Où va l'informatique ?

par

Gérard Berry
Professeur au Collège de France

En bref

Alors que les États-Unis tentent désormais de freiner le développement chinois, en particulier dans le domaine des hautes technologies numériques, le Vieux Continent reste à la traîne. En France, nous peinons depuis des décennies à prendre la mesure des enjeux numériques, considérant avec condescendance la science informatique. Il est donc illusoire de penser rattraper notre retard face aux GAFA et autres Baidu. Néanmoins, grâce à la qualité des mathématiciens et des chercheurs que nous formons, qui trop souvent partent vers la Silicon Valley ou l'Asie, des champs entiers d'innovation nous restent ouverts. Les explorer nécessiterait cependant une volonté politique, nationale, mais aussi européenne, ferme et ambitieuse, une réforme en profondeur de l'enseignement de l'informatique pour les plus jeunes et une collaboration des scientifiques de toutes disciplines dans le cadre d'une véritable culture partagée du numérique.

Compte rendu rédigé par Pascal Lefebvre

L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse les comptes rendus, les idées restant de la seule responsabilité de leurs auteurs. Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.

Le séminaire Management de l'innovation est organisé avec le soutien de la Direction générale des entreprises (ministère de l'Économie et des Finances) et grâce aux parrains de l'École de Paris du management :

Algoé [1] • Carewan [1] • Conseil régional d'Île-de-France • Danone • EDF • Else & Bang • ENGIE • FABERNOVEL • Fondation Roger Godino • Groupe BPCE • Groupe Caisse des Dépôts • Groupe OCP • GRTgaz • HRA Pharma [2] • IdVectoR [2] • IPAG Business School • L'Oréal • La Fabrique de l'industrie • MINES ParisTech • Ministère de l'Économie et des Finances – DGE • RATP • Renault-Nissan Consulting • SNCF • Thales • UIMM • Ylios [1]

1. pour le séminaire Vie des affaires
2. pour le séminaire Management de l'innovation

© École de Paris du management – 187, boulevard Saint-Germain – 75007 Paris
Tél. : 01 42 79 40 80 – e-mail : contact@ecole.org – http://www.ecole.org

Invisibles !

J'ai débuté dans la recherche en intégrant l'École des mines en 1970. Je suis ensuite parti à Sophia Antipolis, dans un laboratoire commun des Mines et de l'Inria[1] où je suis resté jusqu'en 2001. J'ai beaucoup travaillé sur les logiciels embarqués, créé le langage et le système de programmation Esterel, participé à ses premières industrialisations, puis rejoint en 2001 Esterel Technologies, entreprise devenue depuis américaine et désormais leader mondial des logiciels de très haute sécurité, utilisés en particulier par l'aviation. Je suis revenu à l'Inria de 2009 à 2012.

En 2007, j'ai passé une première année au Collège de France, dans le cadre de la chaire Innovation technologique Liliane Bettencourt, avec un cours intitulé *Pourquoi et comment le monde devient numérique*. J'y suis revenu en 2009 pour intégrer la chaire Informatique et sciences numériques, nouvellement créée par l'Inria, avec le cours *Penser, modéliser et maîtriser le calcul informatique*. Enfin, en 2012, j'ai été nommé professeur titulaire de la première chaire d'informatique du Collège, avec pour thème de cours et de recherche *Algorithmes, machines et langages*.

Pour ma dernière année au Collège de France, j'ai proposé comme thème : *Où va l'informatique ?* En effet, depuis mes débuts, j'ai constaté qu'il n'existait aucun moyen pour un humain normal de comprendre de quoi il retournait vraiment en matière d'informatique. Les journaux en parlent mal et les informaticiens en parlent peu au grand public. Il y a deux ans, j'ai donc écrit un livre[2] qui explique ce qu'est vraiment l'informatique et pourquoi, en Europe, nous avons consciencieusement raté son train depuis sa naissance. En 1983, Maurice Nivat et moi-même avions rendu à Laurent Fabius, alors ministre de la Recherche, un rapport intitulé « L'Enseignement de l'informatique », dans lequel nous soulignions l'urgence de la question. En 2013, nous avons à nouveau rendu un rapport, à l'Académie des sciences, intitulé « Enseignement de l'informatique : il est urgent de ne plus attendre », dont le contenu était sensiblement identique. En trente ans, il ne s'était donc rigoureusement rien passé ! Nous le payons très cher à l'heure actuelle, car nous sommes tout simplement invisibles d'un point de vue industriel, même si nous prétendions, en 1983, être la deuxième puissance logicielle au monde en matière de recherche, ce qui était d'ailleurs le cas, mais que le reste de la planète semblait ignorer.

Un mode de pensée fondamentalement différent

L'informatique diffère, au plus haut point, de tout ce que nous avons pu réaliser auparavant. Les XIX^{e} et XX^{e} siècles étaient fondés sur le triangle classique matière-énergie-ondes, largement intuitif et sur lequel, jusqu'aujourd'hui, l'intégralité de l'enseignement a été fondée. Puis sont arrivés l'information et l'algorithme, qui conduisent à une façon radicalement nouvelle et presqu'inversée de penser et de faire.

Toutes les propriétés de l'information sont en effet différentes de celles de la matière ou de l'énergie : elle se duplique parfaitement à l'identique, elle est indifférente à la nature de son support, etc. C'est cette pensée qui s'est désormais imposée, en particulier dans la Silicon Valley et en Asie, ce dont nous n'avons pas vraiment pris la mesure. Dès lors, nous continuons à nous raccrocher à des catégories mentales dépassées, comme lorsque nous demandons combien "pèse" un fichier, en nous rassurant par l'usage d'un vocabulaire familier.

1. Inria : l'Institut national de recherche en informatique et en automatique est un établissement public à caractère scientifique et technologique français spécialisé en mathématiques et informatique.

2. Gérard Berry, *L'Hyperpuissance de l'informatique – Algorithmes, données, machines, réseaux*, Odile Jacob, Paris, 2017.

Pendant très longtemps, en particulier dans le système d'enseignement, on a pensé que l'informatique était un outil et non une science. En 1985, alors que je siégeais au conseil d'enseignement de l'École polytechnique, c'était la question posée par les physiciens et les mathématiciens. Depuis, il y a été décidé qu'il s'agissait bien d'une science et qu'il était donc nécessaire de l'enseigner. L'expression "outil informatique" a formidablement pollué notre vision d'une informatique qui n'est pas un outil, mais un générateur d'outils, au même titre que la physique. Une autre idée désastreuse a été : « *Il suffit de savoir s'en servir !* », qui nous a très clairement mis en situation de dépendance totale vis-à-vis des États-Unis et de l'Asie !

Il est essentiel de comprendre que l'information et les algorithmes sont les mêmes partout. Quel que soit le domaine où ils s'appliquent – médecine, musique ou mécanique –, ils ont une forme unique et requièrent les mêmes méthodes, ce qui implique que ce soient les mêmes études qui y préparent.

Ensuite, pour traiter l'information, il existe une machine universelle. Cette notion fondamentale, révélée par Alan Turing, pose que toutes les machines informatiques sont équivalentes et qu'il n'y a pas de différence de nature entre le supercalculateur et le programmateur d'une machine à laver. L'un et l'autre font exactement la même chose, certes ni au même prix ni dans le même temps, mais cela s'arrête là. De plus, une difficulté mentale majeure n'a toujours pas été surmontée : le raisonnement et l'action en matière d'information sont complétement différents de ceux que l'on met en œuvre à propos de la matière et de l'énergie, sans toutefois être incompatibles.

L'informatique est donc extraordinairement puissante, mais son appropriation se fait au prix d'inversions mentales, façons de penser inverses de celles qui étaient les nôtres depuis des siècles. Ainsi, avant que le téléphone portable, objet profondément informatique, n'arrive en France, lorsque l'on appelait quelqu'un, la seule information dont on disposait était qu'il était chez lui, ou pas. Désormais, la question que l'on pose à son interlocuteur lorsqu'il décroche est « *T'es où ?* », parce que celui-ci peut être n'importe où dans le monde. Une telle abolition de la géographie dans la communication n'a rien d'anodin.

Les industries informatiques ont délibérément construit ces inversions. Ainsi, au XX^{e} siècle, la photographie était une affaire assez simple : on amenait sa pellicule au labo et le lendemain, on repartait avec ses tirages en poche, puis, éventuellement, on les envoyait à quelqu'un par la poste. Désormais, la photo, aussitôt prise, est envoyée et instantanément reçue. Facebook traite ainsi deux milliards de photos par jour ! On n'a donc pas seulement changé d'ordre de grandeur, on l'a fait à la puissance *n* ! À cette occasion, la photo aussi a changé de statut et, de souvenir précieusement gardé, elle est devenue un objet qui, comme la parole, a vocation à être éphémère.

Au XX^{e} siècle toujours, s'orienter sur une carte imposait de l'acheter et de connaître son échelle ainsi que le lieu où l'on se trouvait. Aujourd'hui, notre smartphone nous indique précisément où l'on est et le chemin à suivre vers la destination qu'on lui a indiquée, où que ce soit dans le monde. Quand il s'agit d'apprendre à des écoliers à s'orienter, cela n'a rien d'insignifiant, car la carte papier relève désormais pour eux davantage du cours d'histoire que de celui de géographie !

Les données et les algorithmes

À la différence des sciences dites naturelles, l'informatique est une science de construction. N'ayant pas à étudier la nature, puisqu'elle en fabrique une autre, cette nouvelle science progresse à grande vitesse. Elle repose sur quatre piliers : les données, les algorithmes, les programmes et les machines, auxquels s'adjoignent des interfaces et des interactions qui sont très souvent les points faibles des systèmes informatiques.

Quant aux usagers, ce sont désormais et majoritairement des objets. En effet, s'il se produit actuellement un peu plus de cent milliards de microprocesseurs par an, seulement 3 % d'entre eux sont utilisés par des humains, sous forme d'ordinateurs ou de téléphones, les autres étant massivement dédiés à des objets. La 5G, censée améliorer la communication entre les hommes, a en réalité pour contrainte de permettre la connexion d'un million d'objets au kilomètre carré, avec un temps de latence d'une milliseconde et une très haute fiabilité.