette sémantique est intralinguistique et permet à la linguistique de rester autonome dans ses objets et méthodes.

Sémantique psychologique : le sens de l'unité d'expression est la représentation mentale que l'on s'en fait. La sémantique dépend alors d'une théorie psychologique des représentations mentales.

Sémantique référentielle ou dénotationnelle : le sens de l'unité d'expression est l'objet auquel elle fait référence. Prélevé dans un univers de référence extralinguistique, le référent relève d'une autre approche que la linguistique, en fait de la théorie permettant de définir les objets de cet univers. On dit alors que la sémantique est renvoyée à une ontologie (au sens de théorie de l'être), ces objets existant dans cet univers de référence.

La sémantique ne se distingue pas seulement par la manière de formuler ou d'expliciter la signification des unités d'expression, mais également par la relation au matériau empirique. Dans ce cadre, on distingue pour la linguistique :

Sémantique distributionnelle : en reposant sur l'hypothèse que la signification des unités conditionne leur emploi, la sémantique distributionnelle veut déterminer la signification des unités à partir de l'observation de leur distribution dans des corpus attestés.

Sémantique conceptuelle : la sémantique conceptuelle explicite la signification des unités d'expression en termes de concepts. Le point de vue n'est pas celui de l'observation empirique de la distribution en corpus, mais celui de la modélisation de la signification à partir des concepts du domaine.

Sème : terme de la linguistique, il est central dans la sémantique différentielle ; il désigne les traits de signification. Par exemple, *rétrograde* possède le trait de signification ou sème /péjoratif/. Techniquement, un sème est l'extrémité d'une relation fonctionnelle binaire entre sémèmes (signifié d'un morphème). Par exemple, le sémème de *bistouri* est relié au sémème de *scalpel* par une relation d'opposition, où l'extrémité dans le sémème //bistouri// est le sème /pour les vivants/ et dans le sémème //scalpel// l'extrémité est /pour les morts/. Les relations sont classiquement l'opposition ou l'identité. Par exemple, *bistouri* et *scalpel* partagent le sème /outil tranchant/.

Sémème : signifié d'un morphème, c'est-à-dire d'une unité signifiante en langue ne pouvant pas être décomposée en plus petites unités signifiantes en langue. Par exemple, *rétro* est un morphème dans lequel les unités *ré* et *tro* ne sont pas signifiantes : il n'y a de signification associée qu'à l'union de ces deux unités. Le sémème peut se comprendre comme l'ensemble des traits de signification ou sèmes associés à un morphème dans un contexte d'usage donné.

Sens : le sens d'une unité linguistique correspond à son signifié dans un contexte donné d'utilisation. C'est le signifié en contexte.

Signification : la signification d'une unité linguistique correspond à son signifié hors contexte. La signification est une reconstruction artificielle des linguistes permettant de caractériser des unités pourvues de signification indépendamment de leur emploi. Le dictionnaire propose des significations. L'usage en contexte altère les significations dans la mesure où les significations exercent des contraintes les unes sur les autres. Cela ne signifie pas que le sens des discours se construit à partir de significations préexistantes des unités qui les composent, mais que le discours propose des usages attestés en contexte que le linguiste idéalise et rationalise en signification non contextuelle. On peut le comprendre comme une factorisation de ce qui est commun aux différents usages.

Sublunaire/Supralunaire : dans la cosmologie antique, l'univers comprend deux grandes régions. La région dite « sublunaire », correspondant à la sphère délimitée par l'orbe de la lune, c'est-à-dire la terre et le ciel, correspond au monde de la génération et de la corruption, où les choses naissent, vivent et meurent, apparaissent, changent et disparaissent. Ce monde sublunaire, monde du changement, est un monde de la contingence. La région dite « supralunaire » correspond aux cieux au-delà de l'orbe de la lune. Cette région est le monde de la régularité et de la nécessité, où les choses se répètent inlassablement. Le monde supralunaire reflète et incarne la perfection divine. Ces deux mondes, sublunaire et supralunaire, sont radicalement opposés et ne peuvent être décrits par de mêmes lois physiques ni par une même science. Il faudra attendre la révolution galiléo-cartésienne pour qu'il y ait unification des régions de l'univers et qu'une même physique entreprenne d'en décrire et étudier les lois.

Substrat d'inscription : support physique prêtant sa matérialité pour inscrire une forme interprétable (lettres), utilisable (signal magnétique) ou calculable (code binaire). Selon la théorie du support, les propriétés du substrat ont un impact sur l'intelligibilité du contenu inscrit.

Support : un support est un support d'inscription, au sens où il s'agit d'un objet technique prescrivant une action possible. Un support est donc un objet technique correspondant à l'inscription d'une connaissance. Le support est alors dit *support technique*. De la même manière que l'on distingue des inscriptions instrumentales et sémiotiques, on distinguera des supports instrumentaux et des supports sémiotiques :

Support instrumental : le support technique est instrumental quand l'action prescrite par la structure matérielle est un faire ou une transformation dans le monde des choses. Le support instrumental fait signe pour une action. Il correspond à l'interprétant final de Peirce, où la sémiosie se convertit en énergie, c'est-à-dire le procès d'interprétation donne lieu à un *habitus*, une action inscrite dans la structure des choses, sans qu'il y ait matière à interprétation.

Support sémiotique : le support technique est sémiotique quand l'action prescrite par la structure matérielle est un expliciter dans un code de communication. Le support sémiotique fait signe pour une reformulation : la structure matérielle est interprétée pour produire de nouveaux signes.

Technique : est technique tout ce qui, par sa structure matérielle, prescrit et commande la réalisation d'actions possibles. La technique est alors l'*inscription matérielle des connaissances* correspondant à ces actions possibles.

Technologie : articulation entre l'activité technique et un savoir scientifique, un *logos*. Ce savoir scientifique peut être élaboré en premier lieu, la technologie correspond alors au déploiement technique du corpus scientifique. Elle peut également être une rationalisation *a posteriori* d'une pratique technique, permettant souvent de réélaborer les solutions techniques et de les renouveler. Le savoir scientifique mobilisé est classiquement issu des sciences de la nature. Notre conception de la technologie milite pour une pluralité épistémologique où les sciences de la nature et de la culture sont convoquées pour élaborer et rationaliser la pratique technique, qui est toujours tant la cause que la conséquence des savoirs scientifiques de la nature et de la culture.

Terme : unité linguistique dont le signifié est un *concept*, c'est-à-dire un signifié normé. Le terme se manifeste linguistiquement par une stabilité et régularité de sa forme signifiante. En particulier, un terme possède des contextes d'occurrence réguliers, obéissant à des canevas morpo-syntaxiques typiques. La détection de ces canevas est à la base des outils de détection des termes en corpus.

Un terme peut posséder des variantes terminologiques. Dans une optique normative, on détermine une forme préférée.

Terminologie : recensement et organisation d'unités linguistiques à l'usage stabilisé et attesté, dont le signifié correspond à un concept du domaine. La terminologie est l'organisation des termes du domaine.

La terminologie est la face linguistique de l'ontologie, qui en est le côté conceptuel. Il n'y a pas une stricte correspondance cependant entre ontologie et terminologie : si tout terme doit correspondre à un concept de l'ontologie, tout concept n'a pas forcément d'usage linguistique régulier attesté.

Thesaurus : organisation de libellés linguistiques selon des relations d'hyponymie et d'hyponymie. Les libellés sont également reliés par des relations dites d'association, qui sont de nature quelconque.

Même si en pratique les libellés d'un thesaurus correspondent souvent à des termes du domaine, ce n'est pas nécessaire ni systématique.

Transcription : texte correspondant aux paroles véhiculées par un document sonore ou audiovisuel.

Outre la difficulté de reconnaître automatiquement la parole à partir de son signal acoustique, la transcription pose également le problème de la structuration textuelle du document. En effet, il faut marquer textuellement des informations plus riches que le simple passage du discours oral à l'écrit : le changement de locuteur, les éléments oraux n'appartenant pas strictement au discours, mais à sa mise forme orale (prosodie, effets, environnement sonore, etc.).

Bibliographie

- [ADO 74] ADORNO T. A., HORCKHEIMER M., *La dialectique de la raison*, Gallimard, Paris, 1974.
- [ALF 89] ALFÉRI P., *Guillaume d'Ockham le singulier*, Minit, Paris, 1989.
- [AND 03] ANDRÉ J., Ed., *Unicode :*, Document numérique, Hermès, Paris, 2003.
- [ANT 04] ANTONIOU G., HERMELEN F. V., *A Semantic Web Primer*, Cooperative Information Systems Series, MIT Press, Cambridge, 2004.
- [AQU 99] AQUIEN M., MOLINIÉ G., *Dictionnaire de rhétorique et de poétique*, La poche-thèque, Le livre de poche, Paris, 1999.
- [ARE 61] ARENDT H., *Condition de l'homme moderne*, Calmann-Lévy, Paris, 1961.
- [ARI 59] ARISTOTE, *Organon I et II : Les catégories & De l'interprétation*, Librairie philosophique Jean Vrin, Paris, 1959, trad. Tricot.
- [ARI 65] ARISTOTE, *Ethique de Nicomaque*, Garnier-Flammarion, Paris, 1965.
- [AUB 63] AUBENQUE P., *La prudence chez Aristote*, Presses Universitaires de France, Paris, 1963.
- [AUF 00] AUFFRET G., Structuration de documents audiovisuels et publication électronique : Constitution d'une chaîne éditoriale numérique pour la mise en ligne de collections audiovisuelles, Thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne, 2000.
- [AUS 89] AUSSENAC N., Conception d'une méthodologie et d'un outil d'acquisition de connaissances expertes, Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier de Toulouse, 1989.
- [AUS 91] AUSTIN J. L., *Quand dire, c'est faire*, Point, Le Seuil, Paris, 1991, titre originale : How to do things with words ?
- [AUS 92] AUSSENAC-GILLES N., KRIVINE J.-P., SALLANTIN J., « Editorial », *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 6, n°1-2, p. 7-18, 1992.
- [AUS 03a] AUSSENAC-GILLES N., BIEBOW B., SULZMAN S., « D'une méthode à un guide pratique de modélisation des connaissances à partir de textes », *5^e Journées Terminologie et Intelligence Artificielle*, Strasbourg, France, p. 41-53, 2003.

- [AUS 03b] AUSSENAC-GILLES N., BOURIGAULT D., TEULIER R., « Analyse comparative de corpus : cas de l'ingénierie des connaissances. », DIENG-KUNTZ R., Ed., *IC'2003*, Laval, 2003.
- [AUY 04] AUYANG S. Y., *Engineering : an endless frontier*, Harvard University Press, Cambridge, 2004.
- [BAC 57] BACHELARD S., *La logique de Husserl*, Presses Universitaires de France, Paris, 1957.
- [BAC 94] BACHIMONT B., *Le contrôle dans les systèmes à base de connaissances. Contribution à l'épistémologie de l'intelligence artificielle*, Hermès, Paris, 1994, Seconde édition revue et augmentée.
- [BAC 96] BACHIMONT B., *Herméneutique matérielle et Artéfacture : des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser ; Critique du formalisme en intelligence artificielle*, Thèse de doctorat d'épistémologie, Ecole Polytechnique, 1996.
- [BAC 98] BACHIMONT B., « Bibliothèques numériques audiovisuelles : des enjeux scientifiques et techniques », *Document numérique*, vol. 2-3, 1998.
- [BAC 00] BACHIMONT B., « L'archive numérique, entre authenticité et interprétabilité. », *Archives*, vol. 32, n° 1, p. 3-15, 2000.
- [BAC 01] BACHIMONT B., « Modélisation linguistique et modélisation logique des ontologies : l'apport de l'ontologie formelle », *IC'2001*, Grenoble, 2001.
- [BAC 02] BACHIMONT B., « Dossier patient et lecture hypertextuelle. Problématique et discussion. », *Les cahiers du numérique*, vol. 2, n° 2, 2002.
- [BAC 03] BACHIMONT B., MALAÏSÉ V., ZWEIGENBAUM P., « Vers une combinaison de méthodologies pour la structuration de termes en corpus : premier pas vers des ontologies dédiées à l'indexation de documents audiovisuels. », *ISKO-France : L'organisation des connaissances : approches conceptuelles*, Grenoble, 2003.
- [BAR 80] BARTHES R., *La chambre claire : Note sur la photographie*, Cahiers du Cinéma, Gallimard Seuil, Paris, 1980.
- [BAR 06] BARBIER F., *L'Europe de Gutenberg ; Le livre et l'invention de la modernité occidentale*, Histoire et Société, Belin, Paris, 2006.
- [BEC 01] BECHHOFFER S., HORROCKS I., GOBLE C., STEVENS R., « OilEd : a Reasonable Ontology Editor for the Semantic Web », *Joint German/Austrian Conference on Artificial Intelligence (KI'01)*, vol. 2174 de *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vienne, Autriche, Springer-Verlag, p. 396-408, 2001.
- [BEN 00] BENOIST J., « Pourquoi il n'y a pas d'ontologie formelle chez Bolzano », *Les Études Philosophiques*, vol. 4, n° spécial « Bolzano », p. 505-518, 2000.
- [BER 01] BERNERS-LEE T., HENDLER J., LASSILA O., « The Semantic Web », *Scientific American*, , n° 284, p. 34-43, 2001.
- [BIA 97] BIARD J., *Guillaume d'Ockham : Logique et Philosophie*, Philosophies, Presses Universitaires de France, Paris, 1997.
- [BIM 99] BIMBO A. D., *Visual Information Retrieval*, Elsevier, 1999.

- [BOT 87] BOTTÉRO J., *Mésopotamie L'écriture, la raison et les dieux*, Gallimard, Paris, 1987.
- [BOU 94] BOURIGAULT D., LEXTER : un Logiciel d'EXtraction de Terminologie. Application à l'acquisition des connaissances à partir des textes, Thèse de doctorat, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1994.
- [BOU 98] BOUAUD J., SÉROUSSI B., ANTOINE E.-C., GOZY M., KHAYAT D., BOISVIEUX J.-F., « Hypertextual navigation operationalizing generic clinical practice guidelines for patient-specific therapeutic decisions », *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 5, suppl., p. 488-492, 1998.
- [BOU 00] BOUAUD J., HABERT B., NAZARENKO A., ZWEIGENBAUM P., « Regroupements issus de dépendances syntaxiques sur un corpus de spécialité : catégorisation et confrontation à deux conceptualisations du domaine », CHARLET J., ZACKLAD M., KASSEL G., BOURIGAULT D., Eds., *Ingénierie des connaissances : Évolutions récentes et nouveaux défis*, p. 275-290, Eyrolles, Paris, 2000.
- [BOU 01] BOUGNOUX D., *Introduction aux sciences de la communication*, Repères, La Découverte, Paris, 2001.
- [BOU 02] BOURIGAULT D., « Upery : un outil d'analyse distributionnelle étendue pour la construction d'ontologies à partir de corpus », *TALN 2002*, Nancy, p. 75-84, 2002.
- [BOU 04] BOULOGNE A., Ed., *Vocabulaire de la documentation*, Sciences et techniques de l'information, ADBS, Paris, 2004.
- [BOU 05] BOUCHARDON S., Le récit interactif : narrativité et interactivité, Thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne, 2005.
- [BRA 97a] BRAY T., DEROSE S., Extensible Markup Language (XML) : Part 2. Linking, Rapport, W3C, 6 avril 1997.
- [BRA 97b] BRAY T., SPERBERG-MCQUEEN C., Extensible Markup Language (XML) : Part I. Syntax, Rapport, W3C, 31 mars 1997.
- [BRA 99] BRAGUE R., *La sagesse du monde : histoire de l'expérience humaine de l'univers*, Fayard, Paris, 1999.
- [BRU 98] BRUNIE V., Reconstruction documentaire pour la lecture des hypertextes : problèmes et méthodes, Thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne, 1998.
- [CAL 96] CALVET L.-J., *Histoire de l'écriture*, Plon, Paris, 1996.
- [CAR 02a] CARRUTHERS M., *Le livre de la mémoire : la mémoire dans la culture médiévale*, Macula, Paris, 2002.
- [CAR 02b] CARRUTHERS M., *Machina Memorialis : méditation, rhétorique et fabrication des images au Moyen Âge*, Bibliothèque des histoires, Gallimard, Paris, 2002.
- [CAV 97] CAVALLO G., CHARTIER R., Eds., *Histoire de la lecture dans le monde occidental*, Seuil, Paris, 1997.
- [CHA 86] CHANDRASEKARAN B., « Generic Tasks in Knowledge-Based Reasoning : High-level Building Blocks for Expert Systems Design », *IEEE Expert*, vol. 1, n°3, p. 23-30, 1986.

- [CHA 96] CHARTIER R., *Culture écrite et société : l'ordre des livres (XIV^e - XVIII^e siècle)*, Albin Michel, Paris, 1996.
- [CHA 97a] CHAHUNEAU F., « XML, une voie de convergence entre SGML et HTML », *Document numérique*, vol. 1, 1997.
- [CHA 97b] CHARTIER R., *Le livre en révolutions*, Textuel, Paris, 1997.
- [CHA 98] CHARLET J., BACHIMONT B., BRUNIE V., KASSAR S. E., ZWEIGENBAUM P., BOISVIEUX J.-F., « Hospitexte : Towards a Document-based Hypertextual Electronic Medical Records », *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 5, n° suppl, p. 713-717, 1998.
- [CHA 01] CHARLET J., « Ingénierie des connaissances : un domaine scientifique, un enseignement ? », CHARLET J., Ed., *IC'2001*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, p. 233-252, 2001.
- [CHA 02a] CHAKRABARTI S., *Mining the Web : Analysis of Hypertext and Semi Structured Data*, Morgan Kaufman, 2002.
- [CHA 02b] CHARLET J., L'ingénierie des connaissances : Développements, résultats et perspectives pour la gestion des connaissances médicales, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, 2002.
- [CHA 03] CHARLET J., BACHIMONT B., TRONCY R., *Ontologies pour le Web sémantique, rapport de l'action spécifique web sémantique*, CNRS, 2003.
- [CHE 92] CHEIN M., MUGNIER M.-L., « Conceptual Graphs : Fundamental Notions », *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 6, n°4, p. 365-406, 1992.
- [CHI 96a] CHIARIGLIONE L., Description of MPEG-4, Rapport, Document ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1410, octobre 1996.
- [CHI 96b] CHIARIGLIONE L., « MPEG and multimedia communications », *ISCE'96*, 1996.
- [CHI 97] CHIARIGLIONE L., MPEG-7 : Context and Objective (v.2), Rapport, Document ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1578, février 1997.
- [DAV 93] DAVID J.-M., KRIVINE J.-P., SIMMONS R., Eds., *Second Generation Expert Systems*, Springer-Verlag, 1993.
- [DEB 00] DEBRAY R., *Introduction à la médiologie*, Collection Premier Cycle, Presses Universitaires de France, Paris, 2000.
- [DEN 98] DENEL F., « La télévision objet d'étude », DELMAS B., DENEL F., STIEGLER B., Eds., *Conférence INA : la dimension audiovisuelle de l'information et de la documentation*, Bry sur Marne, INA, p. 18-32, 1998.
- [DER 94] DEROSE S. J., DURAND D. G., *Making HyperMedia Work : a User Guide to Hy-Time*, Kluwer Academic Press, 1994.
- [DES 96] DESBORDES F., *La rhétorique antique : l'art de persuader*, Hachette supérieur : langues et civilisations anciennes, Hachette, Paris, 1996.
- [DRE 82] DREYFUS H., HALL H., Eds., *Husserl, Intentionality and Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge Mass, 1982.

- [EIS 91] EISENSTEIN E. L., *La révolution de l'imprimé dans l'Europe des premiers temps modernes*, La Découverte, Paris, 1991.
- [ENG 89] ENGEL P., *La norme du vrai ; essai sur la philosophie de la logique*, Gallimard, Paris, 1989.
- [ERM 96] ERMINE J.-L., *Les systèmes de connaissances*, Hermès, Paris, 1996.
- [ESA 04] ESAMBERT B., *Le sacre de l'auteur*, Seuil, Paris, 2004.
- [FEN 02] FENSEL D., WAHLSTER W., LIEBERMANN H. L., HENDLER J., Eds., *Spinning the Semantic Web : Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2002.
- [FIS 94] FISETTE D., *Lecture frégréenne de la phénoménologie*, L'éclat, Paris, 1994.
- [FRE 71] FREGE G., « Über Sinn und Bedeutung », IMBERT C., Ed., *Frege : Ecrits philosophiques et logiques*, Seuil, Paris, 1971.
- [GIL 81] GILSON E., *L'être et l'essence*, Librairie Philosophique Jean Vrin, Paris, 1981.
- [GLA 00] GLASSNER J.-J., *Ecrire à Sumer : l'invention du cunéiforme*, L'univers historique, Seuil, Paris, 2000.
- [GOC 90] GOCHET P., GRIBOMONT P., *Logique, Tome 1, 2*, Hermès, Paris, 1990.
- [GÖD 89] GÖDEL K., « Sur les propositions formellement indécidables des *Principia Mathematica* et des systèmes apparentés I », *Le théorème de Gödel*, Seuil, Paris, 1989.
- [GOO 79] GOODY J., *La raison graphique, la domestication de la pensée sauvage*, Les Editions de Minuit, Paris, 1979.
- [GOO 85] GOODY J., *La logique de l'écriture*, Armand Colin, Paris, 1985.
- [GOO 94] GOODY J., *Entre l'oralité et l'écriture*, Ethnologies, Presses Universitaires de France, Paris, 1994, titre anglais : *The Interface between the Oral and the Written*, Cambridge University Press, 1993.
- [GRA 68] GRANEL G., *Le sens du temps et de la perception chez E. Husserl*, Gallimard, Paris, 1968.
- [GRU 93] GRUBER T., « A Translation Approach to Portable Ontology Specifications », *Knowledge Acquisition*, vol. 5, p. 199-220, 1993.
- [GUA 95] GUARINO N., « Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 43, n°5/6, p. 625-640, 1995.
- [HAB 97] HABERT B., NAZARENKO A., SALEM A., *Les linguistiques de corpus*, Armand Colin, Paris, 1997.
- [HAB 98] HABERT B., ISSAC F., SALEM A., *De l'écrit au numérique*, Dunod, Paris, 1998.
- [HAR 68] HARRIS Z., *Mathematical Structures of Language*, Wiley and Sons, New-York, 1968.
- [HAU 81] HAUGELAND J., « Semantic Engines : an Introduction to Mind Design », HAUGELAND J., Ed., *Mind Design*, p. 1 - 34, The MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1981.

- [HAU 87] HAUDRICOURT A.-G., *La technologie science humaine*, Editions de la maison des sciences de l'homme, Paris, 1987.
- [HAY 85] HAYES P. J., « The Second Naive Physics Manifesto », HOBBS J. R., MOORE R. C., Eds., *Formal Theories of the Commonsense World*, p. 1-36, Ablex, 1985.
- [HEA 92] HEARST M., « Automatic Acquisition of Hyponyms from Large Text Corpora », *13^e International Conference on Computational Linguistics*, Nantes, p. 539 -545, 1992.
- [HEI 67] HEIJENOORT J. v., *From Frege to Gödel, A Source Book in Mathematical Logic, 1879-1931*, Harvard University Press, Cambridge, Massachussets, 1967.
- [HOD 85] HODGES, « Truth in a Structure », *Proceedings of the Aristotelian Society*, p. 135-151, 1985.
- [HUS 50] HUSSERL E., *Idées Directrices pour une Phénoménologie*, Gallimard, Paris, 1950, *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie, erstes Buch*, 1913, trad. Ricœur.
- [HUS 57] HUSSERL E., *Logique Formelle et Logique Transcendantale*, Presses Universitaires de France, Paris, 1957, *Formale und Transzendente Logik. Versuch einer Kritik der logischen Vernunft*, 1929, trad. Bachelard.
- [HUS 59] HUSSERL E., *Recherches Logiques*, Presses Universitaires de France, Paris, 1959, *Logischen Untersuchungen*, 1895, trad. Scherer, Elie et Kelkel.
- [HUS 82] HUSSERL E., *Idées directrices pour une phénoménologie et une philosophie phénoménologique pures ; livre second : Recherches phénoménologiques pour la constitution*, Presses Universitaires de France, Paris, 1982, *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie, zweites Buch : Phänomenologische Untersuchungen sur Konstitution*, 1952, trad. Escoubas.
- [HUS 91] HUSSERL E., *Expérience et Jugement*, Presses Universitaires de France, Paris, 1991, *Erfahrung und Urteil*, 1950, trad. Souche-Dague.
- [ILL 91] ILLICH I., *Du lisible au visible : la naissance du texte. Sur l'art de lire de Hugues de Saint-Victor*, Le Cerf, 1991.
- [ISA 05] ISAAC A., *Conception et utilisation d'ontologies pour l'indexation de documents audiovisuels*, thèse de doctorat, Université de Paris IV, 2005.
- [JAC 80a] JACOB P., *De Vienne à Cambridge*, Gallimard, Paris, 1980.
- [JAC 80b] JACOB P., *L'empirisme logique*, Les Editions de Minuit, Paris, 1980.
- [JAC 96] JACK K., *Video Demystified : a Handbook for the Digital Engineer*, High Text Interactive & Harris Semiconductor, 1996.
- [KAS 02] KASSEL G., « OntoSpec : une méthode de spécification semi-informelle d'ontologies », BACHIMONT B., Ed., *13^e Journées Francophones d'Ingénierie des connaissances*, Rouen, France, 2002.
- [KOE 96] KOENEN R., PEREIRA F., CHIARIGLIONE L., *MPEG-4 : Context and Objectives*, Rapport, Motion Expert Picture Group, Octobre 1996.
- [LAL 90] LALEMENT R., *Logique, Réduction, Résolution*, Masson, Paris, 1990.

- [LAL 91] LALANDE A., *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, Quadriges, Presses Universitaires de France, Paris, 1991.
- [LÉP 96] LÉPINE P., AUSSENAC-GILLES N., « Modélisation de la résolution de problèmes : comparaison de KADS et MACAO sur une application juridique. », AUSSENAC-GILLES N., LAUBLET P., REYNAUD C., Eds., *Acquisition et ingénierie des connaissances : tendances actuelles*, p. 131-148, Cepaduc-éditions, Toulouse, 1996.
- [LER 64] LEROI-GOURHAN A., *Le geste et la parole*, vol. t. 1 : Technique et Langage, Albin Michel, Paris, 1964.
- [LER 71] LEROI-GOURHAN A., *L'homme et la matière*, Sciences d'aujourd'hui, Albin Michel, Paris, 1971.
- [LER 73] LEROI-GOURHAN A., *Milieu et technique*, Sciences d'aujourd'hui, Albin Michel, Paris, 1973.
- [LÉV 88] LÉVINAS E., *En découvrant l'existence avec Husserl et Heidegger*, Librairie Philosophique Jean Vrin, Paris, 1988.
- [LÉV 89] LÉVINAS E., *Théorie de l'intuition dans la phénoménologie de Husserl*, Librairie Philosophique Jean Vrin, Paris, 1989.
- [LIB 94] LIBERA A. DE, *La querelle des universaux : de Platon à la fin du Moyen Âge*, Des travaux, Seuil, Paris, 1994.
- [LIB 95] LIBERA A. DE, *L'art des généralités*, Aubier, Paris, 1995.
- [LIB 98] LIBERA A. DE, « Introduction », *Isagoge*, Sic et Non, Vrin, Paris, 1998.
- [LIN 93] LINSTER M., « Closing the Gap Between Modeling to Make Sense and Modeling to Implement Systems », *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 8, n°2, p. 209-230, 1993.
- [LOU 98] LOUX M., *Metaphysics, a Contemporary Introduction*, Routledge, 1998.
- [LOW 02] LOWE E., *A Survey of Metaphysics*, Oxford University Press, Oxford, 2002.
- [MAL 81] MALHERBE J.-F., *Epistémologies Anglo-Saxonnes*, Presses Universitaires de France, Paris, 1981.
- [MAN 02] MANJUNATH B., SALEMBIER P., SIKORA T., Eds., *Introduction to MPEG-7 : Multimedia Content Description Interface*, John Wiley and Sons, 2002.
- [MAR 80] MARTINET A., *Eléments de linguistique générale*, Armand Colin, Paris, 1980.
- [MAR 96] MARTIN H.-J., *Histoire et pouvoirs de l'écrit*, Albin Michel, Paris, 1996, avec la collaboration de Bruno Delmas.
- [MAT 95] MATTELART A., MATTELART M., *Histoire des théories de la communication*, Repères, La Découverte, Paris, 1995.
- [MCD 88] MCDERMOTT J., « Preliminary steps toward a taxonomy of problem-solving methods », MARCUS S., Ed., *Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems*, p. 225-255, Kluwer, 1988.

- [MEN 87] MENDELSON E., *Introduction to Mathematical Logic*, Wadsworth & Brooks/Cole, Monterey, California, 1987.
- [MEY 99] MEYER M., Ed., *Histoire de la rhétorique : des Grecs à nos jours*, biblio essais, Le Livre de Poche, Paris, 1999.
- [MIÈ 00] MIÈGE B., *Les industries du contenu face à l'ordre communicationnel*, La communication en plus, Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 2000.
- [MIL 84] MILLER I., *Husserl : Perception and Temporal Awareness*, The MIT Press, Cambridge, Ma, 1984.
- [MUL 92] MULLIGAN K., Ed., *Language, Truth and Ontology*, Philosophical Studies Series 51, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [NAN 95] NANARD M., NANARD J., « Addind macroscopic semantics to anchors in knowledge-based hypertext », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 43, p. 363-382, 1995.
- [NAP 97] NAPOLI A., Une introduction aux logiques de description, Rapport de Recherche n°3314, INRIA, 1997.
- [NEW 82] NEWELL A., « The Knowledge Level », *Artificial Intelligence*, vol. 18, p. 87-127, 1982.
- [NEW 90] NEWELL A., *Unified Theories of Cognition*, Harvard University Press, Cambridge, Ma, 1990.
- [NIE 90] NIELSEN J., « The art of navigating through hypertext », *Communication of the ACM*, vol. 33, n°3, p. 296-310, 1990.
- [NOY 00] NOY N. F., FERGUSON R., MUSEN M. A., « The Knowledge Model of Protégé2000 : Combining Interoperability and Flexibility », *12 International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW 2000)*, vol. 1937, Juan les Pins, France, Springer-Verlag, p. 17-32, 2000.
- [NYG 92a] NYGREN E., HENRIKSSON P., « Reading the medical record. I. », *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 39, p. 1-12, 1992.
- [NYG 92b] NYGREN E., JOHNSON M., HENRIKSSON P., « Reading the medical record. II. », *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 39, p. 13-25, 1992.
- [OWL 03] OWL, « Web Ontology Language Reference », 2003, <http://www.w3.org/TR/owl-ref>.
- [PAN 91] PANACCIO C., *Les mots, les concepts et les choses*, Analytiques, Vrin / Bellarmin, Paris / Montréal, 1991.
- [PAT 88] PATOČKA J., *Qu'est ce que la phénoménologie ?*, Jérôme Millon, Grenoble, 1988.
- [PAT 92] PATOČKA J., *Introduction à la phénoménologie de Husserl*, Jérôme Millon, Grenoble, 1992.
- [PÉL 95] PÉLISSIER A., TÊTE A., Eds., *Sciences Cognitives : Textes fondateurs (1943-1950)*, Psychologie et Sciences de la pensée, Presses Universitaires de France, Paris, 1995.
- [PER 02] PEREIRA F., EBRAHIMI T., Eds., *The MPEG-4 Book*, Prentice-Hall PTR, 2002.

- [PET 92] PETITOT J., *Physique du sens*, Editions du CNRS, Paris, 1992.
- [POL 96] POLI R., SIMONS P., Eds., *Formal Ontology*, Nijhoff International Philosophy Series, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [POR 98] PORPHYRE, *Isagoge*, Sic et Non, Vrin, Paris, 1998.
- [RAE 05] RAESSENS J., GOLDSTEIN J., Eds., *Handbook of Computer Game Studies*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2005.
- [RAS 87] RASTIER F., *Sémantique Interprétative*, Presses Universitaires de France, Paris, 1987.
- [RAS 91] RASTIER F., *Sémantique et Recherches Cognitives*, Presses Universitaires de France, Paris, 1991.
- [RAS 94] RASTIER F., CAVAZZA M., ABEILLÉ A., *Sémantique pour l'analyse*, Masson, Paris, 1994.
- [RAS 01] RASTIER F., *Arts et Sciences du Texte*, Formes sémiotiques, Presses Universitaires de France, Paris, 2001.
- [RDF 03a] RDF, « Resource Description Framework Primer », 2003, <http://www.w3.org/TR/rdf-primer>.
- [RDF 03b] RDFS, « RDF Vocabulary Description Language 1.0 : RDF Schema. », 2003, <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [REB 91] REBOUL O., *Introduction à la rhétorique*, Collection Premier Cycle, Presses Universitaires de France, Paris, 1991.
- [REB 00] REBEYROLLES J., « Repérage automatique de structures linguistiques en corpus : le cas des énoncés définitoires », *Cahiers de Grammaire : Numéro spécial « Sémantique de corpus »*, vol. 25, p. 153-174, 2000.
- [RIC 87] RICOEUR P., *A l'école de la phénoménologie*, Librairie Philosophique Jean Vrin, Paris, 1987.
- [RIF 05] RIFKIN J., *L'âge de l'accès : la nouvelle culture du capitalisme*, La Découverte, Paris, 2005.
- [ROS 83] ROSIER I., *La grammaire spéculative des modistes*, Presses universitaires de Lille, Lille, 1983.
- [SAL 01a] SALEMBIER P., THEUREAU J., ZOUINAR M., VERMERSCH P., « Action/Cognition située et assistance à la coopération », CHARLET J., Ed., *IC'2001*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, p. 369-388, 2001.
- [SAL 01b] SALEMBIER P., SMITH J. R., « MPEG-7 Multimedia Description Schemes », *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology : Special Issue on MPEG-7*, vol. 11, n°6, p. 748-759, 2001.
- [SAU 85] SAUSSURE F. D., *Cours de Linguistique Générale*, Payot, Paris, 1985.
- [SCH 62] SCHÉRER R., *La phénoménologie des "Recherches Logiques" de Husserl*, Presses Universitaires de France, Paris, 1962.

- [SCH 85] SCHLICK M., « Le vécu, la connaissance, la métaphysique », SOULEZ A., Ed., *Manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*, p. 183-197, Presses Universitaires de France, Paris, 1985.
- [SCH 93] SCHREIBER G., WIELINGA B., BREUKER J., Eds., *KADS : A Principled Approach to Knowledge-based System Development*, Academic Press, 1993.
- [SCO 95] SCOT D., *Le principe d'individuation*, Librairie Philosophique Jean Vrin, Paris, 1995, Traduction, introduction et notes de Gérard Sondag.
- [SÉG 01] SÉGUÉLA P., Construction de modèles de connaissances par analyse linguistique de relations lexicales dans les documents techniques., Thèse de doctorat, Université Toulouse III, 2001.
- [SIM 05] SIMONDON G., *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*, Krisis, Jérôme Millon, Grenoble, 2005.
- [SMI 93] SMITH B., CASATI R., « La physique naïve, un essai d'ontologie », *Intellectica*, vol. 17, n°2, p. 173-197, 1993.
- [SOW 84] SOWA J., *Conceptual Structures*, Addison Wesley, 1984.
- [STI 93] STIEGLER B., « Lecture et édition savante assistée par ordinateur : l'hypertraitement de texte », DUPOIRIER G., Ed., *Actes du congrès Afcet 1993 (t. 4 : Bureautique, document, groupware et multimedia)*, Versailles, AFCET, p. 37-45, 1993.
- [STI 94] STIEGLER B., *La technique et le temps ; Tome 1 : la faute d'Epiméthée*, Galilée, Paris, 1994.
- [STI 04] STIEGLER B., *Philosopher par accident ; entretiens avec Élie Düring*, Galilée, Paris, 2004.
- [SUR 02] SURE Y., ERDMANN M., ANGELE J., STAAB S., STUDER R., WENKE D., « On-toEdit : Collaborative Ontology Engineering for the Semantic Web », HORROCKS I., HENDLER J., Eds., *First International Semantic Web Conference (ISWC'02)*, vol. 2342 de *Lecture Notes in Computer Science*, Chia, Sardaigne, Italie, Springer-Verlag, p. 221-235, 2002.
- [TAN 95] TANGE H., « The paper-based patient record : Is it really so bad ? », *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 48, p. 127-131, 1995.
- [TEU 01] TEULIER R., GIRARD N., « Des connaissances pour l'action dans les organisations. Quelle ingénierie des connaissances pour assister l'activité ? », CHARLET J., Ed., *IC'2001*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, p. 253-272, 2001.
- [TRA 92] TRAN-DUC-THAO, *Phénoménologie et matérialisme dialectique*, Gordon & Breach, Paris, 1992.
- [TRO 02] TRONCY R., ISAAC A., « DOE : une mise en œuvre d'une méthode de structuration différentielle pour les ontologies », BACHIMONT B., Ed., *Journées Francophones d'Ingénierie des connaissances (IC'02)*, Rouen, INSA, p. 63-74, 2002.
- [TUR 95] TURING A. M., « Théorie des nombres calculables, suivi d'une application au problème de la décision », GIRARD J.-Y., Ed., *La machine de Turing*, p. 49-104, Seuil, Paris,

- 1995, titre original : « On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, Proceedings of the Mathematical Society », 2 (42), p. 230-265, corrections apportées dans 2 (43), p. 544-546.
- [USC 96] USCHOLD M., GRÜNINGER M., « Ontologies : Principles, Methods and Applications », *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, n^o2, p. 93-155, 1996.
- [WEI 66] WEIZENBAUM J., « ELIZA : a computer program for the study of Natural Language communication between Man and Machine », *Communication of the ACM*, vol. 9, n^o1, p. 36-45, 1966.
- [WIN 90] WINOGRAD T., « Thinking machines : Can there be ? Are we ? », PARTRIDGE D., WILKS Y., Eds., *The foundations of artificial intelligence ; A Sourcebook*, p. 167- 189, Cambridge University Press, Cambridge, Massachussets, 1990.
- [XML 01] XMLS, « XML Schema », 2001, <http://www.w3.org/XML/Schema>.
- [ZAC 00] ZACKLAD M., Ingénierie des connaissances appliquée aux systèmes d'information pour la coopération et la gestion des connaissances, Mémoire d'Habilitation à diriger des Recherches, Université de Paris VI, 2000.
- [ZAC 01a] ZACKLAD M., GRUNDSTEIN M., Eds., *Ingénierie et capitalisation des connaissances*, Informatique et Systèmes d'Information, Hermès, Paris, 2001.
- [ZAC 01b] ZACKLAD M., GRUNSTEIN M., *Management des connaissances*, Informatique et Systèmes d'Information, Hermès, Paris, 2001.
- [ZWE 94] ZWEIGENBAUM P., MENELAS C., « Menelas : an Access System for Medical Records using Natural Language », *Computer Methods and problem solving*, vol. 45, p. 117-120, 1994.
- [ZWE 95a] ZWEIGENBAUM P., BACHIMONT B., BOUAUD J., CHARLET J., BOISVIEUX J.-F., « A Multi-Lingual Architecture for Building a Normalised Conceptual Representation from Medical Language », GARDNER R. M., Ed., *Proc 17th Annu Symp Computer Applications in Medical Care*, New Orleans, 1995.
- [ZWE 95b] ZWEIGENBAUM P., CONSORTIUM-MENELAS, « Menelas : Coding and Information Retrieval from Natural Language Patient Discharge Summaries », LAIRES M. F., LADEIRA M. J., CHRISTENSEN J. P., Eds., *Advances in Health Telematics*, p. 82-89, IOS Press, Amsterdam, 1995, MENELAS Final Edited Progress Report.

Index

A

anthologie 158, 247
appropriation 171, 186, 239
autothèse 35, 247
axiomatisation 53

C

code de communication 247
codification 26
compositionnalité 58
concept 248
 index 202
 métaphysique 146
 parataxique 147
 structurant 147
connaissance 17, 248
 explicite 248
 pratique 248
 tacite 248
 théorique 248
contenu 18, 249
 conceptuel 93
 gnoséologique 93
 prescriptif 94
contingence 249

D

dénomination 98
descripteur 203
description
 finesse 197

 granularité 197
discret 251
dispositif
 d'enregistrement 174
 de lecture 174
 de restitution 175
document 249
dossier 250

E

Eliza 65
épistémologie 250
essence
 différentielles 124
 matérielle 117, 121
extraction
 conceptuelle 250
 information 250
 linguistique 250
 terminologique 251

F

formalisation 50
 syntaxique 53
format d'inscription 251
forme
 immanente 96
 séparée 96
forme éponyme 97
forme d'enregistrement 174
forme physique de restitution 174

forme sémiotique d'expression 173
forme sémiotique de restitution 175
formel 251

G

Gnoséologie 250

H

hapax 251
herméneutique 251
 générale 251
 matérielle 78, 251
 philosophique 251
homonyme 103
hyperdocument 252

I

idéalisation 122
idéation 122
index 252
indexation 252
 automatique 254
 conceptuelle 204, 253
 documentaire 195, 252
 fine du contenu 195, 252
 manuelle 254
 par le contenu 205
 physique 253
 structurelle 205, 253
 supervisée 254
informatisation 167, 209, 254
Ingénierie 39
ingénierie 12, 13
 artisanale 12
 complexe 13
 des contenus 16
 des représentations 16
 industrielle 12
inscription 10, 254
 corporelle 255
 instrumentale 254
 matérielle 255
 sémiotique 255
 substrat 261
instrument 255

L

localisation 205
logos 255

M

mécanisation 26
manipulable 251
mathématisation 53
métadonnées 256
métonymie 255
modèle 50
 formel 50, 53
morphème 256

N

noème 33, 35, 256
numérique 257
numérisation 167, 169, 209, 256
 de la forme physique 187
 de la forme signifiante 188
 de la structure 188
 du sens 188

O

objectivation 171, 186, 239
objet 257
 formel 118, 119
 pratique 257
 théorique 257
ontologie 257
 computationnelle 148–149, 258
 différentielle 258
 formelle 114–117, 119
 matérielle 121, 122
 référentielle 146–148, 258
 régionale 121
orthothèse 35, 258

P

participation 98
philologie 78, 251
phonème 256, 259
plausibilité
 cognitive 65
 interprétative 65

prédicat 259
 primitive 92, 136, 144, 259
 principes différentiels 142–144

Q

qualification 206

R

recherche d'information 259
 relation 144
 représentation 18
 rhétorique 78

S

sagacité 226
 schéma 202
 sémantique 259
 différentielle 138, 259
 psychologique 138, 260
 référentielle 138, 260
 sème 137, 260
 afférent 137
 générique 137
 inhérent 137
 spécifique 137
 sémème 260
 sémiotisation 198–200
 sens 260
 séparation 98
 éidétique 97
 signature 94
 signe qui dit 202

signe qui montre 202
 signe qui révèle 202
 signification 260
 structuration 206
 sublunaire 226, 227, 261
 support 261
 d'enregistrement 174
 de restitution 174
 instrumental 261
 sémiotique 262
 supralunaire 227, 261
 synonyme 103
 systématique 51
 système symbolique physique 58

T

technique 38, 262
 technologie 38, 39, 262
 terme 262
 terminologie 262
 thesaurus 262
 transcription 262

U

unité
 de discrétisation 187, 190
 de manipulation 197–200
 documentaire 195

V

variation éidétique 123

NOTES

NOTES
