

Un enseignement pluridimensionnel de l'informatique

Félix PAOLETTI

Maître de Conférences

Département de Recherche en Informatique

Université Paris 6

4, Place Jussieu

75005 Paris

Tél. 44275877

Fax. 44276286

Mail: fpao@ccr.jussieu.fr

INTRODUCTION

Quoique de création récente, l'informatique représente aujourd'hui une réalité protéiforme. C'est évidemment une science, à laquelle se trouve associé tout un ensemble de techniques. Mais c'est aussi un phénomène de société de grande ampleur aux implications multiples et aux conséquences souvent non maîtrisées.

Les activités d'enseignement, et parfois même de recherche, sont essentiellement centrées sur les aspects techniques. Par contre la dimension scientifique est souvent négligée ; quant à l'aspect sociétal, il est généralement ignoré.

Or, il devient de plus en plus évident que la maîtrise du développement scientifique et technique passe par une étude et une compréhension des interactions "Science-Technique-Société".

Sans vouloir remettre en cause la nécessité des enseignements disciplinaires, il nous semble cependant évident que l'absence d'un enseignement visant à prendre en compte la totalité du réel, dans toutes ses déterminations et dans toute sa complexité constitue une lacune essentielle de notre système de formation (secondaire et supérieur). La prise en considération de la dimension sociétale de l'informatique conduit à étudier les interactions entre les deux parties du diptyque "Informatique-Société" et permet :

- d'explicitier quels sont les facteurs d'ordre économique, politique, social, culturel qui ont influé sur la naissance et l'essor de l'informatique ;
- de comprendre quelles sont les conséquences d'ordre économique, politique, social, culturel engendrées par le développement de l'informatique sur la société.

Un tel enseignement peut contribuer à la réalisation de l'objectif essentiel de l'école qui est de former des citoyens, personnes cultivées, capables de comprendre le monde dans lequel ils vivent et d'avoir prise sur la réalité, de la transformer par une utilisation rationnelle, critique et intelligente des sciences et des techniques ainsi que par une pratique démocratique.

Une approche non réductrice de l'informatique implique donc la prise en compte d'une triple dimension :

- la dimension scientifique ;
- la dimension technique ;
- la dimension sociétale.

La présentation de ces différents aspects fera l'objet de la première partie de cet exposé.

Dans une deuxième partie nous nous attacherons à étudier les différentes composantes de la science informatique.

LE LA SCIENCE INFORMATIQUE A LA SOCIÉTÉ INFORMATISÉE

1 La dimension scientifique

L'informatique est un néologisme créé, en 1962, par Philippe Dreyfus à partir des termes "Information" et "Automatique".

En 1966, l'Académie française a défini l'informatique comme la "Science du traitement rationnel, notamment par des machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux."

Une information désigne, par définition, un ou plusieurs événements parmi un ensemble fini d'événements possibles.

Le traitement de l'information, au sens large, constitue une part importante de l'activité humaine et est aussi ancienne que l'homme lui-même.

La notion de traitement recouvre différents types d'opérations portant sur l'information: la collecte, la formalisation, la mémorisation, la transformation, l'édition, la transmission, la diffusion, l'interprétation.

C'est à partir de ces définitions que nous préciserons, dans la deuxième partie, la structure de la science informatique.

2 La dimension technique

Le champ d'application des techniques informatiques ne cesse de s'élargir. Dans un premier temps les ordinateurs ont été utilisés essentiellement pour faire des calculs (universités et centres de recherche, applications militaires). Par la suite, dès la fin des années cinquante, l'informatique est utilisée pour faire du traitement de l'information sous forme de données alphanumériques (plus particulièrement en gestion). A partir du milieu des années soixante-dix et tout au long des années quatre-vingt les systèmes informatiques sont utilisés dans des applications de plus en plus variées pour faire du traitement de l'information sous toutes ses formes (données, textes, images, sons) et deviennent aussi des machines à communiquer.

Grâce au développement des recherches (systèmes experts, reconnaissance des formes et infographie, représentation des connaissances, logiciels interactifs et communication homme-machine...) un nombre de plus en plus grand d'activités humaines peuvent être formalisées et automatisées. Selon les applications, cette automatisation est, soit totale, soit le plus souvent partielle dans la mesure où les systèmes interactifs homme-machine tendent à se développer de plus en plus.

Ainsi, l'informatique est aujourd'hui au cœur des "technologies" de l'information et de la communication.

Or, ces "technologies" se différencient des autres techniques dans la mesure où elles présentent un triple aspect : "universel", "intellectuel" et "opérationnel".

L'universalité de ces "technologies" est liée à leur caractère transversal. Elles pénètrent progressivement l'ensemble du tissu social et sont virtuellement utilisables dans tous les

secteurs d'activité et pour toutes les fonctions, dans les usines et les bureaux comme dans les foyers.

L'aspect intellectuel de ces "technologies" réside dans le fait que tout utilisateur d'un système informatique ou informatisé doit développer une activité intellectuelle ; il doit faire appel à des processus cognitifs (représentation, abstraction, mémorisation, raisonnement, prise de décision...).

Enfin, par l'intermédiaire du système informatique l'homme a prise sur le réel : concevoir et produire des biens et des services, faire de la recherche, communiquer, s'informer, se faire aider dans les prises de décision, etc. Cette possibilité de modifier le réel confère bien à l'informatique un caractère opérationnel.

Actuellement, aucune autre technique ne présente l'ensemble de ces caractéristiques. Ceci tient au rôle essentiel que joue l'information dans les systèmes techniques ainsi que dans l'organisation et le fonctionnement des êtres vivants et des sociétés. D'où l'intérêt tout particulier, de l'étude des interactions entre l'informatique et la société.

3 La dimension sociétale

Tout au long des années soixante-dix il est apparu que le développement de l'informatique et l'informatisation multiforme de la société posaient avec de plus en plus d'acuité tout un ensemble de problèmes d'ordre juridique (protection de la vie privée et des libertés, sécurité des systèmes informatiques et propriété des logiciels...), d'ordre économique (productivité des entreprises, indépendance industrielle...), d'ordre social (organisation et conditions de travail, emploi, qualifications, formation...), d'ordre culturel (formes d'appréhension du réel, accès au savoir, communication, création...).

Ce champ d'étude nous pourrions l'appeler aussi : "Epistémologie et technologie de l'informatique" (épistémologie et technologie étant pris ici dans leur sens étymologique : étude, discours sur la science et la technique).

On peut essayer de structurer ce champ en considérant cinq axes de réflexion que nous présenterons sous forme de problématiques.

1 - Histoire et épistémologie de l'informatique.

- Quels sont les recherches scientifiques et techniques qui ont conduit à l'élaboration des concepts de l'informatique et à la réalisation des machines (calculateurs puis ordinateurs) ? Quels est le contenu de ces concepts ? Aux différentes étapes de ce processus de formation de la science informatique quel a été le rôle des conditions économiques, sociales, politiques et culturelles ?

2 - Informatique, libertés et démocratie.

- Le développement des fichiers et des traitements informatisés nominatifs peut-il porter atteinte à la vie privée et aux libertés ? L'informatique remet-elle en cause la répartition et l'équilibre des pouvoirs ? Comment se posent, pour un pays comme la France, les problèmes d'indépendance technologique et de démocratie ? La loi française "Informatique et libertés" offre-t-elle toutes les garanties souhaitables ? Comment cette loi est-elle appliquée ? Les avancées techniques (réseaux

numériques, multimédia,...) peuvent-elles être prises en compte par la loi de 1978 ?

Comment réglementer les flux transfrontières de données nominatives ?

3 - Informatique et enjeux économiques.

- Quelle est l'importance économique de l'industrie de l'informatique (mondiale, européenne, française) et quelles sont ses perspectives de développement ? Comment l'informatisation de la société peut-elle contribuer à la relance et à l'expansion de l'économie ? Une politique nationale en matière d'informatique et d'informatisation est-elle une nécessité ? Dans la mesure où la délinquance informatique risque de porter atteinte à l'efficacité de l'informatisation, de quels moyens dispose-t-on pour la combattre ? Les lois relatives à la fraude informatique et à la protection des logiciels sont-elles suffisantes ? Les formations à l'informatique (nombre de diplômés, contenu des enseignements) sont-elles en mesure de répondre aux évolutions et aux mutations de la profession ainsi qu'aux exigences de l'informatisation ?

4 - Informatique et enjeux sociaux.

- L'introduction de l'informatique dans le monde du travail peut-elle se ramener à un simple processus technique ? L'informatisation impose-t-elle un déterminisme technologique ? L'informatisation-automatisation n'entre-t-elle pas en contradiction avec la pérennisation des formes traditionnelles d'organisation du travail (Taylorisme-Fordisme) ? L'informatisation nécessite-t-elle des qualifications polyvalentes ? Quel peut être l'apport de l'ergonomie et de la formation à l'amélioration des conditions de travail des utilisateurs de systèmes informatiques ? Comment informatiser sans exclure ? sans réduire l'emploi ? Comment concevoir un processus d'informatisation qui prenne en compte, non seulement les impératifs techniques, mais aussi la dimension sociale ? Comment réglementer le développement des systèmes informatisés de contrôle et de surveillance des travailleurs ?

5 - Informatique et enjeux culturels.

L'informatique modifie-t-elle fondamentalement notre façon d'appréhender le réel ainsi que nos modes de pensée ? Quel est son impact sur notre façon d'accéder à l'information, de communiquer, d'acquérir des savoirs et des savoir-faire, de créer ?

II. REALITE ET STRUCTURE DE LA SCIENCE INFORMATIQUE

Partant des définitions de la science informatique que nous avons vues dans la première partie, nous allons essayer de préciser les différents éléments qui permettent de caractériser un champ scientifique à savoir : le paradigme, l'objet, les méthodes, les concepts, les notions.

1 Le paradigme informationnel

La notion de paradigme, plus particulièrement en physique, a été développée et précisée par Thomas Kuhn⁽¹⁾. Un paradigme est un **modèle général** qui englobe les théories, les lois, les méthodes, les applications et les dispositifs expérimentaux permettant, à une époque donnée, de développer la connaissance scientifique d'un domaine du réel.

L'ensemble des paradigmes constitue une vision du monde. On peut ainsi parler des paradigmes copernicien, gravitationnel, énergétique, relativiste, quantique, informationnel.

Un moment décisif dans la constitution du paradigme informationnel peut être situé dans les années quarante de notre siècle avec l'apparition des théories de la cybernétique et de l'information (Mc Culloch, Pitts, Wiener, Shannon). Par la suite, la naissance et l'essor de l'informatique (Turing, Von Neumann) ainsi que des théories et des techniques de la communication allaient donner à ce paradigme toute sa dimension conduisant à une prise de conscience du caractère universel de l'information.

Si l'on considère les paradigmes énergétique et informationnel on voit apparaître entre eux une certaine complémentarité.

En effet, selon le deuxième principe de la thermodynamique l'évolution de tout milieu isolé s'accompagne nécessairement d'un accroissement d'entropie et tend vers un état d'équilibre caractérisé par l'uniformisation et le désordre.

Considérons maintenant l'expérience imaginée par le physicien anglais J.-C. Maxwell. Un système isolé est constitué de deux récipients séparés par une paroi. L'un des récipients contient un gaz chaud, l'autre un gaz froid. Si l'on troue la paroi, on supprime une contrainte et le système évolue vers un nouvel état d'équilibre avec une augmentation de l'entropie. La transformation inverse est-elle possible ? Autrement dit, est-il possible qu'un "démon de Maxwell" trie les molécules chaudes et froides et les dirige chacune vers le bon compartiment ? Le deuxième principe de la thermodynamique interdit que cette séparation puisse se faire sans intervention extérieure, car elle ferait diminuer l'entropie d'un système isolé.

En fait, le "démon de Maxwell" pourrait être un dispositif de traitement de l'information qui serait capable de trier les molécules ; il remettrait ainsi de l'ordre et ferait diminuer l'entropie. L'acquisition d'information sur un système physique correspond donc à un état plus bas de l'entropie du système et l'on aboutit à une formulation du deuxième principe de la thermodynamique : l'entropie mesure le manque d'information sur la structure réelle d'un système.

Cette complémentarité des deux paradigmes (énergétique, informationnel) nous la retrouvons dans pratiquement tous les systèmes techniques modernes qui comportent des circuits de puissance contrôlés par des dispositifs de traitement de l'information.

Cette dualité énergie-information est également à la base du fonctionnement des êtres vivants. Si, enfin, nous parlons du traitement rationnel de l'information nous pouvons considérer, dans une première approche, que celui-ci est l'apanage de l'homme et des systèmes informatiques.

(1) Thomas Kuhn : "La structure des révolutions scientifiques", Ed. Flammarion, 1983.

2 L'objet et les méthodes de la science informatique

Comme toute science, l'informatique a un objet d'étude : **le traitement automatique de l'information**. Comment faire traiter de l'information par des machines ? De l'étude de cette réalité qu'est l'information on dégage les concepts et les méthodes qui permettent de comprendre ce domaine du réel et d'agir sur lui à l'aide d'une machine spécifique : l'ordinateur. Notons cependant que le degré d'automatisation des processus de traitement de l'information est très variable. Avec l'apparition de logiciels interactifs (à partir du milieu des années soixante-dix) on a vu se développer des systèmes homme-machine pour des applications de plus en plus variées et diversifiées avec un partage des tâches entre l'ordinateur et l'être humain.

Ses méthodes, l'informatique les puise pour l'essentiel dans les mathématiques et les sciences exactes : démarches logico-déductives et expérimentales. Cependant, pour analyser une situation à informatiser par exemple, l'informatique fait appel aux méthodes des sciences sociales. Avec le développement de l'Intelligence Artificielle et des Sciences Cognitives, l'informatique est conduite à utiliser aussi les méthodes des sciences humaines (psychologie cognitive par exemple). Cette multiplicité des méthodes n'est pas étonnante étant donné que l'informatique est une discipline carrefour. Ces méthodes, puisées à différentes sources, l'informatique les a évidemment adaptées à ses propres finalités.

3 Les concepts fondamentaux

Pour pouvoir être traitée automatiquement l'information, par un processus de représentation, doit être formalisée, modélisée sous forme d'un ensemble structuré. Le premier concept fondamental est donc celui de **“formalisation-modélisation de l'information”** auquel se rattachent, entre autres, tous les problèmes de calculabilité.

Le second concept fondamental a trait à l'artefact qui va effectuer automatiquement le traitement de l'information. Nous dirons que ce concept est celui **“d'architecture (matérielle et logicielle) des systèmes de traitement automatique de l'information”**. En effet, en 1945, quand J. Von Neumann élaborait la notion de programme enregistré⁽²⁾ il définissait une nouvelle architecture de machine qui permettait de passer du calculateur universel à l'ordinateur. Les problèmes d'architecture sont du domaine des théoriciens (Turing, Von Neumann) et non de celui des techniciens. Aujourd'hui à côté des machines à “architecture de Von Neumann” on voit se développer des ordinateurs à architectures parallèles. Les problèmes d'architecture de réseaux et de systèmes répartis (ordinateurs centraux-réseaux-micro-ordinateurs) font également l'objet de recherches très poussées. Notons enfin l'apparition d'architectures nouvelles avec les “réseaux connexionnistes”. Les recherches dans le domaine des architectures vont souvent de pair avec les études sur la structure et le fonctionnement du cerveau humain.

Ces deux concepts fondamentaux permettent de couvrir l'ensemble du champ de recherche défini par l'objet d'étude de la science informatique .

4 Les concepts opérationnels

(2) J. Von Neumann : “First Draft of a Report on EDVAC”.

A partir de ces deux concepts fondamentaux seront élaborés d'autres concepts que nous diront opérationnels tels que :

- structure de données ;
- algorithme ;
- programme ;
- objet.

Certains de ces concepts sont propres à la science informatique, d'autres sont empruntés à des disciplines ou des domaines connexes avec, en général, une modification de leur contenu.

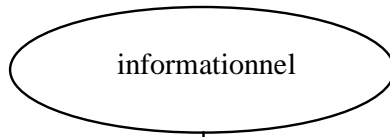
5 Les notions

A chacun de ces concepts se rattache tout un ensemble de notions. Par exemple au concept de programme on associe les notions de variable, d'affectation, de structure de contrôle,...A celui d'objet on associe les notions de classe, d'instance, d'encapsulation, d'héritage,...

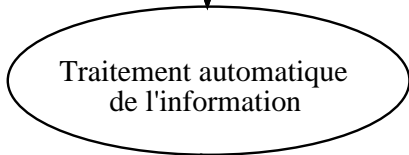
Le schéma suivant permet d'avoir une vue synthétique des différents éléments constitutifs de la science informatique.

La science informatique

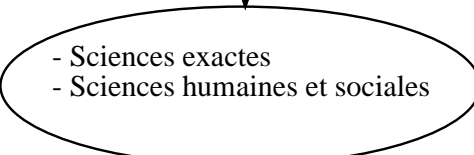
Paradigme



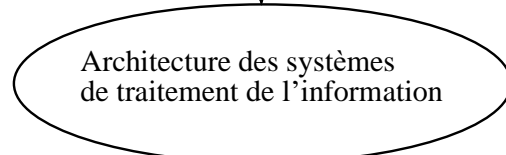
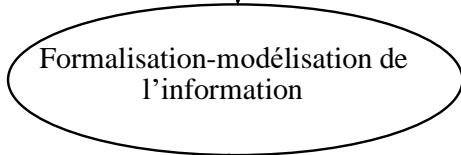
Objet d'étude



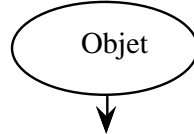
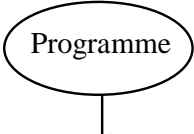
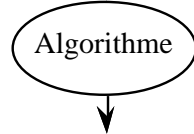
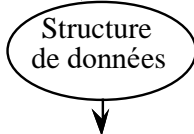
Méthodes



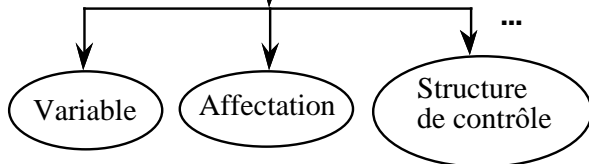
Concepts fondamentaux



Concepts Opérationnels



Notions



CONCLUSION

Aujourd'hui, l'enseignement de l'informatique, à tous les niveaux des cursus scolaires et universitaires doit prendre en compte la triple dimension de cette discipline. Si, dans l'enseignement supérieur, les choses évoluent progressivement dans ce sens, il n'en est pas de même dans l'enseignement secondaire.

Comme pour les autres disciplines scolaires il est indispensable d'établir des programmes de collège et lycée permettant une acquisition (théorique et pratique) progressive des concepts et notions de l'informatique ainsi qu'une maîtrise de ses techniques de base et le développement d'une réflexion critique par la prise en compte de la dimension sociétale.

L'élaboration de ces programmes (enseignements obligatoires et optionnels) est un travail de longue haleine nécessitant l'intervention et la collaboration de nombreux protagonistes. Le terrain n'est cependant pas vierge. Les résultats des expériences et des différents plans d'introduction de l'informatique à l'école, les nombreux travaux et rapports qui se sont succédés depuis bientôt un quart de siècle doivent servir de base à l'élaboration d'un ensemble de programmes cohérents permettant aux élèves de progresser, année après année, dans la connaissance et la maîtrise de l'informatique.

Le contenu et l'approche pédagogique des concepts de la science informatique et des enjeux de société ainsi que les pratiques d'acquisition des techniques informationnelles devront être adaptés à l'évolution des capacités intellectuelles des élèves tout au long du cursus scolaire. Le fonctionnement de l'ordinateur, les problèmes "Informatique et libertés", par exemple, ne peuvent être traités de la même façon (contenu, pédagogie) en classe de 4ème et en classe de 1ère. Ceci est d'ailleurs vrai pour toutes les disciplines scolaires.

Il est évident que l'introduction et le développement d'un tel enseignement de l'informatique dans les lycées et collèges impliquent une formation des enseignants prenant en compte les différents aspects de l'informatique et ce, tant en formation initiale qu'en formation continue

BIBLIOGRAPHIE

J. ARSAC,

“Les machines à penser : des ordinateurs et des hommes”,
Ed. Seuil, 1987.

G.L.BARON, F.PAOLETTI, R.RAYNAUD,

"Informatique, communication et société", Ed. L'Harmattan, 1993.

W. BECHTEL, A. ABRAHAMSEN,

“Le connexionnisme et l'esprit”, Ed. La Découverte, 1993.

J.-P. BOYER J.-P. DURAND,

“L'après-fordisme”, Ed. Syros, 1993.

Ph. BRETON,

“Histoire de l'informatique”, Ed. La Découverte, 1987.

CNIL, A. VITALIS, F. PAOLETTI, H. DELAHAIE,

“Dix ans d'informatique et libertés”, Ed. Economica, 1988.

- H. DELAHAIE, F. PAOLETTI,
 “Informatique et libertés”, Ed. La Découverte, 1987.
- J.P. DURAND, P. LEVY, J.L. WEISSBERG,
 “Guide de l’informatisation”, Ed. Belin, 1987.
- T. KUHN,
 “La structure des révolutions scientifiques”, Ed. Flammarion, 1983.
- Y. LASFARGUE,
 “Techno jolies, techno folies”, Ed. d’Organisation, 1988.
- Y. LASFARGUE,
 “Robotisés, rebelles, rejetés”, Ed. de l’Atelier, 1993.
- P. LEVY,
 “La machine univers”, Ed. La Découverte, 1986.
- R. PENROSE,
 “L’esprit, l’ordinateur et les lois de la physique”, Ed. InterEditions, 1992.
- A. PENZIAS,
 “Intelligence et informatique”, Ed. Plon, 1990.
- A. RIBOUD,
 “Modernisation, mode d’emploi”, Ed. 10/18, 1987.
- J. PIAGET,
 “Logique et connaissance scientifique”, Encyclopédie de la Pléiade.
- Ph.QUEAU,
 “Le virtuel, vertues et vertiges”, Ed. Champ Vallon, 1993.
- B. SCHWARTZ,
 “Moderniser sans exclure”, Ed. La Découverte, 1994.
- A. VALENTIN, R. LUCONGSANG,
 “L’ergonomie des logiciels”, Ed. ANACT, 1987.
- A. VITALIS, P. CARRIER, C. HOFFSAES, M. BLANCHET, S. ASSIE, R. HUDON,
 “L’ordinateur et après”, Ed. Gaëtan Morin, 1988.
- J. VON NEUMANN,
 “L’ordinateur et le cerveau”, Ed. La Découverte, 1992.
- J.P. WOMACK, D. T. JONES, D.ROOS,
 “Le système qui va changer le monde”, Ed. Dunod, 1992.