

# La place de l'informatique dans la classification des sciences \*

Gilles Dowek

physique, biologie, histoire, littérature ... Car en remontant cette chaîne, on peut dire que l'imaginaire n'est qu'un des champs cultivés de la conscience, la conscience un accident du vivant, et le vivant un épisode de la matière.

Michel Rio

Le questionnement sur la classification des sciences provient en partie du besoin d'organiser les institutions scientifiques : écoles, universités, laboratoires, ... Ainsi, l'enseignement des sciences dans les écoles du Moyen Âge était-il organisé selon le *quadrivium* de Boèce : arithmétique, musique, géométrie et astronomie. Et l'organisation actuelle du *Centre National de la Recherche Scientifique* reprend-elle précisément la classification des sciences d'Auguste Comte : mathématiques (section 1), physique (sections 2 à 10), chimie (sections 11 à 16), astronomie (sections 17 à 19), biologie (section 20 à 31), sciences humaines (section 32 à 40), le seul écart étant la place de l'astronomie.

Mais ce questionnement provient aussi sans doute d'une interrogation plus fondamentale sur la nature des sciences, sur ce qui les unit et les sépare. Il y a ici une manière originale, car extensionnelle, de s'interroger sur la nature de la science, en s'interrogeant sur la nature des sciences.

Ces raisons, institutionnelle et épistémologique, expliquent que ce questionnement ressurgisse particulièrement quand une nouvelle science apparaît, la physique sociale à l'époque de Comte, l'informatique aujourd'hui.

---

\*Exposé au séminaire *Philosophie de l'informatique, de la logique et de leurs interfaces*, coordonné par Jean-Baptiste Joinet, le 30 janvier 2012, à l'École normale supérieure.

## Objets et méthodes

Selon une tradition qui remonte au moins à Kant, s'interroger sur la nature d'une science consiste à s'interroger d'une part sur les objets qu'elle étudie et d'autre part sur sa méthode, c'est-à-dire sur la manière dont nous jugeons, dans cette science là, de la vérité d'un énoncé. Cela nous mène concevoir la classification des sciences comme un tableau à double entrée, davantage que comme un tableau à une entrée unique, un arbre ou un graphe.

La première entrée concerne les objets étudiés. Ici, nous pouvons opposer les mathématiques, qui étudient des objets abstraits, ou du *Logos*, ou cognitifs, aux sciences de la nature, qui étudient des objets concrets, ou du *Cosmos*, ou objectifs. Il est ensuite possible de distinguer le vivant au sein de la nature et l'humain au sein du vivant, ce qui mène à la distinction entre les sciences physiques, les sciences de la vie et les sciences humaines, même si la spécificité de ces dernières mène parfois à les distinguer, ce qui conduit, par exemple, Michel Serres à distinguer les sciences du collectif des sciences de l'objectif.

De manière équivalente, les connaissances peuvent être qualifiées de synthétiques dans les sciences de la nature et d'analytiques en mathématiques. Bien entendu, cette conception des connaissances mathématiques ne date que du programme de Frege et de la conception moderne, due à Hilbert et à Poincaré, des axiomes comme définitions, implicites ou déguisées, des objets étudiés par les mathématiques. Avant le début du XX<sup>e</sup> siècle, le rôle des axiomes n'était que celui de décrire une réalité idéale, et les mathématiques étaient perçues comme synthétiques également. Cette transformation de la perception des mathématiques a mené à une évolution de la signification des mots « analytique » et « synthétique », qui, peu à peu, ont pris la même signification que les mots « nécessaire » et « contingent ». C'est dans ce sens là que je les utiliserai.

Cette progression du général au particulier, qui distingue le vivant au sein de la nature et l'humain au sein du vivant est le principe dominant dans la classification de Comte. Ce principe explique aussi que les mathématiques se trouvent avant les sciences physiques, si l'on veut bien considérer qu'un énoncé est nécessaire quand il est vrai dans tous les mondes possibles et que la nature n'est qu'un monde possible parmi d'autres.

Sur le plan méthodologique, nous pouvons, de même, opposer les mathématiques, *a priori*, aux sciences de la nature, *a posteriori*. Établir qu'une proposition est vraie en mathématiques demande de la démontrer. Établir qu'une proposition est vraie dans les sciences de la nature demande ou bien de faire une observation, ainsi nous savons que Jupiter a des satellites car nous les avons observés, ou bien

de faire une hypothèse qui n'est pas en contradiction avec les observations, ainsi nous tenons pour vrai que Mercure n'a pas de satellite, car nous n'en avons jamais observé. Dans les deux cas établir la vérité d'un énoncé demande une interaction avec la nature, contrairement à la démonstration mathématique qui n'en demande pas.

Nous aboutissons finalement à une classification relativement simple, avec les mathématiques analytiques *a priori*, les sciences de la nature synthétiques *a posteriori* et deux cases du tableau vides, ou presque, pour d'hypothétiques connaissances analytiques *a posteriori* et synthétiques *a priori*, ces dernières se limitant désormais à la connaissance de sa propre existence et quelques connaissances de la même nature.

Quelle est la place de l'informatique dans une telle classification ?

## Les objets de l'informatique

Commençons par nous demander de quels objets parle l'informatique. J'ai tenté de défendre ailleurs l'idée que l'informatique parle d'objets de différente nature : informations, langages, machines et algorithmes. Ces quatre classes d'objets sont très vastes : les langages comprennent les langages de programmation, mais aussi les langages de requête, les langages de spécification, ..., les machines comprennent les ordinateurs, mais aussi les robots, les réseaux, ... Il y a sans doute ici une originalité de l'informatique, que nous ne pouvons réduire à l'étude d'un seul type d'objets : nous amputons l'informatique en la définissant comme la science des algorithmes, ou comme celle des machines.

La nouveauté de l'informatique tient sans doute à l'interaction de ces quatre concepts, car chacun d'eux est antérieur à l'informatique. Le concept d'algorithme, par exemple, existe depuis plus de quatre mille ans, mais cela ne suffit pas pour considérer les scribes de l'Antiquité comme des informaticiens. L'informatique n'a débuté qu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, quand nous avons commencé à utiliser des machines pour exécuter des algorithmes, ce qui a demandé de concevoir des langages de programmation et de représenter des données sur lesquelles ces algorithmes opèrent sous une forme accessible aux machines, c'est là l'origine de la théorie de l'information. Ces quatre concepts sont d'égale dignité, mais ils ne jouent pas tous le même rôle dans la constitution de l'informatique. Illustrons cela par un exemple.

Un programme de tri est un algorithme, exprimé dans un langage de programmation et exécuté sur une machine, qui transforme des informations. Par exemple,

il transforme la liste 5 , 1 , 3 en la liste 1 , 3 , 5. Toute l'entreprise que constitue la conception d'un algorithme de tri, la définition d'un langage de programmation dans lequel l'exprimer, la construction d'une machine pour l'exécuter, ... a comme but de savoir que le résultat du tri de la liste 5 , 1 , 3 est la liste 1 , 3 , 5.

Il semble donc que le but ultime de l'informatique soit de transformer des informations et que les algorithmes, les langages et les machines soient des éléments de méthode pour atteindre ce but. Nous pouvons ici faire un parallèle avec la physique. Le but de la mécanique céleste est de faire des prédictions sur la position des astres à une date donnée. Et les concepts de force, de moment ou d'énergie sont des éléments de méthode pour parvenir à ce but.

Nous pourrions, à juste titre, objecter que les informaticiens s'intéressent peu au résultat du tri de la liste 5 , 1 , 3 et davantage, par exemple, à l'algorithme de tri par fusion. Nous pourrions, de même, objecter que les physiciens s'intéressent davantage aux équations de Newton, qu'à la position de Jupiter le premier janvier prochain. Il n'en reste pas moins que le but ultime de la physique est de produire des énoncés sur la nature, et non sur les équations différentielles. Et que c'est ce but ultime qui définit la nature de la physique. De même, le but ultime de l'informatique est de transformer des informations, non de produire des résultats sur les algorithmes, les langages ou les machines. Et c'est ce but ultime qui définit la nature de l'informatique. Ainsi, s'interroger sur la nature de l'objet d'étude de l'informatique, c'est s'interroger sur la nature des informations, et non sur celle des langages, des machines ou des algorithmes.

Les informations sont des objets abstraits. Le jugement que le résultat du tri de la liste 5 , 1 , 3 est la liste 1 , 3 , 5 est analytique.

Du point de vue des objets qu'elle étudie, l'informatique se place donc parmi les sciences analytiques, à côté des mathématiques.

## **La méthode de l'informatique**

Il est possible de juger que le résultat du tri de la liste 5 , 1 , 3 est la liste 1 , 3 , 5 par une simple opération mentale. Ce jugement peut être alors qualifié de jugement *a priori*. Toutefois, le calcul mental n'appartient pas à l'informatique, car ce qui définit l'informatique n'est pas la simple application d'un algorithme à des informations, mais l'utilisation d'une machine, c'est-à-dire d'un système physique, pour cela.

Juger que le résultat du tri, par une machine, de la liste 5 , 1 , 3 est la liste 1 , 3 , 5 ne demande pas une simple opération mentale, mais tout d'abord une

observation : le résultat du calcul est une configuration d'un système physique, que nous devons observer.

La possibilité ou non d'effectuer certains calculs avec une machine est conditionnée par les lois de la physique : que la vitesse de transmission de l'information cesse d'être bornée, et certaines fonctions impossibles à calculer avec une machine dans notre monde, pourraient alors être calculées.

Le jugement que le résultat du tri, par une machine, de la liste 5, 1, 3 est la liste 1, 3, 5 est donc un jugement *a posteriori*. Et du point de vue méthodologique, l'informatique appartient donc aux sciences *a posteriori*, à côté des sciences de la nature.

Nous pourrions, bien entendu, objecter que, si le jugement que le résultat du tri, par une machine, de la liste 5, 1, 3 est la liste 1, 3, 5 est *a posteriori*, d'autres jugements, en informatique, sont *a priori*. Par exemple le jugement que l'algorithme de tri par insertion est quadratique. De même, en physique, le jugement que les trajectoires solutions de l'équation de Newton sont des coniques est un jugement *a priori*. Toutefois cela ne fait pas de la physique une science *a priori*, car, comme nous l'avons dit, le but ultime de la physique n'est pas de produire des énoncés sur les solutions des équations différentielles, mais sur la nature. De même l'existence de jugements *a priori* en informatique ne fait pas de l'informatique une science *a priori*, car le but ultime de l'informatique n'est pas de produire des énoncés sur la complexité des algorithmes de tri, mais d'utiliser des machines, des systèmes physiques, pour exécuter ces algorithmes.

## L'informatique

Nous arrivons donc à la conclusion que l'informatique est une science à la fois analytique, ce qui la rapproche des mathématiques et l'oppose aux sciences de la nature, et *a posteriori*, ce qui la rapproche des sciences de la nature et l'oppose aux mathématiques.

Aux deux catégories, sciences analytiques *a priori* et synthétiques *a posteriori*, il convient donc d'en ajouter une troisième pour les sciences analytiques *a posteriori*, catégorie à laquelle l'informatique appartient.

## Les classifications traditionnelles de l'informatique

De nombreuses Universités regroupent les mathématiques et l'informatique dans une *Unité de Formation et de Recherche* de mathématiques et informatique. À l'inverse, l'organisation du *Centre National de la Recherche Scientifique* fait de l'informatique une partie de la physique, puisque la section 7, *Sciences et technologies de l'information (informatique, automatique, signal et communication)*, est classée entre la section *Matière condensée : structures et propriétés électroniques* et la section *Micro et nano-technologies, électronique, photonique, électromagnétisme, énergie électrique*.

Apparaissent ici deux visions partielles de l'informatique, comme science analytique, à l'instar des mathématiques, et science *a posteriori*, à l'instar des sciences de la nature, qui, l'une et l'autre, occultent la spécificité de l'informatique, à la fois analytique et *a posteriori*, et donc différente à la fois des mathématiques et des sciences de la nature. Ces deux visions amputent, l'une et l'autre, l'informatique pour la faire entrer dans une classification qui lui est antérieure.

## L'informatique est-elle la seule science analytique *a posteriori* ?

Avant de nous demander si l'informatique est la seule science de sa catégorie ou s'il y a de nombreuses sciences analytiques *a posteriori*, nous pouvons nous poser la même question pour pour les deux autres catégories évoquées ci-avant. Les mathématiques nous semblent bien être la seule science analytique *a priori*, alors que les sciences synthétiques *a posteriori* sont nombreuses : physique, biologie, ...

Toutefois, cette différence semble purement conventionnelle. Nous aurions pu, comme Boèce, distinguer l'arithmétique de la géométrie, ou alors regrouper les sciences de la nature en une seule science : la philosophie naturelle.

Nous pouvons, de même, diviser l'informatique en diverses branches qui étudient les langages de programmation, les réseaux, la complexité des algorithmes, l'architecture de machines, la sûreté, la sécurité, ... Et considérer ces branches comme des sciences distinctes ou comme les rameaux d'une même science est purement conventionnel.

## La place de la technique en informatique

Comme le mot « chimie », et contrairement au mot « physique », le mot « informatique » désigne à la fois une science et une technique, c'est-à-dire une activité qui vise à savoir et une autre qui vise à construire. Cependant, les liens entre ces deux activités semblent beaucoup plus forts en informatique que dans d'autres domaines du savoir. Par exemple, des branches entières de l'algorithmique, sont apparues pour répondre à des problèmes posés par le déploiement des réseaux.

Il y a plusieurs explications possibles à cet état de fait. La première est que notre perception de la séparation entre science et technique dans les autres domaines du savoir est une illusion, par exemple au XIX<sup>e</sup> siècle encore, le texte fondateur de la thermodynamique, *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, de Sadi Carnot, n'opposait pas la thermodynamique à la construction de machines à vapeur. Cependant cette explication semble partielle, et il y a sans doute ici quelque chose de propre à l'informatique.

Pour comprendre le lien entre technique et science en informatique, il semble qu'il faille se poser la question de la raison pour laquelle nous préférons trier une liste avec une machine, plutôt que par une opération mentale. Dans le cas d'une liste à trois éléments, le calcul mental était suffisant, mais dès que la liste comporte quelques centaines d'éléments, une telle opération mentale n'est plus possible. Le calcul mental suffit pour transformer de petites quantités d'information, la parole suffit pour les transmettre et la mémoire cérébrale pour les stocker. La nécessité de construire des algorithmes, des machines et des langages — la partie technique de l'informatique — s'explique donc par le fait que les informations que nous voulons transformer, transmettre et stocker sont souvent de grande taille.

## Objets ou méthodes

Classer les sciences selon un double critère fondé à la fois sur les objets étudiés et la méthode employée mène à s'interroger sur le poids relatif de ces deux critères. Et il semble que la distinction entre connaissances *a priori* et *a posteriori* soit moins robuste que la distinction entre connaissances *analytique* et *synthétique*.

La perception de soi-même comme autre, l'exploration des mécanismes neuronaux sous-jacent à la pensée et à la mémoire, l'externalisation de cette pensée et de cette mémoire qui a commencée avec l'écriture et qui s'est accélérée avec

l'informatique, l'utopie du transhumanisme, plus généralement tout ce qui nous mène à nous penser, non comme extérieurs à la nature, mais comme partie de la nature, nous mène à relativiser la différence entre *a priori* et *a posteriori*. Nous considérons comme *a priori* un jugement établi par le seul recours du calcul mental, et comme *a posteriori* un jugement établi avec un objet matériel comme une calculatrice. Mais si nous parvenions à greffer à notre cerveau un circuit électronique permettant de faire des opérations arithmétiques, devrions nous considérer comme *a priori* ou *a posteriori* un jugement établi en ayant recours à ce dispositif? Cette distinction entre jugement *a priori* établi par un calcul mental et *a posteriori* établi par recours à une calculatrice est-elle due au fait que nos neurones sont à l'intérieur de notre boîte crânienne, alors que la calculatrice en est à l'extérieur? qu'ils sont formé de carbone, d'oxygène et d'hydrogène et non de silicium? ou que pour lire le résultat du calcul nous avons besoin d'utiliser un organe sensoriel dans un cas mais non dans l'autre?

Pourtant, nous ne pouvons pas nous limiter à classer les sciences selon leurs objets en ignorant leurs méthodes. Nous devons sans doute plutôt inventer des distinctions plus fines que la simple distinction *a priori* / *a posteriori*, des distinctions qui prennent en compte la variété des outils qui permettent d'établir la vérité d'un énoncé : neurones, organes sensoriels, instruments de mesure, instruments de calculs, ... en insistant à la fois sur le caractère faillible de chacun d'eux et sur leur complémentarité.