

INTELLIGENCE DANS LA MACHINE, JUSQU'OU?

Qui aurait pu imaginer que de l'invention d'une machine à calculer, il y a 350 ans, émergerait notre monde numérique? **Didier Roux** montre comment la convergence des découvertes repousse toujours plus loin, aujourd'hui encore, les possibles... insoupçonnés.

Lorsque vous cherchez un restaurant pour déjeuner et que vous utilisez votre téléphone portable, qui vous permet non seulement de choisir ce restaurant, d'y réserver votre table, mais vous indique aussi le chemin pour vous y rendre, vous utilisez les résultats de recherche de plus de 15 prix Nobel. Pour ne prendre que le plus célèbre, ce sont les travaux d'Albert Einstein sur la relativité qui permettent la localisation précise du système GPS.

TRIBUNE
Dans le cadre de notre partenariat avec l'Académie des sciences, des académiciens nous montrent comment des théories, des résultats ou des applications peuvent dépasser ce qui avait été imaginé par les chercheurs... ouvrant ainsi de nouvelles et insoupçonnables perspectives.

Pouvions-nous imaginer, il y a trente, cinquante ou cent ans, nous laisser conduire au restaurant par notre téléphone? Certainement pas. Ces progrès récents et fulgurants dépassent toutes les prévisions les plus ambitieuses des siècles passés. Étaient-ils pourtant déjà inscrits dans chacune des avancées qui ont jalonné leur histoire? Pour le savoir, il faut remonter plus de 350 ans en arrière, et retracer le récit qui relie la naissance de la machine à calcul inventée au XVII^e siècle, celle des ordinateurs du XX^e siècle et l'apogée actuel de l'ère du numérique au XXI^e siècle.

L'ordinateur résulte de la convergence de la machine à calculer mécanique et du métier à tisser Jacquard. Tout commence par une invention au milieu

du XVII^e siècle, celle de Blaise Pascal. Voyant son père passer de longues heures à faire des calculs, il eut l'idée d'inventer une machine à calcul mécanique: la Pascaline. Fabriquée en une dizaine d'exemplaires seulement et beaucoup copiée, elle restera une invention spectaculaire. Un peu plus tard, à la fin du XVIII^e siècle, Joseph-Marie Jacquard eut par ailleurs l'idée, pour faciliter le travail des enfants, de rendre programmables les métiers à tisser. Pour cela, il sut concevoir une mécanique programmée avec des cartes perforées. Le succès fut important et des métiers Jacquard furent fabriqués et vendus partout dans le monde pendant pratiquement deux siècles.

RENDRE UNE MACHINE À CALCULER PROGRAMMABLE...

C'est au milieu du XIX^e siècle que l'idée de ce qui donnera l'ordinateur émerge finalement, avec Charles Babbage, un mathématicien de Cambridge passionné de technologies. L'idée de Babbage était d'appliquer un système de programmation identique aux métiers Jacquard à une machine à calculer. Rendre une machine à calculer programmable... Une première! Cependant, celle-ci a fait dépenser à l'État anglais ainsi qu'à lui-même beaucoup d'argent, mais n'a jamais fonctionné de son vivant. Il a fallu attendre plus de trente ans après sa mort pour que son fils construise un exemplaire fonctionnant sur la base des plans de son père.

Comme nous allons le voir, le travail de Babbage a



PROFIL

Chercheur, physico-chimiste, membre de l'Académie des sciences, ancien directeur de l'innovation de Saint-Gobain, **Didier Roux** est président d'une technopôle de Nouvelle-Aquitaine. Élu en 2018 délégué à l'information scientifique et à la communication de l'Académie des sciences, vice-président de la fondation la Main à la pâte, il a reçu, entre autres distinctions, la médaille d'argent du CNRS (1992).

malgré tout trouvé un écho important dans l'histoire qui nous intéresse, grâce à Ada Lovelace. Lady Lovelace est, à elle seule, un exemple de convergence : son père, Lord Byron, un poète excentrique, s'était marié avec sa mère, Annabella, très rigoureuse et passionnée de mathématiques. Cet amour, elle l'a transmis à sa fille en espérant contrecarrer le caractère fantasque hérité de son père. Le résultat a été particulièrement réussi : en travaillant avec Babbage et de façon visionnaire, Ada Lovelace a établi les bases des sciences informatiques. Dans une célèbre note, elle propose une méthode (le premier programme d'ordinateur en quelque sorte) permettant de calculer les nombres de Bernoulli sur une machine à calcul programmable, créant ainsi ce qui deviendra ensuite l'algorithme. Mais, en esprit éclairé, elle a l'intuition que tout objet représentable par des symboles, comme la musique ou les images, pourrait être manipulé par un ordinateur. Elle pose enfin la question de savoir si un ordinateur pourrait être considéré comme intelligent. Un thème qui suscite aujourd'hui encore de nombreux débats !

Au milieu du XIX^e siècle, en travaillant avec Charles Babbage et de façon visionnaire, Ada Lovelace a établi les bases des sciences informatiques.

Dès la fin des années 1930, en Allemagne, en Angleterre et aux États-Unis ont été développées des machines à calcul programmables. Celles-ci étaient basées sur le langage binaire, des suites de 0 et de 1 comme dans les cartes des métiers à tisser. La guerre, avec ses besoins de calculs importants (tables de tir, calcul des positions des bateaux et des avions liés au développement du radar...), a poussé des travaux de plus en plus sophistiqués pour inventer et construire ces premiers ordinateurs. Le 0 ou le 1 étaient au début obtenus par des relais électromécaniques, comme dans la machine allemande Z3. Mais les machines américaines et anglaises ont, elles, fait appel à une autre découverte : la lampe à vide. Celle-ci permet, comme les relais électromécaniques, de définir un 0 (en dessous d'une certaine tension, le courant ne passe pas) et le 1 (le courant passe au-dessus d'une certaine tension). Initialement appliquée au téléphone, ce fut l'origine des premiers ordinateurs électroniques.

GRACE HOPPER, LA PIONNIÈRE DU SOFTWARE

Même avec des lampes à vide, l'utilisation de ces machines était cependant lourde et fastidieuse. La programmation se faisait en branchant des connexions, programmer une machine nécessitait de mettre en forme des suites entières de connexions. Pour leurs concepteurs masculins, le travail noble était de concevoir et de développer les machines. La programmation, elle, était alors considérée comme secondaire. Dans une vision probablement un peu machiste de la séparation du travail, les organismes chargés de faire fonctionner ces machines ont donc embauché... des mathématiciennes. Lorsque l'on voit, de nos jours, l'importance et la diversité créative de ce que l'on appelle le software, on mesure le manque d'anticipation des hommes de l'époque ! Ce sont donc des femmes qui, très rapidement, ont formalisé les méthodologies de programmation. En particulier l'une d'entre elles : Grace Hopper. Elle a eu l'idée d'inventer un intermédiaire entre le langage mathématique facilement exprimable sur le papier et le langage machine fait de connexions branchées ou débranchées. Ce fut l'invention du premier compilateur.

Dès les années 1950, il a été possible de remplacer les lampes et les relais des ordinateurs prototypes par des transistors qui amenaient les mêmes fonctions que la lampe à vide mais dans un semi-conducteur solide. IBM a mis sur le marché le premier ordinateur à transistors commercial en 1954 : c'était le début d'une évolution impressionnante liée à la miniaturisation. À la fin des années 1970, le premier ordinateur per-

Les progrès techniques étaient, certes, au rendez-vous, mais ce sont les besoins du grand public qui ont piloté les transformations des ordinateurs.

))) sonnel a été lancé par une jeune société : Apple. Ont alors suivi plus de trente ans d'innovations majeures qui ont changé notre façon d'interagir avec les ordinateurs et ont conduit aux succès que l'on connaît.

CONVERGENCE FINALE DE L'ORDINATEUR, D'INTERNET ET DU TÉLÉPHONE

La suite du développement des ordinateurs individuels, puis de ceux du numérique a été conduite par leur utilisation : les progrès techniques étaient, certes, au rendez-vous, mais ce sont les besoins du grand public qui ont piloté les transformations des ordinateurs. Un des exemples les plus frappants reste celui de l'introduction du Macintosh. Au début des années 1980, l'entreprise de photocopieurs Xerox avait créé le Xerox Parc, un laboratoire hors de ses murs pour inventer la bureautique du futur. Les ingénieurs de Xerox Parc avaient inventé toute une série d'interfaces utilisateurs révolutionnaires, qu'ils avaient intégrées à une machine visionnaire, le Xerox Star. Celle-ci fut un échec commercial pour de multiples raisons, dont la principale était un coût prohibitif. Elle est donc restée à l'état d'invention. Steve Jobs, le jeune patron d'Apple, avait visité Xerox Parc, et avait été très impressionné par ce travail. Il décida alors de concentrer tous les efforts d'Apple pour développer une nouvelle machine utilisant ces innovations. C'est ainsi que le Macintosh s'est retrouvé pourvu d'une souris et d'une interface utilisateur présentant des fichiers sur un bureau et des menus déroulants à la place des lignes de codes qu'il fallait taper en lettres pour donner des ordres à son ordinateur. Par la suite, le design, à la fois en tant qu'expérience utilisateur et sur le plan esthétique, a conduit le monde des ordinateurs personnels à innover constamment.

La multiplication des ordinateurs partout dans le monde et la multiplicité des connexions entre eux ont conduit à développer la transmission d'informations par paquet, qui a donné naissance à Internet dans les années 1980-1990. Indépendamment, à la même période, le téléphone mobile a fait son apparition. L'objet a induit un changement complet dans nos rapports au téléphone : alors qu'un téléphone fixe est lié à un lieu, un mobile est lié à une personne. C'est cet élément sociologique qui est à l'origine de

l'immense succès de la téléphonie mobile, plus que le progrès technologique qu'elle représente.

Avec l'arrivée du Blackberry (offrant dès 2003 les communications e-mail sur téléphone), puis, surtout de l'iPhone en 2007, on a abouti à la convergence finale de l'ordinateur, d'Internet et du téléphone. C'est ce qui nous permet aujourd'hui d'avoir dans la poche un ordinateur ultrapuissant, connecté à Internet et chargé d'applications originales, et qui permet, même, si nécessaire... de téléphoner.

On a devant nous des évolutions encore spectaculaires : l'électronique fera encore des progrès, l'arrivée des connexions optiques remplacera peut-être un jour les connexions électriques, des « puces » quantiques viendront peut-être un jour accélérer de façon extraordinaire certaines tâches. L'ordinateur accomplit depuis toujours des fonctions que personne n'aurait pu imaginer, cela veut-il dire qu'il sera « plus » intelligent que l'homme ? Certainement pas, ce sera toujours l'homme qui contrôlera ce qu'une machine, même ultraperformante, fera. ★

Ce texte est dédié à Jean-Pierre Kahane : un très grand scientifique et un homme exceptionnel.



En 1951, le Bureau du recensement des États-Unis est la première administration à s'équiper d'un Univac, le premier ordinateur commercial créé outre-Atlantique.

EN SAVOIR PLUS

Le site de l'Académie des sciences : www.academie-sciences.fr

« **Les Innovateurs** », de Walter Isaacson. JC Lattès, 2015 ; Le Livre de poche, 2017.

« **Steve Jobs** », de Walter Isaacson. JC Lattès, 2011 ; Le Livre de poche, 2012.

« **Découverte fondamentale, invention technologique, innovation : un voyage scientifique** », cours de Didier Roux au Collège de France, 2016-2017, vidéos en ligne sur www.college-de-france.fr/site/didier-roux/course-2016-2017.htm