

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET ECRITURE DYNAMIQUE : DE LA RAISON GRAPHIQUE A LA RAISON COMPUTATIONNELLE

BRUNO BACHIMONT

1. INTRODUCTION

L'un des principaux attraits de l'informatique consiste en la possibilité qu'elle offre d'opérationnaliser les connaissances dont on dispose sur un problème à résoudre ou une tâche à effectuer en un système automatique de résolution ou d'assistance à la résolution. C'est ainsi que l'informatique numérique offre des outils puissants pour opérationnaliser des équations mathématiques décrivant un système physique, permettant ainsi de rendre effectif le modèle dont on dispose. Mais, la plupart du temps, les connaissances dont on dispose sont formulées en langue naturelle : il faut être capable d'opérationnaliser des connaissances exprimées linguistiquement et disposer pour cela de systèmes pouvant raisonner sur des symboles et pas seulement sur des nombres. Le projet de l'intelligence artificielle (IA) peut être compris comme la recherche des principes permettant de concevoir et réaliser de tels systèmes. Elle aurait alors comme objectif celui de mettre en œuvre une informatique *symbolique* par opposition à une informatique *numérique*¹ : c'est le passage, tant souligné par Newell², de l'ordinateur comme *number cruncher* à l'ordinateur comme *symbolic processor*. Présentée ainsi, le projet de l'IA serait³ de réaliser des « systèmes à base de connaissances » qui opérationnalisent les connaissances exprimées linguistiquement. L'IA serait dans ce cadre une « ingénierie des connaissances ».

L'ingénierie des connaissances adopte généralement une démarche méthodologique que l'on peut qualifier de « formaliste », et qu'il est possible d'articuler en

¹ *Sricto sensu*, il n'y a pas lieu d'opposer les aspects numérique et symbolique en informatique. En effet, les symboles sont des nombres et toute manipulation symbolique est un calcul : les travaux du début du siècle ont notamment montré comment *arithmétiser* la partie de la logique symbolique correspondant aux démonstrations effectives (voir par exemple Mendelson [1987]). Puisque ce qui est symbolique est numérique, et *vice versa*, l'opposition posée par Newell ne peut que concerner le point de vue que l'on a sur les calculs menés et sur ce qui est susceptible de relever d'un calcul ; traditionnellement, le calcul porte sur des nombres, d'où la conception des ordinateurs ou calculateurs comme *number cruncher* ; mais si l'on se souvient de l'équivalence entre nombre et symbole, il est alors possible de calculer sur des symboles et d'avoir un système qui raisonne symboliquement au lieu d'un calculateur numérique.

² Newell [1980].

³ Le projet de l'IA ne se réduit pas en effet à la conception et réalisation de systèmes à base de connaissances : l'IA se présente souvent comme une science de l'intelligence et des systèmes intelligents en général. Son projet est, comme le souligne Haugeland [1989], de produire de l'intelligence « synthétique », authentique, et pas seulement de l'intelligence approchée. Nous n'entrerons pas ici dans le débat concernant la portée, la pertinence et le succès de ce projet : voir par exemple Haugeland [1981], Partridge et Wilks [1990], Newell [1990], Dreyfus [1984] et Winograd et Flores [1989]. Nous en resterons à une version résolument technologique de l'IA.

deux principes : un principe de *modélisation* et un principe d'*effectivité*. Le principe de modélisation précise en quoi le système opérationnel est un *modèle* du problème traité, le principe d'effectivité précise en quoi le modèle du problème est *opérationnel* ou *effectif*. Deux problèmes semblent en effet se poser quand il faut opérationnaliser des connaissances exprimées linguistiquement : il faut d'une part extraire de l'expression linguistique la connaissance qu'elle exprime pour l'explicitier en un langage canonique permettant la représentation et l'expression des connaissances indépendamment de toute contingence linguistique, et d'autre part opérationnaliser cette explicitation canonique en un système automatique. Le principe de modélisation rend compte que ce qui est opérationnalisé renvoie aux connaissances du domaine sur le problème, le principe d'effectivité assure que la caractérisation des connaissances que l'on a extrait de l'expression linguistique est opérationnelle.

Traditionnellement, le formalisme fournit comme principe de modélisation la thèse épistémologique selon laquelle toute connaissance n'est une connaissance qu'en tant qu'elle est formelle, et que par conséquent, extraire une connaissance de son expression linguistique revient à formaliser logiquement cette expression, c'est-à-dire la reformuler dans le langage canonique de la connaissance, la logique formelle. Par ailleurs, le formalisme fournit comme principe d'effectivité que tout ce qui est formel est opérationnel et que, par conséquent, la formalisation des expressions linguistiques est d'emblée opérationnelle.

Dans cette approche formaliste, l'ingénierie des connaissances entreprend une modélisation du sens et des connaissances dans le but d'obtenir des modèles effectifs, calculables, de la réalité décrite par les expressions linguistiques formalisées. Autrement dit, si l'on prend en un sens fort la notion de modèle, les modèles effectifs conçus selon l'approche formaliste doivent refléter dans leur structure la structure du réel et manifester une capacité prédictive ou à tout le moins une conformité descriptive. En particulier, ces modèles « forts » doivent prescrire comment interpréter dans la réalité les constructions symboliques qu'ils permettent de formuler pour qu'il soit possible de savoir dans quelle mesure ils sont véridiques ou non. C'est d'une certaine manière un critère de falsifiabilité⁴ que nous formulons ainsi pour caractériser les modèles « forts ». Le problème essentiel est que le modèle doit préciser par lui-même, selon des prescriptions interprétatives qu'il impose par lui-même, ce qu'il prétend quant au réel qu'il modélise. Il faut que la mise en rapport du modèle au réel ne soit pas arbitraire et ne relève pas de la subjectivité du modélisateur.

Or, il s'avère à l'usage que les SBC conçus en IA ne vérifient pas ces propriétés et qu'ils ne sont pas des modèles forts en ce sens. Autrement dit, le principe de modélisation proposé par le formalisme est caduc. Cependant, les SBC ne sont pas néanmoins

⁴ Popper [1973].

dépourvus de toute pertinence quant à la réalité qu'ils sont censés modéliser : non seulement ces systèmes ont un sens dans le domaine, dans la mesure où ils sont interprétables dans les termes du domaine, mais de plus leur interprétation peut amener à poser de nouvelles connaissances ou formations de sens dans le domaine. Bien que les systèmes formels de l'IA ne soient pas des modèles forts dans la mesure où ils ne prescrivent pas leur interprétation dans la réalité, il apparaît cependant qu'ils sont toujours interprétables : bien que ne prescrivant aucune interprétation en particulier, ils peuvent toujours en recevoir au moins une. Outre le fait qu'ils peuvent toujours recevoir un sens, les modèles faibles peuvent recevoir un nouveau sens : l'interprétation qu'ils reçoivent lorsqu'on veut les analyser renvoie à de nouvelles connaissances. Ainsi, non seulement les modèles faibles permettent de retrouver des connaissances que l'on avait déjà, leur conférant ainsi une intelligibilité qu'ils ne possèdent pas forcément, mais ils permettent de constituer, à l'occasion de leur interprétation de nouvelles connaissances.

Dès lors, deux problèmes se posent. Le premier consiste à constater que, si les modèles de l'IA sont des modèles faibles parce qu'on peut toujours leur attribuer un sens dans le domaine, il faut contrôler la manière de leur assigner un sens pour qu'ils aient un sens qu'ils prescrivent par leur structure et non un sens librement attribué, pour qu'ils deviennent ainsi des modèles au sens fort, c'est-à-dire des modèles susceptibles d'infirmer, de confirmer, et donc de réviser. Autrement dit, il faut fournir des règles interprétatives de manière à ce que le modèle faible prescrive le sens qu'on lui assigne et qu'il devienne ainsi un modèle prédictif et falsifiable, c'est-à-dire un modèle fort. Le second problème est de comprendre d'une part comment les modèles faibles produisent du sens dans le domaine et d'autre part comment il est possible d'objectiver et d'instrumenter cette production du sens. Dans ce cas en effet, le modèle faible ne permet pas seulement de se réapproprier un sens déjà-là et déjà conçu lors d'investigations antérieures ; il permet surtout de s'approprier de nouvelles formations de sens jamais pensées jusque là. Autrement dit, le modèle faible constitue le sens qu'il produit : ce modèle est la médiation technique par laquelle de nouvelles formations de sens deviennent accessibles.

Le but de cet article est d'explorer cette dimension productive et constitutive du modèle formel symbolique. Autrement dit, il s'agit ici de considérer le formalisme non pas comme une démarche modélisatrice ou une philosophie du sens, mais comme une technique, et à ce titre, d'en considérer l'originalité dans la constitution du sens. Si bien que l'enjeu théorique dont il s'agit ici concerne la possibilité d'envisager une conception du sens fondée sur la médiation technique : le sens et la connaissance sont toujours liés dans leur constitution et réactivation à un support technique matériel associé.

Le plan de l'article est le suivant. Dans un premier temps, nous revenons sur la démarche formaliste pour expliciter ses origines épistémologiques, insister sur les problèmes rencontrés, et évoquer les leçons qu'on peut en tirer. Dans un second temps,

nous abordons le problème de comprendre comment du sens peut être produit par l'artefact informatique. Faut-il en conclure qu'il faut revenir à une perspective cognitiviste puisque le système produit du sens ? Ou au contraire ne faut-il pas quitter le domaine des sciences cognitives, qui modélisent le sens et simulent l'intelligence, pour le domaine des « technologies cognitives » où le problème n'est pas tant que construire des systèmes possédant des connaissances, des systèmes intelligents, mais des systèmes techniques permettant à un usager de s'approprier des connaissances pour lui anciennes (remémoration) ou nouvelles (constitution), des systèmes techniques rendant leur usager intelligents. Il est donc nécessaire de s'interroger sur le rôle de la technique dans la production du sens et cette section mobilise une argumentation philosophique en ce sens. Cette argumentation est ensuite illustrée dans la section suivante à propos de la description d'une expérimentation informatique en préparation où l'on peut constater d'une part le rôle du support matériel dans l'appropriation de connaissances et où l'on veut assister d'autre part à l'émergence de nouvelles connaissances. Nous concluons sur les perspectives qui sont alors ouvertes à une intelligence artificielle comprise comme une technologie cognitive, que nous appelons « artéfacture ».

2. LE FORMALISME COMME SCIENCE

2.1 Formalisation et opérationnalisation des connaissances

L'ingénierie des connaissances suit une démarche formaliste en adoptant d'une part une conception logiciste (que nous appellerons dorénavant « formalisme logiciste ») quant à la nature de la connaissance, suivant en cela le formalisme du Cercle de Vienne, et en adoptant d'autre part une conception calculatoire de la logique, suivant en cela le formalisme de Hilbert et de Turing (que nous appellerons dorénavant « formalisme computationnel »).

2.1.1 Le formalisme logiciste

Le formalisme logiciste est une conception philosophique de la connaissance formulée par le groupe de philosophes qui, après la première guerre mondiale, ont constitué le « Cercle de Vienne »⁵. Selon cette conception, seules les relations formelles peuvent faire l'objet d'une connaissance, jamais un contenu au sens de vécu ou de qualité :

« Toute connaissance est donc par essence une connaissance des formes, des relations, et rien d'autres. Seules les relations formelles au sens défini sont accessibles à la connaissance, au jugement au sens purement logique du terme. »⁶

Autrement dit, seules les structures logiques sont accessibles à la connaissance. Par conséquent, pour dégager l'objet d'une connaissance à travers son expression, il suffit

⁵ Soulez [1985].

⁶ Schlick [1985].

d'en extraire la structure formelle au sens logique du terme. Il faut donc effectuer une analyse logique qui correspond à une formalisation :

« Seule la logique symbolique moderne (« la logistique ») réussit à atteindre la précision nécessaire dans les définitions de concepts et dans les énoncés, et à formaliser les procédés intuitifs d'inférence de la pensée ordinaire, c'est-à-dire à les mettre sous une forme rigoureuse, contrôlée automatiquement par le mécanisme des signes. » Manifeste du Cercle de Vienne⁷.

Cette conception logiciste de la connaissance vaut autant pour les connaissances scientifiques que pour celles du sens commun. En effet, une connaissance, à partir du moment où elle est une connaissance authentique, qu'elle possède un contenu véridique, correspond à une structure formelle. Ainsi, si les connaissances du sens commun sont des connaissances, c'est qu'elles portent, tout comme les connaissances scientifiques, sur des relations formelles. Les concepts du sens commun ont donc le même contenu gnoséologique que les concepts théoriques de la science :

« Aussi paradoxal que cela puisse paraître, il est littéralement vrai que tous les 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 de sciences de l'esprit. »⁸

Si une telle affirmation heurte notre intuition, c'est que l'on confond le puissance d'évocation d'un terme, c'est-à-dire le fait qu'il suscite spontanément dans l'esprit des représentations mentales associées, avec son contenu gnoséologique. Un terme du sens commun ou de la langue naturelle n'en dit pas plus qu'un terme scientifique même s'il semble nous en dire plus :

« Deux langages différents, un langage psychique et un langage physique, sont à notre disposition, et nous affirmons qu'ils expriment le même contenu théorique. On objectera que « A se réjouit » exprime tout de même quelque chose de plus que l'énoncé physique correspondant. Et c'est effectivement exact. Le langage psychique n'a, en effet, sur le langage physique pas seulement l'avantage d'une simplicité considérablement plus grande, il exprime plus de choses. Mais ce plus n'est pas un plus en contenu théorique ; ce qui est exprimé par là, ce sont uniquement des représentations concomitantes. »⁹

Ces représentations « concomitantes » ne sont pas des connaissances si bien que la puissance d'évocation d'un terme ne concerne en rien sa valeur théorique. Ces thèses du formalisme logiciste sont fondamentales pour un programme de recherche comme celui

⁷ in Soulez [1985].

⁸ Schlick [1985].

⁹ Carnap, « Scheinprobleme in der Philosophie. Das Fremdpsychische und der Realismusstreit », cité par Bouveresse [1987], p. 403.

de l'ingénierie des connaissances dans la mesure où elles affirment que si des expressions linguistiques en langue naturelle véhiculent des connaissances, qu'elles possèdent un contenu gnoseologique, alors ce dernier correspond à leur structure formelle, à la relation formelle qui les structure. La perspective formalisatrice appliquée de manière privilégiée à la science qui repose pour exprimer ses connaissances sur les langages formels de la logique et des mathématiques doit rencontrer le même succès pour les mêmes raisons dans les domaines relevant du sens commun et dans les domaines informels dans lesquels les connaissances reposent sur les idiomes vernaculaires pour s'exprimer. Pour dégager les connaissances exprimées en langue naturelle, il suffit de les formaliser. L'expression linguistique n'est qu'une mise en forme, riche d'évocations et d'ambiguïtés, d'un contenu gnoseologique que la formalisation permet de caractériser de manière non ambiguë et exacte.

Selon ce formalisme, l'ingénierie des connaissances doit formaliser les expressions linguistiques des connaissances pour obtenir un système formel qui, dégagant les connaissances de leur gangue linguistique, est un modèle du problème.

2.1.2 *Le formalisme computationnel*

Le formalisme computationnel provient des travaux menés dans le cadre du programme de Hilbert concernant la fondation des mathématiques et leur formalisation. On sait que Hilbert avait posé la notion de système formel, système de symboles manipulés selon des règles machinales, mécaniquement, dans lequel des propositions pouvaient être démontrées à partir d'autres propositions posées comme axiomes ou prémisses. Dans la démonstration de son théorème d'incomplétude qui marquait l'échec du programme de Hilbert, Gödel¹⁰ avait arithmétisé cette notion de système formel, rapportant le raisonnement symbolique du système à des calculs arithmétiques. Puis, quelques années plus tard, Turing¹¹ mécanisa la notion de système formel en définissant la description abstraite d'une machine, la fameuse machine de Turing. Ce que ces travaux ont permis de montrer, c'est que toute démonstration effectuée dans un système formel pouvait être mécanisée sur une machine de Turing. Autrement dit, tout système formel est opérationnel dans le sens où toutes les opérations définies dans le système sont exécutables par une machine de Turing. Par exemple, une machine de Turing peut énumérer tous les théorèmes d'un système (on dit que l'ensemble des théorèmes est récursivement énumérable). En revanche, l'ensemble des non théorèmes ne peut pas, en général, être énuméré par un programme ; en effet, la définition de ce qu'est un non théorème n'est pas formulé en termes d'application de règles machinales. Autrement dit, tout système formel est opérationnel, même si tout ce qui est définissable en termes de

¹⁰Gödel [1931].

¹¹Turing [1936].

système formel ne l'est pas¹². Le formalisme computationnel fournit donc à la démarche formaliste le principe d'effectivité dont elle a besoin.

2.2 Défauts des modèles formels

Il n'est évidemment pas dans notre propos de contester le formalisme comme principe d'effectivité. En revanche, le formalisme comme principe de modélisation paraît davantage problématique. On peut s'en apercevoir dès que l'on veut le mettre en œuvre. En effet, formaliser les expressions linguistiques des connaissances revient à exprimer ces connaissances dans un formalisme reposant sur une syntaxe générative et une sémantique compositionnelle. En particulier, il faut dégager des *primitives* qui permettront, à l'aide des règles de génération syntaxique, de construire toutes les formules bien formées du formalisme et, à l'aide des règles de composition sémantique, de donner une signification à ces formules à partir de la signification assignée aux primitives dans le domaine où le problème se pose.

Cela implique qu'il faut être capable de caractériser quelles sont les notions de base ou quels sont les objets primitifs du domaine pour être capable de construire le modèle formel (axiomatique) du problème. La difficulté rencontrée alors est qu'il est impossible en pratique de définir des notions de base ou des objets primitifs dans les domaines concrets. Il est toujours possible en effet, selon un point de vue donné, localement, de définir des notions ou des objets *comme* des notions ou objets primitifs. Mais il est impossible de déterminer des notions ou objets qui soient des primitives pour tous les points de vue possibles sur le domaine. Les primitives ne sont pas une donnée du domaine : elle résultent bien plutôt d'une interprétation du domaine en fonction d'un point de vue particulier.

Il en résulte que la formalisation n'est pas une démarche de modélisation, mais qu'au contraire qu'elle repose sur une modélisation préalable, celle dégageant du domaine des notions pouvant fonctionner comme des primitives de formalisation selon le point de vue du problème à traiter. Autrement dit, le système formel ne véhicule des connaissances sur le domaine que s'il repose sur un modèle préalable du domaine précisant quelles peuvent être des primitives pour l'objectif fixé au système informatique à construire. Par conséquent, la formalisation des expressions linguistiques ne peut être une modélisation, ne peut caractériser les connaissances sur le problème nécessaires à sa résolution, dans la mesure où elle suppose l'existence de primitives dans le domaine.

¹² Le fait que la notion toute machinale ou mécanique du système formel puisse engendrer du non mécanique a beaucoup frappé les imaginations, si bien qu'on a pu y voir un argument en faveur d'une conception computationnelle de l'esprit. Par ailleurs, au problème de la calculabilité s'ajoute celui de la complexité : il ne suffit qu'une opération formellement définie soit calculable, il faut en outre qu'elle le soit de manière compatible avec les ressources physiques de l'univers (par exemple, que le temps calcul n'excède pas l'âge de l'univers) ; voir à ce propos (Delahaye 94). Enfin, le programme de Hilbert, malgré son échec, donne lieu à des réalisations partielles dans le courant des *Reverse Mathematics*, qui reconstruit les mathématiques usuelles depuis des axiomatiques aussi élémentaires que possibles (Simpson 85, 88, Sieg 88).

Le fait qu'il n'existe pas de primitives dans le domaine alors que l'approche formaliste en exige a pour conséquence que les prédicats du formalisme sont manipulés comme des primitives sans pouvoir être interprétés comme des primitives. Qu'est ce que cela signifie, ne pas pouvoir être interprété comme une primitive ? Cela signifie que l'interprétation du terme ou du prédicat dépend de son contexte d'emploi, et ce qui doit être invariable pour le formalisme devient variable du point de vue du domaine. Par conséquent, le système formel ne peut affirmer de vérité du domaine dans la mesure où, ne prenant pas en compte le contexte de l'interprétation dans le domaine, il ne peut contrôler sa variabilité, et ne peut contrôler par lui-même la manière dont le terme va s'interpréter. Autrement dit, le système formel ne peut être un modèle du domaine dans la mesure où il n'en dit rien en particulier, ses structures formelles étant noyées dans le contexte de l'interprétation.

Prenons un petit exemple pour fixer les idées. Supposons que nous soyons dans un cadre médical et que nous devions modéliser des connaissances médicales à partir de leur expression linguistique. Une expression peut être par exemple que « la chlortalidone a une fonction diurétique » ainsi que « le logroton contient de la chlortalidone >>. En formalisant selon le formalisme de graphes conceptuels¹³, on peut obtenir quelque chose comme

[logroton]--(contient)-->[chlortalidone]

et

[chlortalidone]--(a_pour_fonction)-->[fonction_diurétique] ;

on voudrait alors pouvoir déduire, muni de la règle d'inférence selon laquelle un médicament a les fonctions de ses composants actifs, que

[logroton]- (1)

(contient)-->[chlortalidone]

(a_pour_fonction)-->[fonction_diurétique].

Comme nous sommes dans un formalisme logique, on sait que $A \text{ et } B \Rightarrow B$. Par conséquent, on en déduit que :

[logroton]--(a_pour_fonction)-->[fonction_diurétique] (2)

en supposant que la vérité de (1) se propage à celle de (2). Or cela n'est pas vrai dans le domaine : dans le contexte de (1), la notion de fonction dans (a_pour_fonction) signifie la fonction biochimique du principe actif ; dans (2), la notion de fonction signifie la fonction thérapeutique. Or, le logroton est un hypertenseur qui utilise la fonction biochimique diurétique pour réaliser sa fonction thérapeutique, faire baisser la tension.

Un tel exemple illustre que les termes utilisés dans la formalisation ne sont pas des primitives comme l'exigerait le formalisme, mais des unités linguistiques dont

¹³ Sowa [1984].

l'interprétation, la signification reste contextuelle. Or, dans ce cadre, une règle logique comme $A \text{ et } B \Rightarrow B$ n'est pas valide dans la mesure où la vérité de B est prise dans la prémisse dans le contexte interprétatif fixé par A alors que dans la conclusion, ce contexte manque et c'est donc la norme interprétative par défaut qui prévaut. Dans notre exemple, la notion de fonction signifie par défaut la fonction thérapeutique, mais dans le contexte du principe actif, cette fonction est comprise comme l'effet physiologique du principe.

La formalisation effectuée à partir des expressions linguistiques fournit des formules dont la manipulation formelle, reposant sur des primitives à l'interprétation non contextuelle, entraîne des conclusions qui ne sont pas valables dans le domaine, où les primitives logiques ne sont précisément pas des primitives, mais des unités linguistiques à l'interprétation contextuelle. Pour surmonter ce problème, il faut que la formule utilise des unités symboliques dont elle prescrit l'interprétation dans le domaine, pour que les conclusions du formalisme correspondent à des vérités du domaine. Il faut fixer des règles interprétatives permettant de contrôler l'effet du contexte. Par exemple, il suffirait ici de distinguer deux primitives, la fonction biochimique et la fonction thérapeutique, pour que la conclusion ci-dessus devienne valable : le logroton possède bien, tout comme son principe actif (et à cause de lui d'ailleurs), une fonction biochimique diurétique. En d'autres termes, il faut fixer l'usage dans la formalisation de ces termes en prescrivant quelle doit être leur signification dans le domaine, de manière à ce que l'utilisateur n'en soit pas remis au contexte d'interprétation pour leur assigner une signification. Cette prescription fixe le contexte d'interprétation si bien que les termes employés deviennent non contextuels.

En conclusion, les systèmes formels développés selon une approche purement formelle ne sont pas des modèles au sens fort du terme dans la mesure où ils ne prescrivent l'interprétation des termes employés mais la livrent à la variabilité du contexte. Ils ne maîtrisent pas l'arbitraire de l'interprétation si bien qu'il est impossible de savoir exactement ce qu'une formule signifie dans le domaine. Possédant un sens variant selon les contextes, les formules ne disent rien de particulier du domaine, mais une multiplicité de sens possibles, certes plus ou moins pertinents, mais tous recevables dans *certain*s contextes.

2.3 Propriétés des modèles formels

Mais les raisons pour lesquelles les systèmes formels de l'IA ne sont pas des modèles forts expliquent pourquoi ils sont des modèles faibles du domaine. En effet, nous avons dit plus haut comment ces systèmes étaient *toujours* interprétables dans le domaine, faisait sens dans le domaine. Nous avons également dit que ces systèmes ne faisaient pas seulement sens, mais pouvaient produire du sens.

La raison pour laquelle les systèmes formels font et produisent du sens, est que les symboles primitifs sur lesquels ils reposent correspondent à des unités signifiantes

empruntées à l'expression linguistique des connaissances. C'est pourquoi les formules construites syntaxiquement sont interprétables d'emblée dans les termes du domaine et compréhensibles par tout spécialiste du problème traité. Mais c'est également la raison pour laquelle ces systèmes formels ne sont pas des modèles : la langue naturelle ne possédant pas de primitives sémantiques, ne reposant pas sur une sémantique non contextuelle, il n'est pas possible d'associer d'emblée une signification précise et univoque aux formules construites dans le cadre du système formel. Alors qu'il est possible d'affirmer que toutes ces formules *peuvent vouloir dire* quelque chose, il est impossible de définir ce qu'elles *doivent vouloir dire*.

Dans ces conditions, il est facile de comprendre comment les systèmes formels automatiques font et produisent du sens : (i) puisque leur symbolisme est emprunté à la langue naturelle, ils sont interprétables : ils font sens ; (ii) puisque leur symbolisme est enrôlé dans une syntaxe générative, dans un calcul formel, les systèmes formels automatiques peuvent produire des formules syntaxiques dont l'interprétation linguistique correspond à des formations de sens encore jamais formulées ainsi jusqu'alors ; les systèmes formels peuvent de cette manière *produire* du sens.

Puisque les manipulations symboliques effectués dans le cadre de la syntaxe générative ne reflètent pas opérations interprétatives du domaine tout en restant néanmoins interprétables, il ressort que la production effective de constructions symboliques selon les lois calculatoires du système formel peut conduire, lors de leur interprétation, à des formations de sens qui ne correspondent pas aux formations de sens que produisent les opérations interprétatives courantes du domaine. En construisant des expressions que personnes n'a jamais écrites ou proférées, le système formel peut amener à la prise de conscience de formations de sens correspondant à de nouvelles connaissances dans le domaine. L'outil informatique fournit le moyen de constituer de nouvelles connaissances jusqu'alors inexprimées, voire jusque là impensables du fait qu'elles font appel, pour être formulées, à des calculs excédant les capacités cognitives.

Le point important est l'effectivité des systèmes formels : c'est uniquement parce que le système calcule, infère automatiquement, construit mécaniquement de nouvelles configurations symboliques, que l'on se retrouve confronté à des formules que l'on avait pas anticipées. L'effectivité produit une réalité qui nous heurte et nous surprend, nous force à innover par de nouvelles connaissances pour rendre compte de l'interprétation de ces configurations symboliques. Sur notre petit exemple, ce peut être tout simplement le fait d'avoir appliqué automatiquement une règle comme $A \text{ et } B \Rightarrow B$ qui nous force à distinguer fonction biochimique et fonction thérapeutique. En se tenant à une simple interprétation statique des formules, on projette sur elles la signification des expressions linguistiques qu'elles formalisent. A ce stade, une production de sens n'est pas envisageable. En revanche, dès qu'un calcul entrepris, on sort des règles interprétatives de la langue et dès lors une innovation est en principe possible.

C'est sans doute à ce niveau qu'il faut considérer que les simulations informatiques sont d'authentiques expériences, mais des expériences sur le sens plutôt que sur le monde. C'est pourquoi de nombreuses *Gedankenexperimenten* prennent la forme de *simulations* informatiques. La simulation informatique renvoie à une réalité, puisque seule la réalité a le pouvoir de dire non, comme l'a rappelé U. Eco au cours de ce colloque. L'informatique oppose une effectivité du symbolique à l'interprétation qui la force à innover.

2.4 Perspectives

Une double perspective se dégage des considérations précédentes. Selon la première, il s'agit de surmonter la faiblesse des modèles de l'IA pour en faire des modèles forts : c'est le problème de contrôler l'interprétation des constructions symboliques pour que les calculs reflètent des connaissances du domaine. Selon la deuxième, il s'agit de comprendre ce que cela signifie que l'artefact informatique produise du sens. Nous ne traiterons ici que du second problème. Nous avons traité du premier problème dans Bachimont [1996].

3. LE FORMALISME COMME TECHNIQUE

3.1 Sciences et technologies cognitives

Il s'agit de comprendre pourquoi l'artefact informatique parvient à produire du sens. Il semble que l'on peut aborder ce problème selon deux points de vue distincts, le premier relevant des sciences cognitives, le second relevant de ce que nous appelons les « technologies cognitives ».

Dans une approche s'inscrivant dans les sciences cognitives, il serait tentant d'affirmer que l'artefact computationnel produit du sens dans la mesure où il reproduit la manière dont nous, êtres humains, parvenons à constituer de nouvelles connaissances. Simplement, calculant plus vite et mieux que nous, il nous devance dans cette constitution. Par ailleurs, le fait que les systèmes formels soient seulement des modèles faibles et non des modèles forts militerait pour leur plausibilité cognitive¹⁴, c'est-à-dire qu'ils refléteraient les processus cognitifs tels qu'ils se déroulent. Qu'ils soient interprétables dans le domaine sans pour autant décrire ou modéliser le domaine signifie qu'ils reflètent davantage notre manière de penser que la structure objective du domaine. L'imperfection objective de ces modèles renverrait à leur pertinence subjective.

Mais ce point de vue semble peu prometteur pour la raison suivante. C'est que, si les systèmes formels ne sont pas des modèles du domaine, ce n'est pas parce que, reflétant

¹⁴Dans le sens défini par Bachimont [1994] : la plausibilité cognitive d'une théorie formelle est le fait qu'il est plausible que les processus cognitifs se déroulent comme le prescrit la théorie ; la plausibilité interprétative est le fait qu'il est possible d'interpréter la théorie et de trouver plausible le sens qu'elle véhicule.

notre manière de penser, ils héritent de la difficulté de penser la vérité d'un domaine, mais bien au contraire parce qu'ils ne reflètent pas notre manière de penser le domaine. Autrement dit, le déficit de pertinence objective provient de la non plausibilité cognitive et interprétative des calculs portant sur les connaissances du domaine. Un spécialiste muni des mêmes expressions linguistiques qu'un système formel n'en déduit pas la même chose pour des raisons de principe, et non des raisons tenant à la définition des règles d'inférence.

Il faut donc envisager un changement de perspective. En effet, cela signifie que l'outil informatique n'est pas tant un instrument de modélisation qu'un nouveau type de support pour l'inscription des connaissances. On vient en effet de voir que les systèmes formels automatiques ne modélisent pas le domaine, mais véhiculent des connaissances sur le domaine, de la même manière que, *mutatis mutandis*, un livre n'est pas un modèle mais un support.

De même que le livre, en offrant une juxtaposition spatiale des inscriptions de connaissances autorise la constitution de nouvelles connaissances, le système formel automatique, en offrant un calcul symbolique sur les inscriptions, autorise la constitution de nouvelles connaissances. C'est donc vers une théorie du support matériel d'inscription des connaissances comme processus de constitution des connaissances qu'il faut se tourner. Le formalisme n'est donc pas un outil de modélisation, mais une technologie symbolique permettant de manipuler des unités signifiantes. Si le formalisme produit du sens, ce n'est pas parce qu'il possède une quelconque pertinence cognitive, mais parce qu'il constitue une médiation technique. Il faut donc considérer le problème de la production de sens par les artefacts informatiques comme un problème relevant de la technologie cognitive, au sens où il ne s'agit pas de science cognitive appliquée en schème technique, mais au sens où d'une part le technique constitue une catégorie *sui generis* et d'autre part le technique est par essence cognitif dans la mesure où il est à l'origine de toute constitution de connaissance.

3.2 Principes de la constitution technique du sens

3.2.1 La raison graphique

La constitution technologique du sens est un thème qui a été abondamment traité dans les travaux portant sur la naissance de l'écriture¹⁵ et sur l'influence qu'entraîne son apparition dans les cultures. En permettant de transcrire et de fixer la parole, l'écriture est une technique qui discrétise le flux sonore en unités manipulables, les lettres.

¹⁵ Nous retenons principalement le cas de l'écriture, comme exemple paradigmatique de la constitution technique du sens, dans la mesure où, pour nous, toute constitution procède d'une « écriture » au sens d'une inscription qui prescrit, surdétermine sans déterminer complètement, le sens de son interprétation et acquisition. Mais il serait aisé de citer d'autres cas où la technique suscite davantage le sens qu'elle en est la réalisation technique. Voir à ce propos le travail de Eisenstein [1991] à propos de l'imprimerie et de son impact sur la pensée.

En délinéarisant le flux temporel pour le projeter sur une structure spatiale bidimensionnelle, l'écriture permet l'émergence de structure de signification qui sont inexprimables par la seule parole. Goody cite essentiellement les structures de listes et de tableau. La structure de liste, le fait d'énumérer des items lexicaux les uns après les autres, introduit le problème de la classification : comment ordonner l'énumération, pourquoi citer tel item avant tel item, etc. Les problèmes de classification sont donc des artefacts de l'écriture et des énumérations qu'elle permet. C'est pourquoi une culture possédant l'écriture se posera des problèmes qui seront vides de sens pour une culture orale :

« Mais un problème du genre : la tomate est-elle un fruit ou un légume ? ne rime absolument à rien dans un contexte oral ; il est même d'un intérêt douteux pour la plupart d'entre nous, mais il peut se révéler décisif quant aux progrès de nos connaissances systématiques concernant la classification et l'évolution des espèces naturelles. C'est ce genre de problèmes qu'engendrent les listes écrites. »¹⁶

En rompant la continuité de la parole, en introduisant un principe de juxtaposition spatiale et non de succession temporelle, la liste consignée sur un support bidimensionnel peut acquérir elle-même deux dimensions et devenir ainsi un tableau.

« La liste implique discontinuité et non continuité. Elle suppose un certain agencement matériel, une certaine disposition spatiale ; elle peut être lue en différents sens, latéralement et verticalement, de haut en bas comme de gauche à droite, ou inversement ; elle a un commencement et une fin bien marquée, une limite, un bord, tout comme une pièce d'étoffe. Elle facilite, c'est le plus important, la mise en ordre des articles par leur numérotation, par leur son initial ou par catégories. Et ces limites, tant externes qu'internes, rendent les catégories plus visibles et en même temps plus abstraites. »¹⁷

Le tableau ou liste à deux dimensions suppose une mise en ordre qui, contrairement à la liste, unidimensionnelle, n'est plus verbalisable¹⁸. Même s'il est en principe possible de linéariser un tableau en le lisant ligne par ligne, ce procédé de lecture rompt la synopsis qu'offre le tableau et perd le fait que, par exemple, le premier élément de la première ligne est juste au dessus du premier élément de la seconde ligne. Certes, en lisant colonne par colonne, on récupérerait cette juxtaposition, mais perdrait alors la juxtaposition de deux éléments appartenant à une même ligne. Autrement dit, seule la structure graphique du tableau permet d'offrir simultanément, synoptiquement, la double juxtaposition d'un élément vis-à-vis de la ligne et de la colonne auxquelles il appartient. En

¹⁶ Goody [1979], p. 187.

¹⁷ Goody [1979], p. 150.

¹⁸ Par exemple, le procédé rhétorique de la parataxe permet d'énumérer les éléments du paradigme auquel appartient un terme (Rastier [1994]). Le paradigme, structure unidimensionnelle, appartient à la langue comme *système*, réalité intemporelle, qui conditionne les réalisations de la parole, réalités temporelles : le paradigme n'appartient pas à la parole, mais à la langue, artefact des linguistes conçu grâce à la médiation de l'écriture comme structure graphique délinéarisant la parole (Auroux [1995]).

tant que tel, le tableau donne à voir des rapports qui sont inaccessibles à la seule parole. Ce sont des structures conceptuelles qui appartiennent à la raison graphique, c'est-à-dire à la rationalité qui se constitue à l'aide des schémas graphiques que permet de réaliser l'écriture. Par conséquent, toute activité intellectuelle dont la réalisation passe nécessairement par l'écriture devient ainsi le produit de la raison graphique. Goody montre ainsi que les formules, au sens des langages formels, ne peuvent être parlées mais seulement écrits. Autrement dit, un formalisme comme celui de Hilbert¹⁹, qui voit dans le raisonnement mathématique la manipulation aveugle de signes sur le papier, appartient à la raison graphique puisque, dans ce cas, on aboutit littéralement (!) à une écriture qui ne dit rien mais qui devient le lieu de manipulations symboliques mécaniques.

3.2.2 *Raisons orale, graphique, et computationnelle*

La raison graphique repose en son principe sur le fait que la parole s'est projetée sur un support matériel. Le fait que le support soit matériel introduit deux éléments fondamentaux : la permanence et la spatialité. Comme on vient de le voir avec la structure de tableau, la spatialité donne à voir des rapports dont la prise de conscience ne repose que sur la synopsis que propose la représentation spatiale. On substitue à *l'entendre successivement le voir ensemble*. Mais, pour que le voir ensemble soit possible, il est nécessaire qu'il y ait permanence du support : en effet, il y a un voir ensemble dans la mesure où, le regard passant du premier élément au second, il ne s'agit pas que le premier élément s'évanouisse rendant ainsi tout retour à cet élément impossible. En effet, la synopsis apparaît dans la mesure où l'ordre du regard est indifférent : il y a simultanété dans l'espace, juxtaposition, s'il est indifférent de voir le premier élément puis le second, ou le second puis le premier. Le support où sont inscrits ces éléments étant permanent, la l'indifférence subjective dans l'ordre du parcours est la marque de la juxtaposition objective²⁰.

¹⁹ Hilbert [1972].

²⁰ Il s'agit bien sûr de la célèbre opposition établie par Kant [1984] entre le *cours* du temps et l'*ordre* du temps. Le cours du temps est subjectif : que je contemple un tableau accroché à un mur ou regarde un bateau descendant le fleuve, les représentations se donnent de manière successive à la conscience, puisque la forme *a priori* du sens interne est le temps, principe de la succession. Cependant, comme il m'est impossible, après avoir vu le bateau à une position *x* sur le fleuve *puis* à une position *x'*, de le voir à la position *x'* *puis* à la position *x*, j'en déduis que le cours subjectif de la succession de *x* à *x'* renvoie à une ordre temporel objectif. Pour le tableau, en revanche, l'ordre est indifférent. On comprend ainsi que, chez Kant, la constitution d'une réalité objective pour la conscience, présence simultanée de différents aspects que je perçois successivement, repose nécessairement sur une simultanété dans l'espace, car sans elle il est impossible de distinguer le cours du temps de l'ordre du temps, il est impossible de faire la part entre l'arbitraire de ma description subjective de la nécessité de l'ordre objectif qui s'impose à ma conscience et qui prescrit, en une synthèse objectivante, la constitution de l'objet perçu (voir aussi sur ces questions Rivelaygue [1992]). Dans un contexte plus phénoménologique, comment comprendre que je puisse synthétiser les différents aspects perceptifs d'une maison dont je fais le tour en une perception d'une seule maison ? Comment la succession des esquisses perçues se ramène en une perception qui m'affirme que c'est la *même* maison que je vois alors que j'en fais le tour ? C'est encore la simultanété dans l'espace qui me donne le principe synthétique (Husserl [1950], Bachimont [1996]).

On comprend à présent, que ce qui manque à la parole pour accéder à la rationalité graphique, c'est un support permanent spatial. Réciproquement, si la parole peut se doter d'un tel support, elle doit pouvoir accéder à des structures graphiques. Or, c'est bien ce que l'on constate dans certaines cultures orales où, comme le rapporte Auroux²¹ on assiste à la constitution de listes lexicales, de paradigmes de déclinaisons et de conjugaisons, qui sont tous des structures envisageables seulement depuis une délinéarisation de la parole : c'est en juxtaposant les différentes formes conjuguées d'un verbe que l'on peut s'apercevoir que ces formes renvoient par exemple à un radical complété d'un suffixe marquant le type de conjugaison. C'est ainsi que la culture indienne s'est dotée d'une grammaire bien avant qu'elle n'accède à l'écriture. Mais c'est que les brahmanes s'approprièrent le corpus des textes sacrés en l'apprenant par cœur de toutes sortes de manières, vers par vers, un vers sur deux, etc., si bien qu'ils parvenaient à délinéariser le corpus sacré, à rompre la continuité de la parole pour lui substituer la discontinuité de l'unité manipulée par la récitation. De telles prouesses reposaient sur des techniques de mémorisation qui sollicitaient le corps par les rythmes verbo-moteurs de la récitation. Si bien que c'est le corps qui apportait à la culture orale le principe matériel, permanent et spatial, de l'inscription à partir duquel le voir graphique pouvait s'exercer.

On voit ainsi que toute structure rationnelle, pour qu'elle puisse se constituer à l'esprit, doit reposer en son principe sur un support matériel, permanent et spatial. Sans un tel support, nulle synthèse objectivante n'est possible, nulle construction rationnelle. Réciproquement, tout type de support doit posséder à titre de corrélat une rationalité spécifique selon le type de synthèse qu'il autorise. L'hypothèse que nous formulons est que l'informatique, sous la forme des systèmes formels automatiques, fournit précisément un nouveau type de support, les supports dynamiques, auquel doit correspondre un type spécifique de synthèse, et par conséquent une rationalité spécifique, que nous proposons de baptiser « raison computationnelle ».

Toute synthèse repose en son principe sur un principe spatial, pour que l'indifférence de l'ordre subjectif renvoie à la juxtaposition objective. La raison graphique repose ainsi sur la synthèse spatiale, comme on l'a vu plus haut. La raison computationnelle reposerait quant à elle sur la synthèse calculée, dans la mesure où l'espace où se meut l'informatique n'est pas l'espace physique, mais celui du calcul.

L'informatique, comme science des algorithmes, étudie la détermination des rapports temporels : un algorithme est une figure géométrique temporelle²², c'est-à-dire un

²¹ Auroux [1995] ; Illich [1991] y insiste également.

²² Bien que brutalement assénée ici, une telle affirmation mériterait de plus amples justifications et explicitations que l'on trouvera dans Bachimont [1996]. Nous nous appuyons sur une épistémologie transcendantale de l'informatique pour y voir une *physique* du calcul qui, comme telle, justifie d'une analyse transcendantale. Cette physique entretiendrait avec la logique du calcul les rapports que la physique classique entretient avec les mathématiques, ces dernières s'appliquant à l'espace, l'informatique et la logique au temps. Comme les dénominations le laissent entendre, la logique et l'informatique comme

rapport déterminé entre des points dans le temps et non dans l'espace étendu. Ce rapport est déterminé dans le temps, c'est-à-dire qu'il fixe une distance dans le temps entre des points du temps. Cette distance se compte par les opérations qu'il faut effectuer pour passer de l'un à l'autre : c'est ce que permet d'appréhender la notion de complexité en informatique, qui permet d'appréhender la distance séparant la donnée d'un calcul de son résultat indépendamment du support physique réalisant le calcul, mais de manière intrinsèque à la façon d'atteindre ce résultat en fonction des opérations effectuées.

En fixant un rapport dans le temps, le calcul donne comme virtuellement présent ce qui ne l'est pas encore, ce qui le sera au terme du calcul. Le calcul est par conséquent un nouveau mode d'être ensemble, un nouveau mode d'être posés (thèse) ensemble (syn-), d'être syn-thésisés. En tant que nouveau mode d'être ensemble, il semble dès lors normal que l'informatique dévoile de nouvelles structures conceptuelles. Ces structures conceptuelles sont en train de se constituer devant nous, comme les structures graphiques à l'aube de l'écriture. Il est donc fort difficile de savoir quelles sont ces structures. Mais on peut s'interroger sur la manière de les mettre en évidence.

3.2.3 *Virtualité et actualité du sens*

Le problème est de pouvoir caractériser comment émerge une structure conceptuelle à partir de rapports proposés par un support matériel. Encore une fois, c'est en considérant l'écriture que des éléments de réponse vont nous être donnés. Considérons par exemple un texte qui assemble dans sa littéralité symbolique des énoncés correspondant à des formations de sens que nous n'avions encore jamais pensées. Le problème est alors de savoir quand un rapport proposé par le support devient un savoir effectivement pensé.

L'idée que nous voudrions défendre ici est que le sens, par exemple les structures rationnelles comme la liste ou le tableau, etc., n'est que virtuel sur le support. Par virtuel, nous entendons un mode inactuel de la présence : le virtuel, c'est ce qui est là, avec nous ou devant nous, mais qui n'est pas actuel, qui ne possède pas d'effectivité dans la réalité. C'est bien ainsi que se présentent les rapports graphiques : présents, mais virtuels tant que le lecteur ne les actualise pas dans sa lecture.

Il en est de même des rapports graphiques comme des outils techniques en général. Un outil est un objet matériel dont la structure matériel détermine une action possible. Par exemple, la structure du marteau détermine l'action de planter de clous. Par détermination, il ne faut pas entendre une détermination complète, absolue. La structure conditionne, détermine, mais n'implique pas l'usage possible. Il est toujours possible d'utiliser un marteau en le saisissant par la tête pour utiliser le manche comme bâton ; mais c'est un usage déviant dans la mesure il semble contrevenir à l'action possible pour

géométrie et physique du temps procèdent d'un primat de l'espace et de la mesure sur la temporalité comme vécu qualitatif.

lequel il a été conçu. L'outil mémorise dans sa structure l'action à accomplir. Le sens de l'outil, c'est de proposer un usage, une action possible. Autrement dit, l'outil propose une connaissance, si l'on entend par connaissance toute action possible²³.

Ce qui fait que la connaissance que propose l'outil sur un mode virtuel devient actuel, c'est l'inclusion de l'outil dans l'action de l'utilisateur qui, l'intégrant dans ses objectifs, s'en saisit et actualise la connaissance qu'il recèle en accomplissant l'action qu'il détermine. Autrement dit, le virtuel devient actuel quand l'utilisateur l'actualise en vue de ses objectifs courants, dans le cadre de son action courante²⁴. C'est par conséquent le *geste* comme effectivité qui actualise le sens contenu dans l'outil, qui actualise l'action possible proposée par la structure de l'outil, bref, la connaissance que l'outil mémorise dans sa structure.

Si l'on revient à l'écriture, il en va de même. L'écriture mémorise en transcrivant un message parlé. Le contenu qu'elle possède de manière virtuelle s'actualise quand le lecteur intègre le message écrit dans son action et qu'il le récite : en repassant par la parole, le lecteur actualise le sens virtuel du message. Illich²⁵ rappelle comment la lecture a longtemps été une récitation, un exercice pour « pieux marmotteurs » : l'accès au contenu écrit passe par le nécessaire intermédiaire de la parole, de l'oral. L'écrit ne délivre son sens non par lui-même, mais en renvoyant à la parole qu'il consigne.

3.2.4 *Parole et écriture*

L'écrit s'actualise par la parole comme l'outil s'actualise par le geste. La parole est le geste actualisant le sens, la connaissance comme structure consciente vécue. La parole actualise le sens dans la mesure où, dans la parole, le sens est accessible d'emblée : l'expression phonique s'efface devant le contenu qu'elle exprime si bien que ce dernier se manifeste directement à la conscience : il se tient devant elle, il lui est présent. Si bien que, comme dans la lecture silencieuse, l'expression phonique, le son, peut disparaître sans l'actualisation soit en quoi que ce soit perturbée. Prise de conscience, la lecture ou la parole manifeste à l'esprit un sens qui lui est transparent.

Le fait qu'il faille repasser par la parole pour actualiser le sens de l'écrit menace gravement ce que nous avons affirmé quant à la possibilité et la réalité d'une raison graphique. En effet, si la parole actualise l'écrit, cela implique que l'écrit n'est pas

²³ Nous nous inscrivons dans une perspective pragmatique (Peirce [1978]) selon laquelle une connaissance est une relation ternaire idéale entre le signe, son objet et son interprétant. Nous considérons (Bachimont [1996a]) qu'une connaissance est une connaissance parce qu'elle commande l'action : elle ne la commande pas comme une force physique à son effet, mais comme un type à son instance. Elle prescrit la nature de l'action à venir, de l'action possible. Idéale car pas encore réalisée et pouvant ne jamais l'être, la connaissance est le rapport idéal d'un signe à son objet pour un interprétant, pour l'action de l'interprétant

²⁴ Heidegger a souligné dans *Sein und Zeit* (1985) comment, dans son atelier, un artisan utilise les outils non en les considérant pour eux-mêmes mais en tant qu'ils s'intègrent, par leur structure, dans son action et qu'ils prolongent ainsi son efficacité pratique. Le fait qu'ils prescrivent *par* eux-mêmes un usage possible leur permet de s'intégrer dans la pratique sans qu'ils soient considérés *pour* eux-mêmes.

²⁵ Illich [1991].

originaire, mais secondaire par rapport à la parole qu'il consigne. Autrement dit, l'écrit n'est que de la parole muette dont il faut rétablir la vivacité par une lecture qui parle. L'écrit ne peut dès lors être au principe d'une rationalité qui échapperait à la parole, l'écrit ne peut constituer de raison graphique, si toute rationalité en passe nécessairement par une parole vivante qui actualise au sein de la conscience le message reçu virtuellement.

On sait comment Derrida²⁶ a contesté, dans ses superbes analyses de Husserl, le primat de la parole comme actualité du sens. Il montre en effet que la parole n'est jamais transparente à elle-même, et que le support ne peut jamais totalement s'effacer devant le contenu qu'il exprime. Autrement dit, il demeure toujours un résidu : l'actualisation n'est jamais complète, terminée. Comment comprendre que cette actualisation n'est jamais terminée ? Notre thèse est que, puisque le support ne s'efface jamais totalement, l'actualisation consiste dans la constitution d'une nouvelle inscription sur un support. Il y a bien alors actualisation et virtualisation, c'est-à-dire que l'actualisation contiendrait en elle-même le principe même de son inachèvement. En effet, l'actualisation consiste en ce que le sens prescrit par le message écrit commande l'action de réécriture ou de réinscription. L'accomplissement de l'action de réécriture est alors l'actualisation du sens du message. Mais, la réécriture aboutissant à un nouveau message, ce dernier est lui-même virtuel quant à son sens, qu'il propose comme disposition prise à l'égard de l'inscription précédente. Il n'y aurait donc plus d'actualisation comme vivification, dans le présent vivant de la conscience, d'une lettre morte au sens seulement virtuel, mais une actualisation comme dynamique de la réinscription. Comme nous l'avons suggéré plus haut, l'actualisation dans une lecture consciente et mentale correspondrait alors à une réinscription corporelle du message lu : la prise de conscience correspond à la dynamique permettant ce passage. Il n'y aurait plus lieu d'opposer le *geste* comme actualisation du sens de l'outil à la *parole* comme actualisation du sens de l'écrit, la parole n'étant alors qu'un *geste* de réécriture ou de réinscription.

La sémiotique peircienne²⁷ est irrésistiblement évoquée par ce schéma d'actualisation/ virtualisation. On peut en effet très facilement le reformuler en disant que l'actualisation consiste en l'interprétation d'un signe par un autre signe, en un autre signe, et que la virtualisation consiste en ce que l'interprétation de signe en signe n'est jamais achevée, sinon par un interprétant final qui n'est pas un signe, mais une action, c'est-à-dire le geste dont nous avons fait l'interprétation / actualisation de l'outil. Il y aurait alors une sémiose illimitée du sens, thème abondamment repris par Eco²⁸, sens dont l'épuisement ne signifierait rien d'autre que l'arrêt de la dynamique de la sémiose, c'est-à-dire la mort.

²⁶ Derrida [1967, 1968].

²⁷ Peirce [1978].

²⁸ Eco [1985,1992].

3.2.5 *Réécriture et raison computationnelle*

En conclusion, toute genèse de connaissance est une genèse technique ; la genèse s'effectue sur la rencontre entre une virtualité offerte par le support technique et une action qui l'actualise ; tout support technique est un support pour l'action. Dans le cas de l'écriture, l'action est la parole, c'est-à-dire non pas un accès transparent au sens, mais une réécriture active sur un support adéquat. Par conséquent, la production de sens sur un artefact symbolique, statique ou dynamique, provient de la rencontre d'une présence passive d'une virtualité et d'une actualisation active par une action de réécriture²⁹.

Il s'agit à présent de revenir à notre problème initial qui est de savoir pourquoi les systèmes formels de l'IA sont des modèles faibles qui produisent du sens dans le domaine sans posséder de contenu théorique. Nous avons dit que la production du sens reposait sur la raison computationnelle qui portait à voir des rapports jusque là insoupçonnés, à savoir des rapports calculés. Mais l'artefact informatique ne fait que proposer des rapports, et ces derniers sont virtuels tant qu'une action de réécriture ne les actualise pas. Par conséquent, il est nécessaire, pour mettre en évidence cette raison computationnelle, pour tester notre hypothèse selon laquelle tout mode d'être ensemble doit posséder comme corrélat un mode de synthèse particulier, c'est-à-dire des objets pensés spécifiques, il est nécessaire, donc, d'observer quelles sont les réécritures qui correspondent à ces rapports computationnels. Autrement dit, il est nécessaire de doter l'artefact informatique de fonctionnalités de réécriture pour que les rapports computationnels proposés s'actualisent et pour que l'on puisse objectiver si les réécritures effectuées renvoient à de nouvelles connaissances ou à de nouvelles structures conceptuelles.

C'est l'objet de notre dernière partie que de présenter l'expérimentation informatique que nous mettons en place pour observer, à travers les réécritures, les manifestations de la raison computationnelle.

4. UNE ETUDE DE CAS : LE DOSSIER PATIENT

4.1 Le problème

Le dossier patient est un ensemble de documents hétérogènes : textes, images, graphiques, tableaux, etc., qui capitalise, à l'échelle d'une structure hospitalière, les informations et connaissances relatives à un patient. Elaboré par chaque service ou unité de soins ayant eu en charge le patient, il est conservé dans les services sous la forme de documents papiers. Le problème principal posé par le dossier est qu'il est physiquement dispersé entre les services et difficilement diffusable. Il ne possède par conséquent qu'une unité toute théorique : il n'existe pas *un* dossier patient, mais *des* dossiers de spécialités dans les services. Le dossier patient est une entité virtuelle, un nom générique donné aux

²⁹ Cette conclusion nous amène à retrouver la notion d'« idiotexte » de Stiegler [1995].

structures documentaires concrètes disséminées dans l'hôpital. L'objectif d'une informatisation est de rendre disponible à tous les acteurs médicaux concernés les informations relatives au patient.

4.2 Le dossier papier

4.2.1 Le dossier comme hyperdocument

Le dossier est un hyperdocument, c'est-à-dire un ensemble de documents formant une unité hyperdocumentaire sans constituer pour autant un document. L'unité hyperdocumentaire provient de la pratique hospitalière pour laquelle le dossier possède une unité pragmatique : c'est l'ensemble des documents dont il faut avoir connaissance pour prendre en charge et traiter un patient. Du fait de cette dispersion physique des documents qui le composent, le dossier ne possède comme unité hyperdocumentaire qu'une unité pragmatique qui ne renvoie à rien d'objectivable.

Si l'on peut parler du dossier comme d'un hyperdocument, c'est que l'informatisation du dossier sous sa forme documentaire (chaque document papier du dossier devient un document électronique) confère au dossier une unité électronique objectivable. Autrement dit, en passant sur le support informatique, le dossier acquiert une unité électronique qu'il ne possédait que pragmatiquement auparavant. Sur le support informatique, on peut voir l'hyperdocument, le manipuler en tant que tel : c'est d'ailleurs ce qui est fait lorsque l'on entreprend de l'instrumenter comme un hypertexte et de lui coupler une navigation hypertextuelle. Sans le support informatique, le dossier n'a pas d'unité objective (sinon qu'au décès du patient, une grande enveloppe permet de rassembler les documents se rapportant au patient : l'être ensemble des éléments du dossier s'objective par leur présence simultanée dans l'enveloppe, alors que leur être ensemble ne consistait jusque là que dans leur utilisation pragmatique).

4.2.2 Navigation et support documentaire

Le dossier papier, comme on commence de s'en apercevoir, autorise (quand il est disponible) une lecture rapide et efficace³⁰ en fonction des objectifs de lecture fixés dans la pratique hospitalière. En effet, le dossier papier est un hyperdocument qui peut s'étaler (comme une table par exemple) et où la position des documents dans cet espace conditionne la signification des informations contenus dans ces documents. Par ailleurs, outre la position dans l'espace, la nature physique du support papier conditionne l'interprétation des informations. Par exemple, si le dossier est étalé en paquets correspondant chacun à une hospitalisation passée, un paquet peu épais renverra à une hospitalisation de routine dont la consultation n'est que peu d'intérêt ; en revanche, un paquet plus épais correspond à une hospitalisation au cours de laquelle des complications

³⁰ Nygren et Henriksson [1992], Tange [1995].

sont survenues et par conséquent elle mérite le détour. Par ailleurs, la couleur plus ou moins jaune du papier indique l'ancienneté de l'hospitalisation : une hospitalisation ancienne étant consultée en dernier (on se souvient de Sherlock Holmes qui s'orientait dans ses archives à leur couche de poussière, d'où l'interdiction féroce à sa femme de charge d'y faire le ménage...).

Autrement dit, les attributs physiques des documents, intrinsèques au support, conditionnent la navigation hyperdocumentaire qu'est la consultation du dossier papier. On constate ici que le support matériel prescrit un parcours hyperdocumentaire et par conséquent un type d'actualisation du sens contenu dans l'hyperdocument. La structure hyperdocumentaire surdétermine la structure scriptoriale des documents.

4.3 Le dossier informatisé

4.3.1 Approche adoptée

Le principe de l'informatisation du dossier est d'adopter une conception intranet pour la diffusion des documents et une conception hypertextuelle pour leur consultation. Il ne s'agit donc pas de considérer que le dossier est une mise en forme linguistique (les dossiers sont rédigés en langue naturelle) et documentaire (le dossier est un ensemble de textes, données, radios, etc.) d'informations médicales élémentaires que l'on pourrait caractériser indépendamment du formatage linguistique et documentaire. L'informatisation du dossier n'est donc pas l'enrôlement dans un schéma de base de données de ces informations élémentaires. Selon l'approche adoptée, au contraire, il est impossible d'appréhender les informations médicales indépendamment du format linguistique et documentaire qui permet de les exprimer. Le type de document et la manière de s'exprimer conditionnent le contenu exprimé. L'approche est donc une approche de type « documentaire » plutôt qu'une approche « base de données » où l'informatisation conserve le format linguistique et documentaire du dossier papier. Seul change le support matériel de l'inscription.

Cette approche documentaire s'adapte de manière évidente à une conception intranet pour la diffusion du dossier : chaque service devient serveur des documents qu'il élabore et client des documents élaborés ailleurs. La consultation revêt la forme d'une navigation hypertextuelle où l'on passe d'un document à l'autre en activant des liens reliant un élément du document consulté à un autre élément du même document ou d'un document différent. L'activation du lien provoque l'affichage à l'écran du document accédé positionné sur l'élément cible du lien.

Le dossier, en se dématérialisant, devient accessible à tous dans sa totalité. Pour la première fois, on peut l'envisager comme un tout concret, visualisable, alors que son unité restait toute virtuelle tant que son support d'inscription n'était pas informatique. Le paradoxe est que, sur un support matériel papier, le dossier est une entité quasi-virtuelle, et

qu'en le dématérialisant, en le rendant virtuel, on le rend réel et effectif comme structure informationnelle. D'une certaine manière, l'informatique introduit davantage de réalité qu'elle ne virtualise, contrairement à ce que les engouements du virtuel laissent trop souvent entendre.

4.3.2 *La désorientation*

Mais se pose alors le problème de la lecture du dossier dématérialisé qui, correspondant à un hyperdocument informatisé, revêt la forme d'une navigation hypertextuelle. En effet, alors que la dématérialisation permet la diffusion, il n'est pas évident que le changement de support du papier à l'informatique, corresponde à une consultation plus aisée du dossier.

Quand on dématérialise le dossier, on perd les aides matérielles à la navigation / consultation apportées par le support papier. On a évoqué plus haut en quoi elles consistaient. La principale perte pour la consultation hyperdocumentaire concerne la spatialité. En effet, la consultation hyperdocumentaire se structure à partir du moment où, étalé sur un espace, l'hyperdocument peut s'appréhender globalement comme un tout : on embrasse sa finitude d'un seul regard et c'est dans ce cadre fini que l'on instrumente la consultation en interprétant la position spatiale dans l'espace comme une prescription interprétative sur le contenu. Puisque la signification est une position dans un réseau de valeurs sémantiques, il est indispensable d'embrasser le réseau dans sa globalité pour attribuer une position et donc une signification au document consulté. Or, il est bien clair que la synopsis globale de l'hyperdocument est perdue lors du passage au support informatique. Le fait que l'on ne puisse étaler les documents électroniques, les feuilleter, en faire des tas, etc., le fait que l'on ne puisse pas appréhender dans sa globalité cet étalement structuré, a pour conséquence que, dans la consultation d'un document, on a perdu la perspective de sa position dans l'hyperdocument si bien que l'on perd les prescriptions interprétatives permettant de donner un sens au contenu du document consulté. Ne pouvant s'orienter dans l'hyperdocument, le lecteur est désorienté quant au sens à donner à ce qu'il consulte³¹.

Par conséquent, le risque qu'il faut encourir quand une informatisation de l'hyperdocument est entreprise, est que l'hypertexte obtenu soit illisible : perdant le lecteur dans la multiplicité des liens possibles qu'il peut activer, l'hypertexte ne lui donne pas les moyens de s'orienter, de définir un sens de parcours (une direction) qui donne un sens (une signification) à son parcours.

Il faut bien remarquer que le problème se pose de manière tout à fait cruciale dans le cas du dossier patient dans la mesure où il ne s'agit pas de la consultation

³¹ Le problème de la désorientation est en fait fort général puisqu'il s'agit du problème de la donation de sens : on est désorienté quand on ne sait plus donner du sens à ce qui nous advient. S'intéresser à la désorientation, c'est s'intéresser au problème du sens : Stiegler [1996].

hypertextuelle d'un livre électronique. En effet, dans le cas d'un livre, il existe un parcours canonique de lecture, des points cardinaux de début et de fin de parcours correspondant à la succession linéaire des pages et des lignes du texte. Même si l'informatisation perd la synopsis globale du livre, la gêne obtenue est surmontable : la lecture, devenue inconfortable, n'est pas impossible puisque tout écran consulté peut être rapporté à une position dans le parcours canonique. Le lecteur n'est par conséquent jamais désorienté puisque, par définition, le livre impose une orientation canonique ; le lecteur dispose toujours de la boussole de la succession linéaire pour interpréter et donner une signification à ce qu'il aperçoit à l'écran. Autrement dit, le format documentaire qu'est le livre est suffisamment contraignant, impose des prescriptions interprétatives suffisantes, pour que la perte de l'appréhension globale de la finitude du livre, la perte des aides à la lecture apportées par la manipulation physique du livre, n'impliquent pas l'impossibilité de la lecture.

Dans un hyperdocument comme le dossier médical, la structure documentaire ne possède pas d'orientation canonique. Le dossier n'est pas un document, il ne possède pas une structure prescrivant une orientation de la lecture. Si le dossier est un hyperdocument et non un document, c'est que l'hyperdocument offre une multiplicité infinie et non hiérarchisée de parcours possible. Le support matériel peut alors compenser ce déficit en prescriptions interprétatives par des aides liées à sa matérialité, comme on l'a vu. A chaque instant, le lecteur s'oriente dans la totalité des parcours possibles en s'appréhendant la globalité de l'hyperdocument et en rapportant sa position courante à cette globalité. Si changement de support supprime cette méthode d'orientation, le lecteur perd le moyen d'interpréter ce qu'il voit, il ne peut plus lire.

4.3.3 *Annotation et calcul*

Pour pallier cette désorientation inhérente à l'informatisation des hyperdocuments, on s'attache, dans certaines expérimentations³², à reproduire sur l'écran des équivalents iconiques des aides matérielles liées au support papier (indices de couleur, taille analogique des dossiers représentant une hospitalisation, reproduction du fait de tourner les pages, etc.). Egalement on tente de suggérer à l'utilisateur une vision d'ensemble de l'hypertexte pour qu'il sache où il en est : par exemple on lui soumet un damier de rectangles colorés, chaque rectangle correspondant à un document, la couleur indiquant qu'on l'a déjà consulté ou non.

Mais, par ailleurs, on gagne la possibilité de déléguer au système le calcul de la navigation ; au lieu qu'il s'agisse de se repérer en fonction de la contiguïté spatiale, il s'agit de se repérer dans la consultation du dossier informatisé en fonction des liens calculés. La *finitude synoptique* du dossier, qui s'offre au regard, doit laisser la place à la

³² Nygren *et alii* [1992].

finitude computationnelle du dossier. Le support informatique peut calculer sur l'ensemble du dossier et proposer via les liens le point de vue synoptique dont a besoin l'utilisateur pour s'orienter. On gagnerait ainsi la possibilité d'appréhender des hyperdocuments dont le volume matériel interdit toute synopsis. Il en est ainsi des hyperdocuments portant sur des systèmes techniques complexes : par exemple, la documentation technique d'un Airbus est aussi volumineuse que l'Airbus lui-même ; à une échelle plus modeste, le dossier patient, devenu complet grâce à la diffusion informatique, est également un hyperdocument fort volumineux (jusqu'à plusieurs centaines de documents) qui requerrait un espace physique, pour être étalé et appréhendé, excédant toute considération pratique. Par conséquent, seule la finitude computationnelle peut venir pallier l'infinitude hyperdocumentaire qui est en train de s'installer du fait du support matériel qu'est le papier et des nouveaux volumes traités. Seule la dématérialisation informatique peut redonner une finitude et par conséquent une orientation possible à des ensembles documentaires excédant nos manières classiques, associées au support papier, de nous orienter.

Force est de constater que, pour le moment, la consultation hyperdocumentaire informatique est encore loin du compte et qu'à volume documentaire équivalent, le support informatique fait moins bien que le support papier pour les raisons évoquées plus haut. Cela n'invalide pas le principe d'une informatisation, mais la manière dont elle se fait. Il s'agit de comprendre en quoi consiste réellement une informatisation et ce qu'apporte le support informatique. Comme nous l'avons dit plus haut, l'informatique est la science du calcul, des algorithmes. Un algorithme est pour nous un rapport déterminé dans le temps comme la figure géométrique est un rapport déterminé dans l'espace. L'algorithme est la figure temporelle et l'informatique la géométrie du temps. Par conséquent, une informatisation va donc substituer à une juxtaposition spatiale, déterminée dans l'espace, une juxtaposition temporelle, déterminée dans le temps. C'est donc ainsi qu'il faut comprendre qu'à la finitude spatiale du regard synoptique se substitue la finitude temporelle du calcul.

L'enjeu de l'informatisation est par conséquent de calculer des moyens de s'orienter pour le lecteur. On peut imaginer que les choses se passent de la manière suivante. L'utilisateur consulte à son écran des éléments d'information. Il possède un objectif de lecture déterminé (la consultation d'un dossier patient obéit à des règles du domaine facilement caractérisables). En fonction de cet objectif et en fonction d'une sélection sur l'écran par l'utilisateur d'éléments d'information pertinents pour sa lecture, le système calcule quel document fournir en montrant quelle partie est pertinente pour l'objectif de lecture déterminé par l'utilisateur.

Si l'utilisateur confirme la pertinence du document fourni et de la sélection proposée, il est possible de conserver les parties sélectionnées au cours de la lecture pour construire un nouveau document correspondant à la lecture effectuée par l'utilisateur

médecin, le document « lectorial ». Chaque étape du parcours, si elle est confirmée par l'utilisateur, participe alors à la construction de ce document lectorial³³.

Ce scénario d'utilisation, aussi simple soit-il, permet de souligner deux choses. Premièrement, le lien est calculé sur l'ensemble de l'hyperdocument. Il tient compte de l'ensemble des informations pour structurer les liens en fonction des objectifs déclarés de la lecture. Deuxièmement, il n'est pas question de lire l'hyperdocument à la place du lecteur : le lien calculé propose un sens de parcours, il ne l'impose pas. Pour deux raisons : la première renvoyant aux considérations ci-dessus sur le fait que les actes interprétatifs d'un lecteur humain ne sont pas d'ordre calculatoire et qu'il n'est pas conséquent pas possible de calculer une lecture ; la seconde tenant au fait que, pour que lecture il y ait, il faut qu'il y ait une actualisation active par le lecteur du sens proposé par le système. Cette actualisation prend la forme de réécriture, dans un sens large : toute procédure associant des unités signifiantes à un élément documentaire en est une réécriture, y compris quand il ne s'agit que d'une partie de cet élément. Par exemple, l'unité documentaire proposée par le lien calculé peut être simplement repris par le lecteur, ou réécrit par lui, ou bien indexé par des mots clefs, etc. La réécriture est donc l'actualisation des orientations proposées par le système. Le lecteur fait sien ce que le système lui propose : le système lui renvoie une image calculée de la globalité du dossier dans à partir de laquelle l'utilisateur s'oriente.

4.3.4 Documents lectoriaux et raison computationnelle

Nous disposons à présent des éléments nécessaires nous permettant de reprendre le problème de la production d'un nouveau sens grâce à la médiation technique de l'outil informatique. En effet, le calcul des liens opérationnalise des règles interprétatives du domaine de spécialité. Ces liens calculés permettent de construire des documents correspondant à la lecture effectuée. Ces calculs permettent par conséquent d'envisager des lectures qui n'ont peut-être jamais été faites dans le dossier. Ces lectures peuvent correspondre à de nouvelles connaissances sur le patient.

Pour le savoir, il faut observer si de nouveaux types de documents d'un dossier patient correspondent à des types de connaissances. Un type de document, dans la pratique hospitalière, renvoie en effet à un type d'action à entreprendre. Par exemple, un compte rendu d'hospitalisation sert de synthèse finale sur une hospitalisation qui facilitera la prise en charge du patient lors d'une hospitalisation future. Un compte rendu d'examen quant à lui correspond à un supplément d'information pour la décision thérapeutique. Si un nouveau type de document apparaît, c'est qu'une nouvelle action possible correspondante s'objective ou apparaît. Supposons par exemple qu'un document lectorial correspondant aux facteurs de risque concernant certaines pathologies apparaisse : cela

³³ Virbel [1994].

signifie que dans le traitement de l'information concernant un patient, une étape nécessaire consiste à objectiver les facteurs de risque, à en faire un compte rendu, et peut déboucher sur des actions d'investigation supplémentaire alors qu'elles n'auraient peut être pas été perçues comme nécessaires sans ce nouveau traitement de l'information.

Le calcul des liens effectués par le système pour proposer des sens de parcours repose sur l'opérationnalisation de principes interprétatifs correspondant à l'utilisation actuelle du dossier. En soi, le calcul ne débouche pas sur une production du sens puisqu'il ne fait qu'opérationnaliser un sens déjà constitué, en le déformant nécessairement par la formalisation qu'il lui impose. Mais la systématique que le calcul apporte, l'exhaustivité qu'il permet à l'échelle du dossier comme totalité, bref, la finitude computationnelle, permet de soumettre au regard de l'utilisateur des complexions symboliques qui, actualisées en vue de son objectif de lecture, vont le faire advenir vers de nouvelles manières d'appréhender le contenu du dossier, et par conséquent de constituer de nouveaux contenus.

La finitude computationnelle permet de rapporter une finitude spatiale inaccessible aux capacités cognitives de l'utilisateur à cause des volumes documentaires mobilisés à une finitude spatiale locale que peut dominer l'utilisateur. Si l'on se souvient que la meilleure manière de traiter un hyperdocument papier est de l'étaler sur un plan matériel pour que sa vision globale permette d'interpréter les positions des documents vis-à-vis de l'ensemble, on constate que l'on conserve la même idée à un niveau local désormais, l'écran. Mais pour qu'il s'agisse toujours d'un traitement hyperdocumentaire, il importe de disposer d'un principe permettant le passage du local au global. Ce principe est le calcul, qui par la finitude computationnelle projette le global dans le local. Par exemple, lorsque l'on calcule une table des matières (ce que doit permettre tout traitement de texte digne de ce nom), c'est bien de cela dont il s'agit : l'appréhension de la totalité du texte, tâche difficile, fastidieuse voire impossible à l'échelle d'un individu, pour en déduire un document de synthèse accessible dans son unité et sa globalité. La table des matières permet d'appréhender le sens de chaque titre en fonction de sa place dans la table. Il est donc nécessaire de pouvoir envisager synoptiquement cette table³⁴.

L'enjeu de l'émergence d'une raison computationnelle est multiple et il est difficile à présent de le déterminer dans la mesure où il nous faut créer ses structures avant de les penser. Mais notre illustration sur le dossier patient permet d'en déterminer au moins un : un enjeu de la raison computationnelle est de créer les instruments techniques permettant de traiter des unités de sens dont la structure est plus faible que le document mais qui néanmoins constitue une unité. On constate aujourd'hui que la seule manière de traiter l'unité hyperdocumentaire est de la rapporter à l'unité documentaire, de traiter les

³⁴ D'ailleurs, une table des matières trop détaillée et par conséquent trop volumineuse est parfois utilement complétée par un sommaire qui, lui, permet une vue synoptique globale.

hyperdocuments comme des livres. Or, dans les cas où l'hyperdocument en est véritablement un, il s'agit d'un appauvrissement et d'une réduction. Par exemple, dans le cas du dossier patient, le considérer comme un livre c'est considérer qu'il existe un parcours canonique de lecture quel que soit le contexte dans lequel on accède au dossier. Or, cela n'est pas exact : le dossier contient un inachèvement constitutif dans la mesure où aucun auteur ne s'est penché sur lui pour lui imprimer une intentionalité auctoriale destinée à un lecteur. Construit par une multiplicité d'auteurs, le dossier consigne des informations auquel le lecteur donnera un sens dans son contexte de lecture : c'est lui qui devra apporter l'intentionnalité auctoriale et qui reconfigurera les éléments documentaires pour leur donner une textualité correspondant à sa lecture³⁵. Un enjeu de la raison computationnelle est donc de donner du sens en l'instrumentant à ce qui peut en avoir alors que personne encore n'y en a mis. Le jeu des diverses réécritures entreprises par le lecteur font qu'il devient l'auteur de sa propre lecture et qu'il se substitue à un auteur par définition absent dans l'hyperdocument.

5. CONCLUSION

Nous avons tenté dans cet article d'introduire la notion de raison computationnelle en y voyant une extension de la raison graphique. La raison computationnelle correspond à une extension de la rationalité suscitée par l'apparition d'un nouveau type du support : le support dynamique ou calculatoire. La matérialité calculante comme support d'inscription correspond un nouveau type de virtualité du sens, de présence inactuelle du sens. L'hypothèse que nous faisons est que, l'actualisation du sens reposant sur son intégration dans le projet ou l'action du lecteur, la raison computationnelle se manifestera par de nouvelles manières d'agir ou de structurer nos pensées. L'expérimentation autour du dossier patient est destinée à mettre en évidence de telles émergences dans un cadre particulier.

La raison computationnelle appartient donc à la technologie cognitive et non aux sciences cognitives. En effet, la raison computationnelle ne renvoie pas à une raison qui serait computationnelle dans sa structure et dans sa dynamique, mais à une rationalité qui se constitue par la médiation technique du calcul. La raison computationnelle n'est donc en rien un slogan sur la nature de la raison, puisqu'il serait curieux que la raison ait quelque chose comme une nature, mais correspondrait au contraire au nom qu'il faut donner à ce nouveau déploiement du sens que l'esprit rencontre à l'occasion de sa technique.

³⁵ Il ne faut pas en conclure que le dossier se compose d'éléments d'information atomiques qu'un lecteur reformate lors de sa lecture en un texte : le dossier n'est pas une base de données. En effet, il n'est pas possible de déterminer a priori quels sont des éléments atomiques. Par conséquent, on ne passe que de textes en textes : le lecteur extrait à partir des textes constituant l'hyperdocument des éléments pour y construire sa textualité lectoriale. Mais il ne peut le faire que parce que ces éléments sont donnés au sein d'un texte.

En partant du projet classique de l'intelligence artificielle considérée ici depuis l'ingénierie des connaissances, nous sommes donc parvenus à une conception technologique où l'intelligence artificielle consiste en une écriture dynamique computationnelle, une technique du symbolique, qui, en nous proposant de nouvelles configurations symboliques, nous fait advenir à de nouvelles formations du sens. Une IA ainsi comprise comme technologies des artefacts symboliques dynamiques devrait prendre le nom d'« artéfacture »³⁶. Plutôt que de considérer la pensée comme une manipulation algorithmique aveugle de symboles, il vaut mieux, *au nom du sens*, considérer ce que de telles manipulations nous permettent de penser.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUROUX, S., 1995. *La révolution technologique de la grammatisation*. Mardaga.
- BACHIMONT, B., 1994. *Le contrôle dans les systèmes à base de connaissances ; contribution à l'épistémologie de l'intelligence artificielle*. Hermès.
- BACHIMONT, B., 1996. *Herméneutique matérielle et artéfacture : des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser*. Thèse de doctorat de l'Ecole polytechnique en épistémologie.
- BOUVERESSE, J., 1987. *Le mythe de l'intériorité*. Editions de Minuit.
- DELAHAYE, J.-P., 1994. *Information, Complexité, Hasard*. Hermès.
- DERRIDA, J., 1967. Introduction à *L'origine de la géométrie* de Husserl, Presses Universitaires de France, Coll. Epiméthée.
- DERRIDA, J., 1968. *La voix et le phénomène*. Presses Universitaires de France, Coll. Epiméthée.
- DREYFUS, H., 1984. *Intelligence artificielle : mythes et limites*. Flammarion.
- ECO, U., 1985. *Lector in fabula*. Grasset.
- ECO, U., 1992. *Les limites de l'interprétation*. Grasset.
- EISENSTEIN, E., 1991. *La révolution de l'imprimé dans l'europe des premiers temps modernes*. Editions La découverte.
- GÖDEL, K., 1931. « On Formally Undecidable Propositions of The Principia Mathematica and Related Systems I », *Monstashefte für Mathematik une Physik*, 38, 173-198, traduction française dans *Le théorème de Gödel*, Editions du Seuil, Paris, 1989.
- GOODY, J., 1979. *La raison graphique*. Editions de Minuit.
- GOODY, J., 1986. *La logique de l'écriture*. Armand Colin.
- HAUGELAND, J. (ed), 1981. *Mind Design*. The MIT Press.
- HAUGELAND, J., 1989. *L'esprit dans la machine ; Fondements de l'intelligence artificielle*. Odile Jacob.
- HEIDEGGER, M., 1985. *Être et Temps*. Gallimard.
- HILBERT, D., 1972. « Sur l'infini », in Largeault, J. (ed), *Logique : Textes*, Armand Colin.
- HUSSERL, E., 1950. *Idées directrice pour une phénoménologie*. TEL: Gallimard.
- ILLICH, I., 1991. *Du lisible au visible ; Sur l'Art de lire de Hugues de Sain-Victor*. Cerf.
- KANT, E., 1980. *Critique de la raison pure*. Edition de la Pléiade : Gallimard.
- MENDELSON, E., 1987. *Introduction to Mathematical Logic*. Wadsworth and Brooks/Cole.

³⁶ Bachimont [1994, 1996].

- NEWELL, A., 1980. Physical Symbol Systems. *Cognitive Science*, 4, 135-183.
- NEWELL, A., 1990. *Unified Theories of Cognition*. Harvard University Press.
- NYGREN, E. & HENRIKSSON, P., 1992. Reading the Medical Record I. *Computers Methods and Programs in Biomedicine*, 39, 1-12.
- NYGREN, E. & JOHNSON, M., & HENRIKSSON, P., 1992. Reading the Medical Record II. *Computers Methods and Programs in Biomedicine*, 39, 13-25.
- PARTRIDGE, D. & WILKS, Y. (eds), 1990. *The Foundations of Artificial Intelligence: A Source Book*. Cambridge University Press.
- POPPER, K., 1973. *La logique de la découverte scientifique*. Payot.
- PEIRCE, C.S., 1978. *Ecrits sur le signe*. Textes rassemblés, traduits et commentés par G. Deledalle, Editions du Seuil.
- RASTIER, F., 1994. *Sémantique pour l'analyse*. Avec la collaboration de M. Cavazza et A. Abeillé, Masson.
- RIVELAYGUE, J., 1982. *Leçons de métaphysique allemande ; Tome II : Kant, Heidegger, Habermas*. Grasset.
- SCHLICK, M., 1985. « Le vécu, la connaissance, la métaphysique », In Soulez, A. (ed), 1985, *Le manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*, p. 183-197.
- SIEG, W., 1988. « Hilbert's Program Sixty years later », *The Journal of Symbolic Logic*, 53: 2, 338-348.
- SIMPSON, S.G., 1985. « Reverse Mathematics. », dans *Recursion Theory. Proc. Symp. Pure Maths*, XLII, (A. Nerode and R. Shore eds), Amer. Math. Soc. Providence.
- SIMPSON, S.G., 1988. « Partial Realizations of Hilbert's Program », *The Journal of Symbolic Logic*, 53:2, 349-363.
- SOULEZ, A., 1985. *Manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*. Presses Universitaires de France.
- SOWA, J., 1984. *Conceptual Structures*. Addison Wesley.
- STIEGLER, B., 1996, « La technique et le temps ; Tome 2 : la désorientation », Galilée.
- STIEGLER, B., 1995, « Le défaut qu'il faut », *Césure*, 5, 233-278.
- TANGE, H.J., 1995. The paper-based patient record; Is it really so bad? *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 48, 127-131.
- TURING, A.M., 1936, « On computable Numbers, with an application to the EntscheidungsProblem », *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2:42, 230-265, traduction française dans *La machine de Turing*, Editions du Seuil, Paris, 1995.
- VIRBEL, J., 1994. Annotations dynamiques et lecture expérimentale : vers une nouvelle glose ? *Littérature*, 96, 91-105.
- WINOGRAD, T. & FLORES, F., 1989. *L'intelligence artificielle en question*. Presses Universitaires de France.

1. INTRODUCTION.....	1
2. LE FORMALISME COMME SCIENCE.....	4
2.1 FORMALISATION ET OPERATIONALISATION DES CONNAISSANCES.....	4
2.1.1 <i>Le formalisme logiciste</i>	4
2.1.2 <i>Le formalisme computationnel</i>	6
2.2 DEFAUTS DES MODELES FORMELS	7
2.3 PROPRIETES DES MODELES FORMELS	9
2.4 PERSPECTIVES.....	11
3. LE FORMALISME COMME TECHNIQUE.....	11
3.1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES COGNITIVES.....	11
3.2 PRINCIPES DE LA CONSTITUTION TECHNIQUE DU SENS	12
3.2.1 <i>La raison graphique</i>	12
3.2.2 <i>Raisons orale, graphique, et computationnelle</i>	14
3.2.3 <i>Virtualité et actualité du sens</i>	16
3.2.4 <i>Parole et écriture</i>	17
3.2.5 <i>Réécriture et raison computationnelle</i>	19
4. UNE ETUDE DE CAS : LE DOSSIER PATIENT.....	19
4.1 LE PROBLEME.....	19
4.2 LE DOSSIER PAPIER	20
4.2.1 <i>Le dossier comme hyperdocument</i>	20
4.2.2 <i>Navigation et support documentaire</i>	20
4.3 LE DOSSIER INFORMATISE.....	21
4.3.1 <i>Approche adoptée</i>	21
4.3.2 <i>La désorientation</i>	22
4.3.3 <i>Annotation et calcul</i>	23
4.3.4 <i>Documents lectoriaux et raison computationnelle</i>	25
5. CONCLUSION.....	27
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	28