

LE TEST DE LOVELACE

Les œuvres d'art font les règles, les règles ne font pas les œuvres d'art.

Claude Debussy

QU'ELLE ÉTAIT BELLE, cette machine. Des rouages aux dents ornées de chiffres, empilés sur des tiges mues par une manivelle que l'on tournait. Subjuguée, Ada Byron, âgée de dix-sept ans, actionnait la poignée de la machine de Charles Babbage pour la voir faire défiler les chiffres, calculer carrés et cubes, et même des racines carrées. Byron avait toujours été fascinée par les machines, une fascination alimentée par les tuteurs auxquels sa mère avait été ravie de la confier.

Quelques années plus tard, alors qu'elle étudiait les plans de la machine analytique de Babbage, Ada, qui avait entre-temps épousé le comte de Lovelace, se rendit compte qu'il s'agissait de bien plus qu'une simple calculatrice. Elle commença à consigner ses capacités potentielles. « La machine analytique n'a rien en commun avec de quelconques "machines à calculer". Elle occupe une position tout à fait à part, et les considérations qu'elle laisse entrevoir sont de nature plus intéressante. »

Il est aujourd'hui admis que les notes d'Ada Lovelace constituent les premières étapes de la création du code. Cet embryon d'idée s'est développé jusqu'à engendrer la révolution de l'intelligence artificielle qui déferle sur le monde d'aujourd'hui, grâce aux travaux de pionniers comme Alan Turing, Marvin Minsky et Donald Michie. Toutefois, Lovelace émettait des réserves quant à ce que pouvait accomplir une machine quelle qu'elle soit : « Il est souhaitable de se prémunir face à la tentation qui pourrait advenir de prêter des pouvoirs exagérés à la machine analytique. La machine analytique n'a nullement la prétention de créer quelque chose par elle-même. Elle peut exécuter tout ce que nous saurons lui ordonner. » La machine avait des limites, elle en était persuadée : on ne pouvait en retirer plus que ce que l'on y avait mis.

Cette idée est restée un dogme de l'informatique pendant de longues années. Elle est notre rempart contre la peur de déclencher quelque chose que nous ne pourrions pas contrôler. D'aucuns ont avancé que pour doter une machine d'une intelligence artificielle, il faudrait d'abord comprendre l'intelligence humaine.

Ce qui se passe dans nos têtes demeure un mystère, mais ces dernières années, on a assisté à l'émergence d'une nouvelle façon de concevoir le code. On est passé d'une vision de la programmation *top-down*, dite descendante, du sommet vers la base, à une approche *bottom-up*, dite ascendante, de la base vers le sommet, pour permettre à l'ordinateur de tracer son propre chemin. Il est possible de laisser les algorithmes arpenter le paysage numérique et apprendre exactement comme le fait un enfant. Le code créé aujourd'hui par l'apprentissage artificiel accomplit de fabuleuses percées, permettant d'identifier des caractéristiques passées inaperçues dans l'imagerie médicale, et d'investir habilement en Bourse. La nouvelle génération de codeurs est convaincue qu'elle va enfin pouvoir prouver qu'Ada Lovelace avait tort, et que l'on peut obtenir d'une machine plus que ce que l'on y a mis.

Pourtant, il subsiste un domaine de l'entreprise humaine dont nous sommes certains qu'il échappera à jamais à l'emprise des machines : la créativité. Nous sommes dotés de cette capacité extraordinaire à imaginer, innover et créer des œuvres d'art qui élèvent, étendent et transforment le sens même de ce que nous sommes. Ces jaillissements ont pour origine ce que j'appelle le code humain.

Nous pensons que ce code n'existe que parce que nous sommes humains, car il est le reflet de ce que signifie être humain. Le Requiem de Mozart nous offre l'occasion de réfléchir à notre propre mortalité. Une représentation d'*Othello* nous permet d'explorer le paysage émotionnel de l'amour et de la jalousie qui est le nôtre. Un portrait de Rembrandt semble saisir tellement plus que la simple image de son sujet. Comment une machine pourrait-elle un jour espérer remplacer, voire seulement concurrencer, Mozart, Shakespeare ou Rembrandt ?

Je dois préciser d'emblée que mes références culturelles reposent avant tout sur les réalisations artistiques occidentales. C'est cet art-là que je connais, cette musique avec laquelle j'ai été élevé, cette littérature que je lis principalement. Il serait passionnant de savoir si d'autres cultures sont davantage susceptibles d'être restituées par une machine, mais j'ai le sentiment que nous sommes là face à un défi universel qui transcende les frontières culturelles. Aussi, tout en regrettant que mon point de vue soit ainsi centré sur l'Occident, j'estime qu'il nous fournira des bases appropriées pour évaluer la créativité de nos rivaux numériques.

La créativité humaine ne se limite évidemment pas aux arts : la gastronomie moléculaire du chef Heston Blumenthal, étoilé au *Michelin*, les tours de passe-passe footballistiques du buteur néerlandais Johan Cruyff, les édifices tout en courbes de l'architecte Zaha Hadid, l'invention du Rubik's Cube par le Hongrois Ernő Rubik. Même le développement du code nécessaire pour jouer à un jeu comme *Minecraft* devrait être considéré comme l'un de ses grands accomplissements.

Cela peut en revanche paraître plus surprenant, mais la créativité est un élément important dans mon univers, celui des mathématiques. Une des raisons qui me poussent à passer des heures à mon bureau à inventer des équations et élaborer par écrit des démonstrations, c'est la séduisante possibilité de créer quelque chose de nouveau. Mon plus grand moment de créativité, sur lequel je ne cesse de revenir, c'est le jour où j'ai conçu un objet symétrique inédit. Personne ne savait que cet objet était possible. Mais, après des années de labeur et un bref instant d'inspiration lumineuse, j'ai tracé, dans mon carnet de notes jaune, l'ébauche de cette nouvelle forme. Le frisson de passion pure que l'on ressent en pareille situation est ce qui rend la créativité si attirante.

Mais qu'entendons-nous en réalité par ce mot si vague ? Ceux qui ont essayé de définir cette notion s'accordent généralement autour de trois idées : la créativité, c'est la pulsion qui incite à inventer quelque chose de nouveau, d'étonnant, et qui a de la valeur.

Il s'avère qu'il est aisé de produire de la nouveauté. Je peux demander à mon ordinateur de débiter une série sans fin de propositions de nouveaux objets symétriques. La surprise et la valeur, elles, sont plus difficiles à obtenir. Dans le cas de ma création symétrique, j'ai été légitimement surpris par ce que j'avais développé, et il en allait de même d'autres mathématiciens. Personne ne s'était attendu à l'étrange connexion que j'avais mise au jour entre cet objet symétrique et le sujet, sans lien, de la théorie des nombres. Et ce qui conférait sa valeur à cet objet, c'est qu'il laissait entrevoir une façon innovante de comprendre un domaine des mathématiques qui regorgent de problèmes non résolus.

Nous sommes tous englués dans des schémas de pensée. Nous croyons voir comment l'histoire va évoluer, puis, soudain, nous sommes entraînés dans une direction imprévue. Cet élément de surprise nous rend attentifs. C'est peut-être pour cela que nous éprouvons une sorte d'excitation quand nous sommes face à un acte créatif, qu'il émane de nous ou d'un autre.

Mais qu'est-ce qui fait la valeur de quelque chose ? Est-ce simplement une question de prix ? Doit-elle être reconnue par autrui ? Je peux accorder de la valeur à un poème, ou à un tableau que j'ai créé, mais l'idée que je me fais de sa valeur risque fort de ne pas être partagée par le plus grand nombre. Un roman riche en surprises et en rebondissements peut s'avérer d'une valeur limitée. En revanche, une approche audacieuse ou inattendue de la narration, de l'architecture ou de la musique qui commence à être adoptée par

d'autres, et qui change la façon que nous avons de voir ou de vivre les choses, sera généralement reconnue comme ayant de la valeur. C'est ce que Kant définit comme « la valeur exemplaire de l'originalité », un acte original qui devient une source d'inspiration pour d'autres. On a longtemps considéré que cette forme de créativité était uniquement humaine.

Or, toutes ces expressions sont, à un certain stade, le produit d'une activité neuronale et chimique. C'est le code humain que des millions d'années d'évolution ont perfectionné dans notre cerveau. Lorsqu'on étudie en détail les jaillissements créatifs de l'espèce humaine, on commence à s'apercevoir que le processus de création est régi par des règles. Notre créativité serait-elle plus algorithmique et ordonnée que nous ne sommes prêts à l'admettre?

Ce livre a pour ambition de pousser la nouvelle IA dans ses retranchements afin de déterminer si elle peut égaler, voire surpasser, les merveilles de notre code humain. Une machine peut-elle peindre, composer de la musique ou écrire un roman? Peut-être n'est-elle pas capable de rivaliser avec Picasso, Mozart ou Shakespeare, mais pourrait-elle être aussi créative que nos enfants quand ils écrivent une histoire ou dessinent? En interagissant avec l'art qui nous émeut et en comprenant ce qui le distingue de la banalité, de la platitude, une machine pourrait-elle apprendre à être créative? Plus encore, serait-elle en mesure d'accroître notre propre créativité et de nous aider à saisir des occasions que nous aurions manquées sans elle?

La créativité est une notion floue, que l'on peut définir de bien des façons selon les circonstances. Je me concentrerai principalement sur le défi de la créativité artistique, mais cela ne veut pas dire que c'est la seule forme de créativité possible. Quand mes filles construisent leurs châteaux en Lego, elles font preuve de créativité. *Idem* quand mon fils emmène son équipe à la victoire, il est salué pour cette même capacité à son poste de milieu de terrain. Nous pouvons chaque jour trouver des solutions créatives à des problèmes, et gérer des organisations avec créativité. Et, comme je vais le démontrer, les mathématiques sont une discipline beaucoup plus créative qu'on ne le pense, qui a en fait beaucoup en commun avec les arts.

L'impulsion créatrice est un élément clé qui distingue l'homme des autres animaux, et pourtant, nous la laissons souvent stagner en nous, pris au piège de nos existences conventionnelles, esclaves de la routine. Pour être créatif, il faut se secouer et sortir des sentiers battus que nous nous traçons jour après jour. C'est là qu'une machine interviendrait: peut-être pourrait-elle justement stimuler ce sursaut, nous envoyer une nouvelle suggestion, nous empêcher de nous contenter de répéter quotidiennement le même algorithme. Ce sont peut-être les machines qui, au bout du compte, pourraient nous aider, nous les êtres humains, à moins de nous comporter comme des machines.

Vous vous demandez peut-être pourquoi c'est un mathématicien qui vous invite à ce voyage. La réponse toute simple est que l'IA, l'apprentissage artificiel (ou automatique), les algorithmes et le code sont tous fondamentalement mathématiques. Si vous voulez comprendre comment et pourquoi les algorithmes qui contrôlent la vie moderne font ce qu'ils font, il vous faut comprendre les règles mathématiques qui les sous-tendent. Sinon, vous allez vous faire chahuter par les machines.

L'IA représente un formidable défi pour nous autres humains car elle nous montre que bon nombre des tâches que nous entreprenons peuvent être accomplies tout aussi bien, sinon mieux, par les machines. Mais plutôt que de nous intéresser à un avenir fait de voitures sans conducteurs et de médecine informatisée, ce livre a pour objet de savoir si ces algorithmes sont de sérieux concurrents pour la puissance du code humain. Les ordinateurs peuvent-ils être créatifs? Que veut dire être créatif? Dans quelle mesure notre réaction émotionnelle à une œuvre d'art est-elle un produit de notre cerveau qui réagit à la structure et au motif? C'est entre autres cela que nous allons explorer.

Il ne s'agit pas juste d'un défi intellectuel captivant. Tout comme notre production artistique nous permet de mieux pénétrer le code complexe qui régit notre cerveau, nous verrons comment l'art produit par les ordinateurs nous fournit un moyen incroyablement puissant de comprendre le fonctionnement du code. Souvent, quand le code apparaît de cette façon, par la base, les codeurs ne comprennent pas vraiment comment le code final opère. Pourquoi prend-il cette décision? L'art qu'il crée peut constituer une puissante loupe grâce à laquelle nous pourrions accéder aux décisions subconscientes du nouveau code.

Mais il peut aussi révéler les limites et les dangers inhérents à la création d'un code que l'on ne comprend pas pleinement.

J'ai une autre raison, plus personnelle, de vouloir me lancer dans cette aventure. Je traverse actuellement une crise existentielle profonde. J'en suis à me demander, face au raz-de-marée des développements de l'IA, si l'homme pourra encore exercer le métier de mathématicien dans les décennies à venir. Les mathématiques sont une affaire de nombres et de chiffres. N'est-ce pas ce qu'un ordinateur fait le mieux ?

Pour me défendre face aux ordinateurs qui tapent à la porte de notre discipline et réclament leur place à notre table, je soutiens que si les mathématiques sont certes affaire de nombres et de logique, elles sont aussi un sujet extrêmement créatif, où la beauté et l'esthétique jouent un rôle. Dans ce livre, je veux prouver que les mathématiques que nous partageons dans nos séminaires et nos publications ne sont pas seulement le résultat de gens qui actionnent des manivelles. L'intuition et la sensibilité artistique sont des qualités importantes chez un bon mathématicien. Ce sont assurément là des talents que l'on ne pourra jamais programmer dans une machine. Vraiment ?

C'est la raison pour laquelle, en tant que mathématicien, je suis de près les succès remportés par l'IA dans les galeries d'art, les salles de concert et les maisons d'édition du monde entier. Le grand mathématicien allemand Karl Weierstrass a écrit : « Un mathématicien qui n'a pas quelque chose d'un poète ne sera jamais un vrai mathématicien. » Comme l'incarne si bien Ada Lovelace, il faut tenir autant de Byron que de Babbage. Bien qu'elle pensât que les machines étaient limitées, Lovelace commença à entrevoir que leurs rouages étaient peut-être capables d'exprimer un côté plus artistique :

« Elle pourrait agir sur d'autres choses que les nombres [...] en présumant, par exemple, que les relations fondamentales des sons dans la science de l'harmonie et de la composition musicale seraient susceptibles de telles expressions et adaptations, la machine pourrait composer des morceaux de musique raffinés et scientifiques de quelque degré de complexité ou d'étendue que ce soit. »

Elle restait cependant convaincue que tout acte de créativité dépendrait du codeur et non de la machine. Est-il possible de faire basculer cet équilibre en faveur du code ? Les codeurs modernes en sont persuadés.

À l'aube de l'IA, Alan Turing a suggéré un test, désormais célèbre, pour mesurer l'intelligence d'un ordinateur. Je souhaiterais aujourd'hui en proposer un nouveau : le test Lovelace. Pour le réussir, un algorithme doit produire une œuvre d'art de telle façon que l'on puisse en reproduire le processus (autrement dit, elle n'est pas le résultat d'une erreur matérielle), et pourtant, le programmeur doit être incapable d'expliquer comment l'algorithme a obtenu ce résultat. Voilà le défi que nous lançons aux machines : qu'elles aboutissent donc à quelque chose de nouveau, d'étonnant, et qui ait de la valeur. Pour estimer qu'une machine est véritablement créative, il faut en passer par une étape supplémentaire : sa contribution doit être plus que l'expression de la créativité du codeur ou de la personne qui a établi l'ensemble de données. Ce défi, Ada Lovelace le pensait insurmontable.



MARCUS DU SAUTOY enseigne à l'Université d'Oxford, où il a succédé à Richard Dawkins à la chaire de mathématiques. Il intervient, entre autres, au Collège de France, anime une émission sur la BBC 4 et collabore au *Times* et au *Guardian*. Ce professeur génial a pour passions le piano, le trombone et son équipe locale de football. Les Éditions Héloïse d'Ormesson ont notamment publié *La Symphonie des nombres premiers* (2005) et *La Symétrie* (2012).

Marcus du Sautoy, Le Code de la créativité
Roman traduit de l'anglais par Raymond Clarinard

416 pages | ISBN 978-2-35087-770-0 | 23 €

© Éditions Héloïse d'Ormesson, 2020 | www.heloisedormesson.com