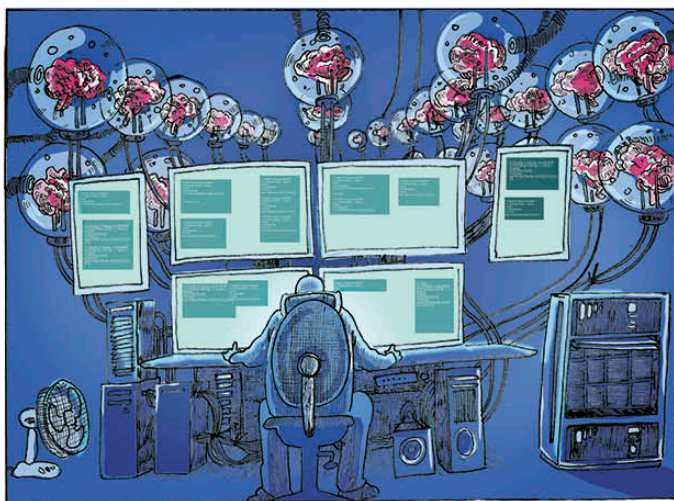


100
QUESTIONS/RÉPONSES



L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET SES APPLICATIONS

Lamia El Badawi



L'intelligence caractérise toutes les espèces vivantes, elle est inhérente à la vie. Qu'elle soit humaine ou animale, elle est naturelle. La notion d'intelligence est présente dans toutes les cultures mais il est difficile d'en dégager une définition unanimement admise. Sur le plan étymologique, le terme « intelligence » provient du latin *intellegentia*, dérivé de *intellegere* qui signifie comprendre. Le préfixe *inter* et le radical *legere* ou *ligare* désignent la capacité de faire des liens entre des éléments séparés. L'intelligence s'appréhende donc davantage par ce qu'elle permet de réaliser que par ce qu'elle est. Ce que l'on appelle intelligence recouvre les facultés dont les êtres vivants usent pour réaliser leurs objectifs. Nombre de disciplines ont tenté de définir cette notion sans pour autant parvenir à un consensus. Les définitions de l'intelligence sont le reflet des sociétés. Notre époque accorde sa confiance aux chiffres ; elle s'est donc entichée du QI. Le concept d'intelligence et sa mesure, exprimée par le QI, sont fréquemment utilisés comme des synonymes. En réalité, ce quotient ne mesure pas l'intelligence, il se contente de comparer les performances cognitives d'un individu par rapport à ses pairs du même âge, avec les marges d'erreurs que cela implique. Une clarification conceptuelle est, dès lors, un préalable indispensable à toute discussion sur l'intelligence.

Existe-t-il une forme unique d'intelligence ou plusieurs formes d'intelligence indépendantes chacune d'entre elles, spécifique à un domaine de compétence ? Telle est la question à laquelle de nombreux spécialistes ont tenté de répondre pendant plusieurs décennies.

Au début du XX^e siècle, Charles Spearman, psychologue britannique, publie un article qui fera date : « *L'intelligence générale objectivement déterminée et mesurée* ». Spearman affirme qu'un facteur général, qu'il nomme le facteur *g*, détermine un même niveau de performance pour l'ensemble des capacités intellectuelles, ce qui signifie que l'intelligence serait une seule et même entité. Trente ans plus tard, le psychologue américain Louis Thurstone adopte une approche différente et isole sept aptitudes, dont trois contenus (verbal, numérique et spatial), trois fonctions (mémoire, induction et déduction) et une septième aptitude : la fluidité verbale. Thurstone considérait ces aptitudes primaires comme indépendantes et définissait l'intelligence comme un ensemble hétérogène.

Après des décennies de débats, un large consensus s'est établi autour du modèle hiérarchique de l'Américain John Bissell Carroll qui, en 1993, a synthétisé les travaux existants. Carroll conçoit l'intelligence comme une pyramide à trois niveaux : à la base, on trouve des compétences spécifiques, telles que les capacités de raisonnement, la mémoire visuelle, la fluidité des idées, la facilité à manier les chiffres et le vocabulaire. Au deuxième niveau, ces capacités se regroupent en macrocompétences dont la mémoire, la vitesse de traitement de l'information, etc. Au sommet de la pyramide, se trouve un facteur d'intelligence générale, soit le facteur g.

Le psychologue américain Howard Gardner propose, quant à lui, une théorie multifactorielle. Il identifie sept, puis neuf formes d'intelligence : linguistique, logico-mathématique, spatiale, kinesthésique, musicale, interpersonnelle (faculté à bien comprendre les autres) et intrapersonnelle (faculté à bien se comprendre soi-même), naturaliste (capacité à reconnaître les animaux, les plantes) et existentielle. Cette théorie connaît un certain succès auprès du grand public, notamment dans les milieux éducatifs. Les psychologues et les neuroscientifiques déplorent, quant à eux, son faible intérêt scientifique, et surtout l'absence d'une tentative de modélisation des relations entre les différentes formes d'intelligence.

D'autres chercheurs ont proposé d'élargir le concept d'intelligence. À partir des années 1990 ont ainsi été étudiées l'intelligence sociale, l'intelligence émotionnelle et l'intelligence pratique. Et des instruments d'évaluation de ces types d'intelligence ont été mis au point.

Il n'est donc pas aisé de définir l'intelligence. On admet aujourd'hui une conception assez large de l'intelligence comme étant l'ensemble des capacités cognitives permettant la compréhension des choses et des faits ainsi que leur analyse. Si définir l'intelligence est déjà difficile, comprendre son fonctionnement l'est encore davantage. Au-delà du débat sur les facteurs généraux ou spécifiques, le problème qui se pose est de savoir comment les différentes composantes de l'intelligence s'organisent et interviennent, de façon dynamique, pour réaliser une activité intellectuelle.

Le projet de l'intelligence artificielle repose sur l'idée qu'une fois observés, compris et décrits, les différents aspects de l'intelligence humaine peuvent être réalisés par des ordinateurs, ce qui est pour le moins discutable. Certaines intelligences artificielles sont en effet conçues de manière à simuler l'intelligence humaine mais il ne s'agit que d'une simulation. L'intelligence artificielle n'est donc qu'une « intelligence », fabriquée grâce à des outils informatiques, et elle est artificielle.

La notion d'« intelligence artificielle » (IA) est entrée dans le langage courant, mais il n'en existe pas véritablement de définition unanimement partagée. Définir l'intelligence artificielle n'est donc pas chose aisée, car chacun en a une vision différente. La science-fiction et les productions cinématographiques ont notamment contribué à façonner les rapports qu'entretient le grand public avec l'IA et à donner l'illusion qu'elle pourrait accomplir bien davantage que ce qu'elle pourrait raisonnablement réaliser.

L'intelligence artificielle n'est pas une technologie au sens propre, mais plutôt une discipline scientifique pluridisciplinaire, qui réunit un ensemble de théories et de techniques, ayant un objectif ambitieux : comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire en créant des systèmes cognitifs comparables à ceux de l'être humain. Autrement dit, il s'agit de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles comparables à celles des êtres humains telles que le raisonnement, la planification et la créativité. L'IA serait donc un ensemble de méthodes, d'algorithmes et d'idées permettant de développer des outils qui peuvent accomplir certaines tâches réalisées par les humains : reconnaître les visages et les objets, conduire une voiture, traduire un texte dans une langue étrangère, etc. Tout système mettant en œuvre des mécanismes proches de celui d'un raisonnement humain pourrait ainsi être qualifié d'intelligence artificielle. C'est l'association de plusieurs disciplines qui a rendu possible le projet de créer une intelligence artificielle, celle-ci se situe entre autres à l'intersection de très nombreux domaines dont notamment l'informatique, les mathématiques appliquées, les sciences cognitives et les sciences du langage.

Il faut dire que la notion d'« intelligence artificielle » est assez anthropomorphique tant elle porte à croire que ces technologies seraient capables de reproduire le fonctionnement du cerveau humain. Selon Luc Julia, co-créateur de l'assistant vocal Siri d'Apple, il existe un malentendu autour du nom donné à cette discipline, malgré les dernières avancées technologiques en matière d'IA, car l'intelligence est réservée au vivant, et que l'on ne peut pas parler d'intelligence pour ces systèmes n'ayant pas la capacité d'innover. L'innovation serait en effet l'un des marqueurs de l'intelligence parce qu'elle permet d'aller au-delà de ce

que l'on connaît ou du possible. La machine n'a pas cette capacité, elle reste cantonnée à son domaine de spécialisation. La confusion entourant aujourd'hui l'intelligence artificielle serait liée à l'association malheureuse des mots « intelligence » et « artificielle ».

L'adjectif « artificiel » associé au terme intelligence illustre d'ailleurs cet aspect, puisqu'une machine est programmée pour faire semblant de se comporter comme un être humain. En réalité, cette simulation nécessite toujours en amont une intervention humaine ; le programme informatique ne faisant qu'accomplir des tâches pour lesquelles il a été programmé. La programmation informatique peut toutefois reproduire des mécanismes cognitifs humains, tels que la logique déductive.

Il est vrai que ladite IA permet d'amplifier l'intelligence humaine, en analysant des données en quantité et à une vitesse inaccessibles à l'homme afin d'en tirer des conclusions réutilisables. Elle peut donc être considérée comme un outil puissant dans un domaine particulier augmentant les capacités humaines, sans pouvoir s'y substituer. Logiquement, un outil sert à mieux réaliser la tâche pour laquelle il a été conçu, sans quoi il n'a aucun intérêt. L'IA peut même être supérieure aux meilleurs des humains, que ce soit pour jouer au jeu de go ou pour identifier une tumeur sur une radiographie. Elle est en revanche incapable d'utiliser toutes ses compétences en même temps afin d'analyser une situation ou former un raisonnement. Il n'y a donc pas lieu de développer un tel discours anxiogène vis-à-vis de l'IA, mais il convient de s'intéresser aux nouveaux risques, individuels et collectifs, qu'elles engendrent et d'essayer de poser un cadre clair pour son développement afin d'éviter les éventuelles dérives.

Il existe plusieurs types d'intelligence artificielle, mais il y a une différence fondamentale entre la branche de la programmation qui élabore des solutions pertinentes à des problèmes spécifiques et celle cherchant à modéliser et simuler les fonctions du cerveau humain. C'est ce que l'on appelle l'informatique neuromorphique. De façon littérale, « neuro-morphique » signifie qui imite le cerveau.

Le terme « informatique neuromorphique » est né dans les années 1980 avec les travaux de Carver Mead, chercheur en informatique au *California institute of technology* (Caltech). Le domaine de l'informatique neuromorphique est transversal et regroupe la biologie, l'ingénierie électrique, l'informatique et les mathématiques afin de créer des réseaux de neurones artificiels inspirés du système nerveux et du cerveau humain. D'une certaine manière, l'informatique neuromorphique représente une passerelle entre le cerveau humain et l'ordinateur. Bien qu'inventée dans les années 1980, l'informatique neuromorphique n'en est encore qu'à ses balbutiements. Grâce aux avancées des neurosciences, l'idée est venue de concevoir des machines plus intelligentes fonctionnant comme le cerveau, avec des neurones et des synapses artificiels organisés en réseau.

Les neurosciences ont, à ce titre, permis d'estimer que le cerveau humain contient entre 86 et 100 milliards de neurones. Ces chiffres sont constamment révisés au fur et à mesure que de nouvelles recherches sont menées. Il est important de noter que le nombre de neurones n'est pas le seul facteur qui détermine l'intelligence. L'organisation et la complexité des réseaux de neurones jouent également un rôle crucial.

En comparaison, le « cerveau numérique » de l'entreprise américaine Intel, réputé être l'un des plus puissants au monde, ne comporte que 100 millions de neurones, soit le cerveau d'un petit mammifère. Son nouveau système de calcul neuromorphique Hala Point comprend, quant à lui, 1,15 milliard de neurones. Il sera dédié à la recherche. De fait, même l'ordinateur le plus puissant au monde ne peut surpasser, à l'heure actuelle, le cerveau humain dans tous les domaines.

Selon Jean-Louis Dessalles, chercheur en intelligence artificielle à Télécom Paris, les réseaux de neurones, notamment ceux de l'apprentissage profond, ne sont rien de plus qu'une machine à associer. Ce

pouvoir associatif permet de diagnostiquer les mélanomes, de maintenir un véhicule sur la route, etc. Ces réseaux acquièrent ainsi des formes d'expertise qui demandent aux humains des années d'études. Mais est-ce pour autant cela être intelligent ? Ce n'est évidemment qu'un aspect de l'intelligence qui correspondrait à l'apprentissage par cœur chez les humains. Il semble difficile de qualifier d'intelligent un individu apprenant par cœur une série de mots ou d'images. On conçoit que des activités faisant appel à la répétition, telles que la reconnaissance faciale, puissent être reproduites par des ordinateurs mais l'art, la spiritualité et, plus généralement, le génie humain leur resteront inaccessibles. Par ailleurs, les méthodes d'apprentissage actuelles ne permettent pas d'accréditer l'idée du cerveau humain fonctionnant comme une machine biologique, postulat issu de la cybernétique. En effet, nul besoin pour un humain de voir des milliers de photos de chats pour savoir en reconnaître un ; un enfant est capable de distinguer les caractéristiques d'un animal à partir de peu d'exemples.

Certains espèrent pourtant que l'informatique neuromorphique nous rapprochera de ce qui serait une intelligence artificielle générale, capable de reproduire les capacités du cerveau humain, mais personne n'est parvenu à la créer jusqu'à présent. Une intelligence artificielle concurrençant l'intelligence humaine n'existe donc pas. Mais ce rapprochement terminologique entretient une certaine ambiguïté qui favorise parfois la croyance au détriment du savoir. Quelques aspects de l'intelligence humaine peuvent en effet être imités par une machine, on parle alors de simulation et non de création d'une intelligence artificielle *ex nihilo*. L'accroissement de la vitesse de calcul ou la capacité de stockage ne créent pas automatiquement de l'intelligence. L'éducation, les relations sociales et culturelles, ainsi que les influences de l'environnement sont autant de facteurs qui modèlent le cerveau humain tout au long de sa vie. Il n'existe donc pas d'intelligences identiques. La seule intelligence des machines est en réalité celle que nous leur apportons. Au regard des technologies actuelles, il semble improbable que l'on assiste à l'émergence d'une intelligence artificielle comparable à une intelligence humaine.

Quels sont les différents types d'intelligence artificielle ?

Les systèmes d'intelligence artificielle deviennent de plus en plus puissants et envahissants. Au sens large, on classe sous ce vocable des systèmes qui sont du domaine de la pure science-fiction et des systèmes déjà opérationnels en capacité d'exécuter des tâches très complexes. Ces technologies sont en réalité classées en fonction de leur capacité à imiter les caractéristiques humaines, de la technologie qu'elles utilisent pour y parvenir et de leurs applications dans le monde réel.

En utilisant ces caractéristiques comme références, tous les systèmes d'intelligence artificielle peuvent être classés en trois catégories : l'intelligence artificielle étroite (*Artificial Narrow Intelligence* ou ANI), également connue sous le nom d'IA étroite ou d'IA faible, qui possède une gamme étroite de capacités ; l'intelligence artificielle générale (*Artificial General Intelligence* ou AGI), également appelée IA forte ou IA profonde, qui est à la hauteur des capacités humaines ; la superintelligence artificielle (*Artificial Super Intelligence* ou ASI), dont les capacités sont supérieures à celles de l'homme.

On appelle IA étroite ou faible (*narrow* ou *weak* en anglais) une intelligence artificielle concentrée sur une tâche précise. Elle est conçue pour accomplir des tâches uniques : par exemple, la reconnaissance faciale, les assistants virtuels, la conduite d'une voiture ou encore la recherche sur internet. Ces applications ne peuvent pas être comparées à l'intelligence humaine, car l'IA faible est destinée à une seule fonction telle que le filtrage des spams. Elle ne peut être dotée ni d'intelligence réelle ni de conscience de soi. En comprenant la parole et le texte en langage naturel, l'IA est programmée pour interagir avec les humains. L'assistant Siri d'Apple, par exemple, est un parfait exemple de ce qu'est l'IA faible. Il est formé pour comprendre certaines requêtes et répondre à un certain nombre de questions posées par l'être humain. Il est ainsi à même de comprendre et d'interpréter le langage, ou du moins une partie de celui-ci. Il s'agit bien d'une véritable prouesse technologique qui reste cependant limitée à un nombre de fonctions prédéfinies. Tous les systèmes actuellement existants sont considérés comme relevant de l'IA faible.

L'IA faible est définie par opposition à l'intelligence artificielle générale ou l'IA forte (*strong*). Une telle IA s'apparente à celles que l'on retrouve dans les films et romans de science-fiction. Ce type d'intelligence artificielle peut penser, comprendre et agir d'une manière indiscernable de celle d'un être humain dans une situation donnée. Pour y parvenir, les chercheurs doivent développer des modèles permettant la création de machines dotées d'esprit, de conscience et de sensibilité, soit un algorithme universel, capable d'apprendre et d'agir dans n'importe quel environnement. Une telle IA ne doit pas se limiter à reproduire ou à simuler, elle doit pouvoir comprendre réellement les humains et penser comme eux. Ces machines auraient ainsi la subtilité du cerveau humain couplée à la performance et la puissance de calcul de l'IA. Le passage d'une IA faible à une IA forte reste peu probable en raison du manque de connaissances approfondies sur le cerveau humain qui reste le modèle de création de l'intelligence générale. Les combinaisons d'IA faibles pourraient toutefois donner l'illusion d'une IA forte. Une amélioration de la capacité des machines à apprendre et à voir, grâce à l'exploitation des données massives provenant des échanges homme-machine en langage naturel, peut en effet donner l'illusion d'une évolution vers une IA forte. Il est toutefois très difficile de concevoir une machine dotée de capacités cognitives complètes malgré les avancées techniques.

En dépit de ces obstacles, certains prédisent un grand tournant technologique pour l'humanité à travers tout le discours faisant la promotion de la « singularité technologique », relayé en particulier par le technologue Ray Kurzweil ou le philosophe Nick Bostrom. Suivant ce scénario, le futur n'appartiendrait plus à l'homme mais à une nouvelle espèce, soit purement machine, soit hybride d'homme et de machine. Certains auteurs prédisent avec assurance que ce tournant décisif aura lieu au milieu du XXI^e siècle.

La superintelligence artificielle ne se contenterait alors plus d'imiter ou de comprendre l'intelligence et le comportement humains, elle parviendrait à les surpasser. Surpasser l'humain sur un plan intellectuel sous-entend que l'IA serait capable de prendre en main son propre destin ainsi que celui de l'humanité.

Cette superintelligence est depuis longtemps un thème privilégié de la science-fiction dystopique. Il nourrit l'imaginaire du grand public avec des œuvres créant un rapport ambivalent aux machines allant du