

Abiteboul Serge

Directeur de Recherche Inria et Professeur ENS Cachan

<http://abiteboul.com/>

Sciences informatique et numérique, et compétences

Que doit apprendre de l'informatique un élève ou un étudiant aujourd'hui ? Il est évidemment possible de répondre « rien » ou de préciser « rien pour un futur professeur de latin-grec, de lettres, d'histoire-géographie, de philosophie, en général, rien pour un élève qui s'intéresse aux humanités, à l'économie, au commerce, etc. ». Peut-être faudrait-il limiter l'enseignement de l'informatique aux futurs informaticiens ? Aux élèves qui se destinent aux sciences dites « exactes » ? Dans de plus en plus de pays, l'informatique est enseignée à *tous* les élèves.

Nous insisterons dans cet article sur la place de l'informatique dans toutes les sciences, y compris dans les sciences humaines et sociales, pour conclure que ce sont bien tous les élèves qu'il faut initier à cette discipline. Pour ce qui est d'une autre question « Que doit apprendre du numérique un élève ou un étudiant aujourd'hui ? », si nous l'aborderons brièvement, nous laisserons à d'autres le soin d'y répondre.

L'informatique au cœur de la transformation des sciences

Il est clair aujourd'hui que le monde est devenu numérique¹. Le numérique, c'est-à-dire la représentation de l'information sous forme numérique, conduit immédiatement à l'informatique, car c'est l'informatique qui permet le traitement de cette information numérique :

L'informatique est la science et la technique de la représentation de l'information d'origine artificielle ou naturelle, ainsi que des processus algorithmiques de collecte, stockage, analyse, transformation, communication et exploitation de cette information, exprimés dans des langages formels ou des langues naturelles et effectués par des machines ou des êtres humains, seuls ou collectivement².

¹ Gérard Berry, *Pourquoi et comment le monde devient numérique*, Cours au Collège de France, Fayard, 2008.

² Société Informatique de France, *L'informatique : la science au cœur du numérique*, 2014.
<http://binaire.blog.lemonde.fr/informatique-quesaco/>

Le monde devenant numérique, l'informatique se retrouve tenir un rôle important dans la plupart des domaines d'activité humaine. Pour illustrer l'importance de l'informatique, il est possible de mettre l'accent sur l'industrie. Par exemple, dans le domaine du transport, une voiture, un train, un avion, sont autant d'objets bourrés d'informatique. Dans la presse³, les journaux deviennent numériques, certains sont même réalisés à partir d'algorithmes, le big data est au cœur du « data journalism ». La publicité ou le marketing s'appuient chaque jour davantage sur les systèmes informatiques de réseaux sociaux. Nous pourrions multiplier les exemples. Mais nous allons plutôt nous focaliser sur les sciences. Une série d'entretiens⁴ réalisés pour le Blog Binaire pourront appuyer nos propos.

Il est une évidence que la physique, la chimie, la biologie, les mathématiques appliquées, l'astronomie, les sciences « dures » en général ont été transformées par l'informatique. Leurs nouveaux outils n'existent souvent que grâce à l'informatique. Pour nombre d'entre eux, les chercheurs dans ces disciplines passent une partie importante de leur temps à réaliser des simulations informatiques. La « pensée informatique⁵ » (*computational thinking*⁶ en anglais) imprègne de plus en plus ces sciences. L'informatique conduit aussi à la création de nouvelles disciplines. Si les robots s'appuyaient sur la mécanique et l'automatique avant même que l'informatique n'existe, la robotique moderne est vraiment née de résultats fondamentaux d'informatique en géométrie algorithmique ou en apprentissage automatique.

Il est intéressant de considérer aussi l'effet de l'informatique sur les sciences humaines et sociales. Le mariage de ces sciences avec l'informatique a conduit aux « humanités numériques^{7,8} » (*digital humanities* en anglais). L'utilisation du mot numérique n'est pas anodine. (On parlait au début de « digital computing ».) Il s'agit bien au delà de la science et de la technique informatique de véritablement entrer dans le monde numérique, avec par exemple des aspects comme le partage, la mise à disposition pour tous, que l'on peut retrouver dans les logiciels libres ou dans Wikipédia. Comme dans le cas des autres sciences, les humanités numériques conduisent à une remise en question radicale des SHS, de l'essence de leurs pratiques. Nous sommes bien en présence d'une entreprise de transformation fondamentale de toutes les sciences à la fois par la pensée informatique et à travers le monde numérique.

Considérons les aspects les plus essentiels de cette transformation :

1. Les bases de données, les hypertextes se combinent à une troisième grande réalisation de l'informatique, Internet, pour former un outil fantastique pour tous et pour les chercheurs en particulier : la « bibliothèque numérique ». Toutes les connaissances d'un domaine particulier deviennent disponibles sur la Toile.
2. La communication, l'interaction et le partage : Le travail des chercheurs s'est de tout temps appuyé sur la notion de réseau. On échangeait des lettres. On voyageait pour consulter une bibliothèque ; on en profitait pour rencontrer ses homologues locaux. Le Web a facilité les communications entre individus, enrichi les interactions entre eux, réinventé les réseaux so-

³ Susan McGregor, *Journaliste et informaticienne*, Blog Binaire, 2014.

⁴ Les entretiens autour de l'informatique, Blog Binaire, 2014-2015. <http://binaire.blog.lemonde.fr/les-entretiens-de-la-sif/>

⁵ La pensée computationnelle s'intéresse à la résolution de problèmes, à la conception de systèmes ou même à la compréhension des comportements humains en s'appuyant sur les concepts fondamentaux de l'informatique théorique. Postulée par Seymour Papert en 1996, la pensée computationnelle est le processus réflexif impliqué dans la formulation de problèmes et de leurs solutions de manière que leur résolution puisse être effectuée par un agent de traitement de l'information. Wikipédia 2015.

⁶ Jeannette M. Wing, *Computational thinking*, Communications of the ACM, 2006, 49.3.

⁷ Serge Abiteboul, Florence Hachez-Leroy, *Humanités numériques*, Encyclopédie de l'humanisme méditerranéen, <http://www.encyclopedie-humanisme.com/?Humanites-numeriques>

⁸ Pierre Mounier (dir.), *Read/Write Book 2 : une introduction aux humanités numériques*, Marseille, OpenEdition Press, 2012 (généré le 26 octobre 2014). Disponible sur Internet : <http://books.openedition.org/oepp/226>. ISBN : 9782821813250.

- ciaux. Pour les scientifiques, il a redéfini le travailler ensemble, conduisant à redéfinir aussi la contribution scientifique, devenue plus collective, plus fragmentaire.
3. La modélisation et la simulation : En simplifiant, le chercheur propose un modèle du phénomène complexe étudié, et le simule numériquement pour vérifier ensuite si les comportements résultants correspondent à ceux observés dans la réalité. En médecine par exemple, on imagine modéliser et simuler un patient dans toutes ses spécificités pour arriver à des traitements vraiment personnalisés⁹.
 4. L'analyse de données : De plus en plus de données sont disponibles numériquement, massivement. Des puissances de calcul elles-aussi massives sont maintenant disponibles avec les grappes de machines. Il devient possible d'utiliser des algorithmes super sophistiqués pour analyser ces données et y découvrir des connaissances. Un colloque à l'Académie des sciences¹⁰ et un au Collège de France¹¹ ont récemment abordé le sujet.
 5. La connaissance et le Web sémantique : L'informatique permet de transformer des données en information, en *connaissances*¹², ce qui est à la base du *Web sémantique*¹³. Pour collaborer entre eux et avec les machines, les chercheurs sont conduits à formaliser leurs connaissances, amenés à dépasser la question de comment utiliser des moyens numériques pour aller jusqu'à repenser leur façon de mener leurs recherches, collecter des données, les analyser, inférer de nouvelles connaissances. Ils embrassent la pensée informatique.

Les cinq points précédents s'appliquent à toutes les sciences, y compris aux sciences humaines.

Est-il besoin de rappeler qu'un ordinateur est « general purpose », et que le même système de gestion de bases de données peut par exemple servir pour des données en histoire, en astronomie, etc. ? Bien sûr dans le cadre des SHS, l'être humain est souvent trop complexe pour être mis *en totalité* en équation ou même en algorithme. Mais il n'empêche que les études en SHS peuvent s'appuyer sur l'informatique, et que l'informatique est la même, par exemple, pour l'historien que pour le physicien. Les principes même de la pensée informatique s'appliquent à toutes les sciences, se marient bien avec toutes les sciences.

Conclusion : compétences informatiques ou numériques

Les programmes de l'éducation nationale incluent l'apprentissage d'outils numériques. Bien sûr, tous les élèves devraient apprendre, et même très jeunes, à se servir d'un traitement de texte, d'un tableur, d'un moteur de recherche, d'une base de données, etc. Mais la meilleure façon pour eux d'apprendre, c'est de le faire en situation dans un cours de français, de maths, etc. Il s'agit donc selon nous à travers de tels apprentissages plus d'enrichir les matières existantes que d'introduire une discipline qu'on appellerait « numérique ».

Nous ne savons pas définir ce que serait une « science du numérique » qui puisse faire partie de connaissances fondamentales comme peuvent l'être les mathématiques, l'histoire ou... l'informatique. Par

⁹ Nicholas Ayache, *Des images médicales au patient numérique*, Cours du Collège de France, Paris, Fayard, 2015.

¹⁰ *La Datamasse : directions et enjeux pour les données massives*, Conférence-débat de l'Académie des sciences, 2014

¹¹ Pierre-Michel Menger, *Big data, entreprises et sciences sociales*, Cours de Collège de France, 2014.

¹² Serge Abiteboul, *Sciences des données : de la logique du premier ordre à la Toile*, Cours du Collège de France, Paris, Fayard, 2012.

¹³ Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila, *The semantic web*, Scientific american, 2001, 284.5, p. 28-37.

contre, nombreux sujets liés au numérique qui pourraient être enseignés. Cela pourrait être l'objet de collaborations avec des disciplines existantes. On pourra par exemple réaliser des programmes d'analyses de textes (indexation, cotexte, concordance, cooccurrence, etc.) à la manière de celles proposées par Roberto Busan, un jésuite italien dans les années 1940 pour les œuvres complètes de Thomas d'Aquin. De tels projets peuvent apporter une véritable proximité à la fois avec la pensée informatique, mais aussi avec la matière étudiée. Les élèves pourraient aussi être confrontés au numérique dans le cadre de fab labs¹⁴ ou d'ateliers, par exemple de robotique, permettant de mieux développer la créativité des élèves et la collaboration entre eux.

Si nous pouvons imaginer comment le numérique pourrait transformer l'école au delà de l'arrivée de simples tableaux blancs et autres tablettes, nous ne voyons pas bien ce que pourrait être un cours « numérique » au collège ou au lycée.

Pour ce qui est de l'informatique, à la base de l'innovation dans des pans entiers de l'industrie, au cœur des avancées de la recherche dans de nombreuses sciences, y compris humaines, il devrait être clair que cette matière doit être enseignée à *tous* les élèves. C'est indispensable

- pour qu'ils comprennent le monde dans lequel ils vivent,
- pour qu'ils aient une chance de pouvoir participer à la recherche dans la plupart des sciences,
- pour qu'ils puissent maîtriser les nouveaux outils (plutôt que d'en être les esclaves),
- pour qu'ils puissent créer en s'appuyant sur les nouvelles techniques, et enfin,
- pour qu'ils aient une chance de participer à l'innovation dans des pans entiers de l'industrie.

Le besoin de compétences en informatique enseignées dans une nouvelle discipline, l'informatique, nous paraît aujourd'hui devenu une évidence^{15,16,17}.

¹⁴ Un fab lab (contraction de « fabrication laboratory ») est un lieu où est mis à disposition toutes sortes d'outils, notamment des machines-outils pilotées par ordinateur, pour la réalisation d'objets.

¹⁵ *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*, Rapport de la Royal Society, 2012.

¹⁶ *L'enseignement de l'informatique en France : Il est urgent de ne plus attendre*, Rapport de l'Académie des sciences. 2013.

¹⁷ *Jules Ferry 3.0, Bâtir une école créative et juste dans un monde numérique*, Rapport du Conseil National du Numérique. 2014.