

L'informatique oblige à repenser la classification des sciences : questions à Gilles Dowek. On a longtemps confondu l'informatique avec ses usages, questions à Gérard Berry ; propos recueillis par Dominique Chouchan

Gilles Dowek, Gérard Berry

► **To cite this version:**

Gilles Dowek, Gérard Berry. L'informatique oblige à repenser la classification des sciences : questions à Gilles Dowek. On a longtemps confondu l'informatique avec ses usages, questions à Gérard Berry ; propos recueillis par Dominique Chouchan. Les Cahiers de l'INRIA - La Recherche, INRIA, 2009, Neandertal : pourquoi a-t-il disparu?. inria-00527531

HAL Id: inria-00527531

<https://hal.inria.fr/inria-00527531>

Submitted on 19 Oct 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

QUESTIONS À GILLES DOWEK

« L'informatique oblige à repenser la classification des sciences »

L'informatique est-elle une science ? Discipline encore jeune, une soixantaine d'années d'existence seulement, son statut épistémologique se démarque de celui des sciences plus anciennes.

L'informatique est-elle une nouvelle branche des mathématiques ?

Gilles Dowek : Absolument pas ; faire de l'informatique un sous-ensemble des mathématiques reviendrait à la réduire à l'algorithmique. Or l'informatique s'articule autour de quatre concepts : d'algorithmique bien sûr, mais aussi de langage, d'information et de machine, les trois derniers étant étrangers aux mathématiques. Il existe certes des interactions très fortes entre ces deux domaines, mais à les confondre, on se retirerait la possibilité même de comprendre ces interactions.

Où placer alors l'informatique dans la classification traditionnelle des sciences ?

G. D. : L'arrivée de l'informatique remet de fait en question la classification telle qu'elle fut proposée par Auguste Comte et adoptée par ses successeurs. Pourquoi ? Au niveau le plus élémentaire, celle-ci oppose les mathématiques, d'un

côté, et les sciences de la nature (physique, chimie, biologie...), de l'autre. Or l'informatique ne peut être classée ni dans la première catégorie, ni dans la seconde. Cette opposition peut en effet s'appréhender de deux points de vue : celui du statut de la vérité dans ces sciences et celui de leur méthode. Du point de vue de la vérité, les énoncés mathématiques sont « analytiques » (en référence à la terminologie kantienne), c'est-à-dire que la vérité en mathématiques est nécessaire, indépendante de la nature des objets étudiés. Les énoncés des sciences de la nature, qui étudient des objets réels, sont à l'inverse dits « synthétiques » : la vérité d'un énoncé est directement liée à la nature de l'objet étudié (atome, électron...). Du point de vue des méthodes, les mathématiques sont le fruit du seul raisonnement, sans



© INRIA - A. EIDELMAN

Gilles Dowek est professeur d'informatique à l'École polytechnique. Ses recherches portent notamment sur la formalisation des mathématiques, sur les systèmes de traitement de démonstrations et sur la conception de langages de programmation quantiques. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages, dont « Les métamorphoses du calcul : une étonnante histoire de mathématiques » (Le Pommier, 2007), qui a reçu le grand prix de philosophie de l'Académie française.

référence au monde réel, alors qu'en sciences de la nature, la confrontation avec le réel est incontournable, *via* des expériences ou des observations. Cette seconde opposition peut là encore s'exprimer en empruntant le voca-



Emmanuel Kant



Auguste Comte

bulaire kantien: les énoncés de mathématiques peuvent être dits *a priori* et les énoncés des sciences de la nature *a posteriori*. Les mathématiques sont donc analytiques et *a priori* (même si, à l'origine, Kant les avait placées ailleurs) et les sciences de la nature sont synthétiques et *a posteriori*. Selon cette grille d'analyse, l'informatique a une position tout à fait nouvelle: elle est à la fois analytique et *a posteriori*. Analytique dans le sens où les propriétés d'un algorithme, par exemple, sont intrinsèques (indépendantes des lois de la nature). Mais *a posteriori* dans le sens où leur validation nécessite d'interagir avec un système physique (la machine), d'expérimenter en quelque sorte.

Il ne s'agit donc pas de se demander si l'informatique est ou non une science mais de repenser la classification des sciences?

G. D. : De ce qui précède d'aucuns pourraient conclure que l'informatique n'est pas une science puisqu'elle ne rentre pas dans la classification des sciences. Pour ma part, je pense qu'une telle classification n'est pas le bon point de départ pour statuer sur le caractère scientifique ou non d'une discipline. Par ailleurs, il me semble que le critère de réfutabilité proposé par Karl Popper* est aujourd'hui trop restrictif. Celui-ci s'adaptait bien aux sciences de la nature, mais déjà assez mal aux mathématiques. Or il est une manière de l'étendre, sans pour autant la contredire, qui consiste à qualifier de scientifique un domaine dans lequel existent des critères de vérité objectifs, autrement dit des critères de vérité intelligibles et indépendants des énonciateurs. En ce sens, l'informatique est bien une science. La classification traditionnelle des sciences mérite donc en effet d'être reconsidérée.

Peut-on distinguer, comme dans d'autres sciences, une informatique théorique d'une informatique appliquée?

G. D. : En amont de cette question, c'est celle du rapport de la science et de la technique en général qui est posée, l'une et l'autre relevant de deux types de démarche bien distincts. En informatique, un certain nombre de pratiques relèvent de la science et d'autres relèvent de la technique, mais le même mot désigne les deux. Par exemple, concevoir un logiciel ou construire une machine, ce n'est pas établir la vérité d'un énoncé: il s'agit d'une activité technique dans la mesure où elle vise à produire un objet. La grande particularité de l'informatique est le caractère essentiel des interactions entre science et technique. On peut illustrer cette idée par l'exemple du développement des langages de programmation, d'un côté, et celui de la théorie des langages de programmation, de l'autre. La théorie des langages a en effet conduit à de nouveaux langages destinés aux applications techniques, comme le langage Caml*, hérité d'une longue tradition scientifique. Mais à l'inverse, la programmation orientée objets est née empiriquement, bien avant que les scientifiques parviennent à la théoriser.

Vous-même travaillez entre autres sur les preuves formelles de programmes. Rien n'est plus théorique?

G. D. : Les méthodes formelles montrent que, même pour résoudre un problème concret, à savoir la réalisation de logiciels sans erreurs, on a besoin d'un outil théorique extrêmement riche et complexe. En fait, il est totalement impossible de délimiter *a priori* les connaissances dont on aura besoin en informatique à plus ou moins long terme. Nous sommes même incapables d'indiquer aux étudiants, à un moment donné, les secteurs de l'informatique qui, soudainement, pourraient se retrouver propulsés au cœur d'enjeux industriels. Au-delà encore, l'informatique pose des questions théoriques à d'autres sciences, notamment à la physique. Par exemple, quelles sont les limites de ce qu'un système physique peut calculer? Une telle question est extrêmement théorique aux yeux des physiciens. C'est parfois l'une des difficultés de notre dialogue avec eux: ils pensent que nous allons juste leur apporter des outils pour traiter leurs problèmes, mais ils ne s'attendent pas à ce que nous leur posions des questions aussi théoriques et auxquelles ils n'ont jamais réfléchi.

Propos recueillis par Dominique Chouhan

*Karl Popper (1902-1994) a proposé la notion de réfutabilité comme critère de scientificité: selon lui, une théorie qui ne serait pas réfutable n'est pas une théorie scientifique.

*Le langage Caml est fondé sur la théorie du lambda-calcul, un système formel de représentation des fonctions élaboré par le mathématicien américain Alonzo Church (1903-1995) au début des années 1930. Conçu par des équipes de l'Inria, Caml est destiné à augmenter la sûreté et la fiabilité des programmes informatiques.

QUESTIONS À GÉRARD BERRY

« On a longtemps confondu l'informatique avec ses usages »



D.R.

En France, l'informatique n'est quasiment pas enseignée, du moins dans le secondaire. Un retard qui hypothèque gravement l'avenir de la création française dans ce domaine.

Comment en êtes-vous venu à vous intéresser à l'enseignement de l'informatique ?

Gérard Berry : Quand je me suis orienté vers l'informatique, en 1970, c'était encore un petit secteur, mais on sentait déjà qu'il allait devenir gigantesque. L'idée de participer à la construction de cette nouvelle science m'enthousiasmait. Son développement phénoménal a notamment été marqué par deux grands tournants : l'informatisation des objets, dès le début des années 1980, et la formidable diffusion de l'internet dans le grand public, à partir des années 1990. Nous avons progressivement compris que nous avions affaire à une vraie révolution de civilisation, ce que Michel Serres a encore souligné lors du 40^e anniversaire

de l'Inria*. L'écriture avait offert le moyen de conserver la mémoire, l'imprimerie celui de la diffuser. L'informatique permet de la partager, de la délocaliser complètement dans le temps et dans l'espace. Pourtant, nos institutions ont mis longtemps à reconnaître l'informatique comme un domaine autonome, ce qui s'est traduit par de fortes réticences à la considérer comme une science et à l'enseigner.

Il y a pourtant eu des plans comme le « plan informatique pour tous », au milieu des années 1980. Ce dernier a certes été considéré comme un échec, mais l'intention y était...

G. B. : On a trop confondu l'informatique avec ses usages. Encore aujourd'hui, personne ne conteste le fait qu'il faille apprendre aux enfants à se servir d'un ordinateur, ce qui s'accompagne d'une difficulté inédite : les jeunes en savent souvent plus que leurs parents et enseignants. J'ai bon nombre d'anecdotes savoureuses à ce sujet. Par exemple, à l'occasion de l'une de mes conférences, un enseignant m'a raconté sa déconvenue lorsqu'il a souhaité partager avec ses deux petites filles son émerveillement de voir leur propre maison sur *Google Earth* : il reçut, en guise de réponse, un bien méprisant « Ben évidemment, papa, c'est *Google Earth* ! ». Certes des programmes d'équipement sont mis en place dans les établissements scolaires, mais encore souvent dans une optique matérielle. On note toutefois une prise de conscience de l'impact majeur que va avoir l'informatique sur l'enseignement. Grâce à la possibilité de télécharger des cours magistraux (on compte à ce jour plusieurs millions de tels téléchargements), ces derniers seront de moins en moins la raison d'être de l'enseignant. Il consacrera en revanche plus de temps au suivi personnalisé des élèves et à bien d'autres activités pédagogiques à développer ou à inventer.

Au-delà de ces usages, l'idée d'enseigner l'informatique proprement dite fait-elle son chemin ?

G. B. : L'essentiel reste à faire. À lire les propositions élaborées au terme de nombreuses dis-

Gérard Berry est membre de l'Académie des sciences, de l'Académie des technologies et de l'*Academia Europaea*. Il est le créateur principal du langage de programmation Esterel, destiné aux applications embarquées et temps réel. Il a été directeur scientifique de la start-up Esterel Technologies à partir de 2001, avant de rejoindre l'Inria en mars 2009. Auparavant, il avait notamment exercé comme directeur de recherche à l'École des mines de Paris puis comme directeur du Centre de mathématiques appliquées à l'École des Mines (Sophia-Antipolis).

cussions sur le numérique, comme celles du programme «Ordi 2.0»*, on se rend compte qu'elles privilégient encore les équipements, les réseaux, etc. L'ignorance de ce qu'est l'informatique est parfois si profonde que certains croient qu'un petit effort suffira pour tout comprendre. Ce point de vue a d'ailleurs été largement relayé par le monde scientifique lui-même jusque très récemment. Or l'informatique repose sur des concepts originaux, novateurs et en évolution rapide. Leur compréhension est absolument nécessaire pour être du côté des créateurs, ce qui est primordial, compte tenu de l'ampleur des enjeux

y écrit l'adresse, on la timbre, on la met dans la boîte, le facteur vient la chercher, il lit l'adresse et il y porte la lettre». Je leur ai fait remarquer qu'il devrait alors y avoir autant de facteurs que de lettres! De proche en proche, ils ont découvert la solution, dont j'ai pu me servir pour expliquer l'Internet. Nous avons également travaillé sur le système binaire, en comptant sur le nez (1 pour la main sur le nez, 0 pour la main le long du corps, un coup de coude au voisin pour la retenue), sur les protocoles de communication, avec des jeux de go, sur les images et sons numériques sur ordinateur... Pour certains exercices, je leur demandais

d'être aussi bêtes qu'un ordinateur: rien de plus difficile pour eux, mais c'est un nœud de la compréhension! Je suis par ailleurs intervenu à plusieurs reprises dans des lycées*, et je compte bien continuer.

L'enseignement de l'informatique doit-il commencer dès l'école primaire?

G. B.: On ne peut pas tout faire à la fois mais il faut au moins commencer à se poser les

questions sérieusement. Pour ma part, j'avais travaillé en 2006 avec les inspecteurs généraux et l'Académie des sciences sur la mise en place d'un socle commun de connaissances et de compétences pour le primaire et le collège, dans le cadre du Comité d'orientation sur les programmes mis en place par Gilles de Robien. Je suis également intervenu en diverses occasions, en particulier en août 2008 à l'université d'été des professeurs de mathématiques, à leur invitation. Ensuite, j'ai participé à la réflexion avec des inspecteurs généraux, avec d'autres scientifiques comme Gilles Dowek et avec l'association Enseignement public et informatique (EPI), dans le cadre de la réforme Darcos. Un enseignement optionnel d'informatique devait être introduit en seconde dès la rentrée prochaine, mais tout cela s'est pour l'instant évanoui avec le retrait de la réforme. Les choses progressent malgré tout. Il faut que la France rentre résolument dans le XXI^e siècle et non pas dans le XX^e... pour reprendre la boutade que j'ai déjà adressée à l'un de vos confrères.

Propos recueillis par Dominique Chouchan



D.R.

Au lycée Hemingway de Nîmes, où Gérard Berry a été sollicité par des élèves de l'option sciences.

scientifiques, culturels et économiques. Dans cette perspective, la question de l'enseignement est centrale.

D'où votre implication personnelle dans les écoles?

G. B.: De la même manière qu'il est indispensable d'expliquer aux enfants leur monde naturel, il est indispensable de leur expliquer à quoi ressemble leur monde synthétique... qui est pour eux tout aussi naturel. J'ai entre autres travaillé à l'école Montessori des Pucelles Verts (Mouans-Sartoux, Alpes-Maritimes) entre 1995 et 2001, avec les 9-12 ans d'abord, puis avec les 6-9 ans, ce qui est beaucoup plus compliqué. Avec les enfants de ces tranches d'âge, il faut partir du vécu. En outre, la formation ne doit pas se réduire à un apprentissage technique, mais permettre la mise en place du schéma mental. Pour introduire le concept de l'Internet, je les ai fait par exemple réfléchir sur le fonctionnement de la poste. Comment se fait-il qu'une lettre parvienne chez son destinataire? Leur première réponse: «*C'est simple, on met la lettre dans une enveloppe, on*

*L'Inria a célébré le 40^e anniversaire de sa création les 10 et 11 décembre 2007, à Lille (pour en savoir plus: <http://www.inria.fr/40ans/>)

*Le Plan France numérique Ordi 2.0 vise notamment à réduire la fracture numérique, «tant au niveau local que national ainsi que dans une perspective de solidarité internationale» (pour en savoir plus: <http://www.ordi2-0.fr/>).

*Gérard Berry a par exemple été invité au lycée Hemingway de Nîmes par les élèves de l'option sciences.