

NOUVEAU OUTILS INFORMATIQUES : L'APPORT D'UNE DISCIPLINE

Jean-Pierre Treuil ^a

I - INTRODUCTION

Il est banal de dire que l'informatique est un instrument de la recherche scientifique. Mais peut être qualifié d'instrument, d'une façon générale, tout ce qui permet de penser une réalité, de construire des représentations de cette réalité et de les communiquer à autrui, bref, **de construire des modèles**.

Les communications de ce forum sont essentiellement centrées sur les modélisations stochastiques et dynamiques, qui occupent quatre demi-journées. Les aspects de modélisation "statique" de l'information dans un but de gestion n'en occupent qu'une seule. Il est donc important de développer le premier aspect. Dans ce résumé écrit, nous allons cependant essayer d'apprécier l'évolution du statut de l'informatique dans la panoplie des outils de modélisation dans son sens le plus large.

Au départ un ordinateur est une machine à calculer. Les calculs que la machine exécute sont définis ailleurs, et ce sont les mathématiques qui en déterminent la conception et le formalisme. Il n'est pas étonnant que l'informatique soit vue par beaucoup comme "l'instrument de l'instrument". Mais aujourd'hui les sciences du calcul sont une discipline scientifique à part entière, et dans le mouvement général d'échanges qui parcourt la science, on ne peut plus en négliger les concepts et les méthodes. Retraçons brièvement l'histoire de ces échanges, en distinguant pour structurer le propos trois aspects de l'Informatique :

- l'informatique comme science de la calculabilité.
- l'informatique comme science et technique du codage, de la structuration et du stockage des informations et des connaissances.
- l'informatique comme "science du monde conçu comme calculateur".

^a - Orstom, laboratoire d'informatique appliquée
32, Avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy Cedex, France

II - L'INFORMATIQUE, SCIENCE DE LA CALCULABILITÉ

Les premiers ordinateurs sont nés avec la participation effective de mathématiciens et de logiciens qui, suite aux travaux de Gödel sur les fondements des mathématiques, avaient dégagé les bases théoriques de la programmation (Ganascia, 1990). Tout programmeur s'est au moins une fois posé cette question: de quelles instructions mon langage doit-il disposer au minimum pour que je puisse programmer le calcul de n'importe quelle fonction, aussi compliquée soit elle. La réponse est donnée par la théorie de la calculabilité. Cette dernière fournit un ensemble de modèles de calculateurs - tels la machine de Turing - et en montre l'équivalence formelle. Cet ensemble de modèles équivalents définit un horizon semble-t-il indépassable (thèse de Church) en matière de calculs, et fixe ainsi de façon formelle ce qu'est une fonction calculable.

Tout langage de programmation se conformant à ces modèles est universel. Il permettra de calculer en un temps fini la valeur $F(x)$ d'une fonction calculable définie en x . Mais ce temps fini n'est pas nécessairement un temps raisonnable, à l'échelle humaine, ni même à l'échelle de l'Univers. L'algorithmique, la théorie de la complexité des algorithmes, a précisément pour objectif de cerner l'ordre de complexité d'un problème et d'estimer l'ordre de grandeur du nombre d'opérations nécessaires à sa solution. C'est là un apport à ne pas négliger.

III - L'INFORMATIQUE COMME SCIENCE DE LA STRUCTURATION DES INFORMATIONS ET DES CONNAISSANCES

Le terme français d'Informatique (contrairement au terme anglo-saxon de Computer Sciences) souligne les liens de la discipline avec les sciences de l'information. Traiter de l'information, c'est effectuer des calculs. Ce postulat est posé d'emblée. De nombreux concepts liés aux problèmes de structuration de l'information sont ainsi passés dans nos pratiques quotidiennes.

A- Les bases de données

Le concept de base de données en est un premier exemple. L'idée maîtresse est de séparer informations d'une part, traitements de l'autre, en remarquant qu'un ensemble d'informations a souvent pour vocation d'être utilisé par plusieurs traitements différents dans leurs méthodes et leurs finalités. Dès lors réfléchir à la meilleure façon de structurer ces informations, pour elles même et compte tenu de leurs liens intrinsèques, indépendamment de telle ou telle utilisation, prend un sens. On sait la fortune de cette idée, dont la concrétisation industrielle, dans les années 80, a été celle des SGBDR. Il est frappant de voir

dans ce colloque la conviction avec laquelle deux auteurs utilisent le modèle entité relation pour mettre sur pied un Système d'Information Scientifique. Je partage d'ailleurs leur conviction, même si elle me pose question, alors que des principes de structuration plus généraux, issus des conceptions objets, nous fournissent peut-être de nouveaux instruments.

B- Langages et systèmes de gestion orientés objets

Le fondement des conceptions objets est le suivant : Si la séparation entre traitements et informations doit rester un acquis (on en retrouve d'ailleurs le principe dans les architectures dites "clients serveurs"), il n'en reste pas moins qu'une information, un vecteur de données, est toujours attachée dans la réalité à une entité susceptible d'être affectée par un ensemble de transformations limitées qui lui sont spécifiques. Dès lors pourquoi ne pas associer dans un "objet" informatique, les données décrivant l'entité et les procédures représentant ses primitives de transformation. Un objet va donc être spécifié par des **attributs** descriptifs et des **méthodes** capables d'effectuer des calculs sur les valeurs de ces attributs et en fonction des arguments qu'on lui transmettra par message. L'objet devient par là même "actif", susceptible de participer de façon autonome à des processus complexes mettant en oeuvre d'autres objets. Cette conception s'est introduite d'abord dans les langages de programmation. Elle tend à pénétrer le monde des bases de données: sont apparus ainsi les systèmes de bases de données orientés objets (SGBDOO), qui se présentent comme les S.G.B.D. de l'avenir.

C- Les "bases de connaissances"

Les bases de données sont des bases de faits, à partir desquels le chercheur tente de raisonner. Aux bases de faits ont donc été associées des bases de règles, atomes de raisonnement permettant d'inférer des propositions, des diagnostics à partir des faits observés. Ce courant s'est popularisé dans les systèmes experts. Les "Bases de connaissances" vont plus loin dans le même sens. Un Système à Base de Connaissance comprend :

- un modèle du domaine, à savoir les termes employés pour décrire les faits et les relations entre ces termes (par exemple, les noms de mesures, les entités auxquelles elles s'attachent, les types et les fourchettes de valeurs possibles, etc).
- une base de règles.
- des modèles de raisonnement, c.a.d des connaissances sur la façon d'enchaîner les règles pour résoudre différents types de problèmes.

Le thème des Systèmes à Base de Connaissances (langages de représentation des domaines, modèles de raisonnement) fait l'objet de recherches intensives en IA. Les problèmes de diagnostic (et, dans les domaines naturalistes, l'identification des espèces) constituent un de leur champs d'application privilégiée.

D- Les bases de documents

Toutes ces approches ont en arrière plan l'objectif d'une exploitation des connaissances par la machine. Il s'agit de pouvoir répondre à des requêtes complexes et au delà, dans les bases de connaissances, de résoudre automatiquement des problèmes. Ces objectifs font que les connaissances y sont décrites dans un langage formalisé, terme opposé à celui de langage naturel. Hors c'est bien dans ce dernier que sont cumulées et transmises la plupart des connaissances sous forme de textes, d'ouvrages, de documents divers. Après des années d'effort pour faire entrer données et connaissances sous des formes qui les rendent exploitables automatiquement, c'est bien ce contexte de résolution de problème qui est familier. Mais la capacité qu'ont acquise les systèmes informatiques de gérer des documents de toutes natures, l'amélioration des **interfaces hommes machines** ont rendu possible le développement d'un autre rapport avec la connaissance, celui de la "prise de connaissance exploratoire". L'idée déjà ancienne des hypertextes, en tant que "modèle" d'associations et de **navigation** entre éléments d'information, a été réactualisée par ces techniques, et l'explosion des CD ROM et des serveurs WWW en sont des manifestations importantes. Il n'y a pas bien entendu de frontière étanche entre les deux contextes, dont le rapprochement au sein de systèmes hybrides est désormais une réalité.

III - L'INFORMATIQUE COMME SCIENCE DU MONDE "CONÇUE COMME CALCULATEUR"

Par le postulat de son équivalence avec le traitement de l'information, le calcul devient le principe permettant de modéliser la façon dont les êtres humains **connaissent** le monde dont ils font partie. Cette idée qui a fait partie de la "Cybernétique" a irrigué l'Intelligence Artificielle et ses différents courants et fait l'objet de nombreux débats en Sciences Cognitives.

Mais le paradigme informatique (Levy, 1987) va plus loin, en affirmant que le concept de calcul modélise **directement** la réalité du monde et les interactions qui y ont lieu. Les interactions des atomes au sein d'une molécule, des neurones dans le cerveau, les rapports entre espèces au sein d'un écosystème, la circulation des idées dans une société sont ainsi considérés comme autant de processus

calculatoires mettant en oeuvre des objets s'échangeant des messages. Ce passage d'une vision méthodologique de l'Informatique à une vision ontologique (Levy, 1987)] n'est pas seulement source de débats théoriques. Il sous-tend, sans qu'on en soit toujours conscient, toute une approche de la **simulation** qui n'est pas nouvelle mais qui a pris ces dernières années, avec la programmation objet et les "systèmes multi-agents " un développement important. C'est l'approche de "l'expérimentation sur mondes artificiels" encore nommée "**laboratoires virtuels**". Elle reprend l'acquis de tout un ensemble de modèles génériques élaborés pour rendre compte de **dynamiques complexes**, tels les automates cellulaires, les réseaux booléens, les algorithmes génétiques, les systèmes de classifieurs, etc.

L'utilisation de ces méthodes, auxquelles le L.I.A. s'intéresse particulièrement, n'est pas sans risque méthodologique et ne saurait être "hégémonique". Une vraie réflexion épistémologique s'avère à notre avis nécessaire, pour qu'elles puissent développer toutes leurs potentialités.

Selon GB Vico "Dieu, seul connaît le Monde, car il l'a fait" Simuler le monde sur un ordinateur, sous forme d'un monde artificiel, peut paraître l'apogée du "Verum Factum"(Dupuy, 1994), selon lequel on ne connaît que ce que l'on fait. Ce type de simulation apporterait en somme la connaissance du monde en offrant à l'homme la possibilité de le recréer. L'expérience montre que les choses ne sont pas si simples. Le programmeur est effectivement le "dieu" du monde artificiel que fait vivre son programme. Il n'est pas un événement qui ne soit la conséquence de son action, et dont il ne puisse garder trace. Est-ce à dire que le programmeur comprend ce qui s'y passe ? En réalité, la complexité des processus impose une limite à la compréhension, et le programmeur se trouve devant son monde dans la même situation que devant le monde réel, à savoir devant quelque chose d'extérieur dont il doit se construire une représentation.

Cet écueil qu'on peut appeler l'écueil du réalisme, peut être évité si le programmeur considère que le rôle du monde artificiel n'est pas de "ressembler" à la réalité, mais d'en être une *abstraction forte capturant l'essentiel des phénomènes étudiés*. Plutôt que de vouloir reproduire la réalité, le programmeur utilisera la méthode pour expérimenter une variété de **mondes possibles**, pour en étudier les formes et la viabilité .

C'est le moment de mentionner les contextes d'**émergence**, où l'explication d'un phénomène à une certaine échelle, celle des discontinuités et des **transitions** qui s'y manifestent, n'est possible qu'en intégrant les interactions entre éléments d'une échelle plus fine et les liens entre les deux échelles. Dans les systèmes complexes, ces liens d'émergence ne sont pas toujours réductibles

par analyse mathématique, et même lorsque de telles analyses sont possibles, l'expérimentation de fait des phénomènes peut s'avérer indispensable pour étudier certains aspects et en explorer la variabilité. La méthode des mondes artificiels s'avère alors particulièrement adaptée.

BIBLIOGRAPHIE

- DUPUY (J.P.), 1994 - *"Aux origines des Sciences Cognitives"* Editions la Découverte.
- GANASCIA (J.B.), 1990 - *"L'âme-machine" "Les enjeux de l'intelligence artificielle"* Seuil.
- LEVY (P.), 1987 - *"La machine Univers. Création Cognitives et Culture Informatique"* "Science et Sociétés" Editions la Découverte.