

# Comprendre l'intelligence artificielle

et les  
**IA génératives**

2<sup>e</sup> édition



Nicolas Sabouret

Dessins de Lizete De Assis

ellipses

# Introduction

Nous n'avons jamais cessé d'inventer des outils. Des pierres taillées et des harpons pour chasser à la Préhistoire. Des pioches et des fauilles pour cultiver, à l'apparition de l'agriculture. Des chariots pour transporter les charges lourdes... Et même des outils pour fabriquer d'autres outils ! Avec le temps, ils sont devenus de plus en plus complexes.

Puis nous avons inventé les machines.

Les premières sont les grues de l'Antiquité. Plus que de simples outils, les machines transforment l'énergie pour accomplir des tâches qu'un homme aurait du mal à réaliser seul. La voiture, le lave-linge, la tondeuse à gazon : nous ne pourrions plus nous passer de ces inventions.

L'intelligence artificielle donne l'impression de vivre une nouvelle révolution. Il semble possible de doter les machines d'une conscience, de leur permettre de penser, voire de nous dépasser. Perspective fascinante mais aussi inquiétante. C'est pourquoi chaque progrès de l'intelligence artificielle donne lieu à toute sorte de fantasmes.

Nos ancêtres ont certainement eu la même réaction, mêlée de peur et d'enthousiasme fébrile, lors de l'arrivée des premiers métiers à tisser à la Renaissance. Ces machines étaient capables d'accomplir des travaux qui, jusque-là, n'étaient réalisables que par des êtres humains. L'homme se trouvait soudain supplanté

par l'une de ses créations. Les uns parlaient de « machine du diable », les autres y voyaient un avenir où plus personne n'aurait besoin de travailler, les vêtements se fabriquant tout seuls ! L'histoire a montré que la vérité est un peu entre les deux.

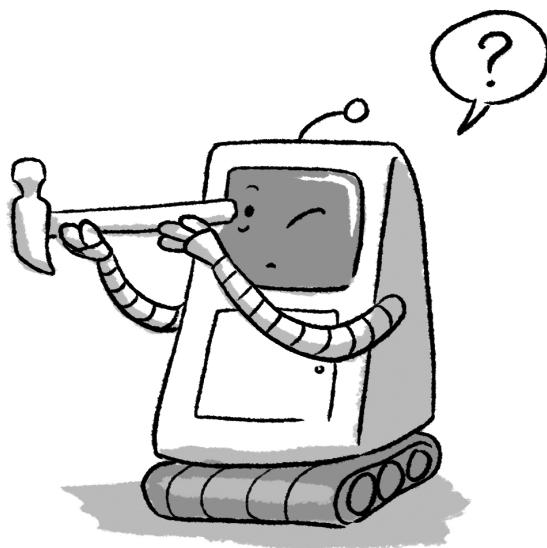
En 2016, beaucoup de gens se sont émus lorsqu'AlphaGo, le programme d'intelligence artificielle de Google, a battu Lee Sedol au jeu de Go. Ce programme s'est même payé le luxe de jouer un coup qu'aucun joueur humain n'avait anticipé. Nous avions construit une machine capable de surpasser les êtres humains sur leur terrain de prédilection : la réflexion stratégique.

Et alors ? Sommes-nous surpris qu'Usain Bolt se fasse battre au 100 mètres par une voiture ? Les humains ont toujours tenté de dépasser leurs limites. L'intelligence artificielle est simplement l'un des outils de ce dépassement !

Depuis 2022, tout le monde a entendu parler de ChatGPT, ce programme capable de répondre à n'importe quelle question plus vite qu'un humain, d'écrire des lettres de candidature sans aucune faute, et de parler de n'importe quel sujet dans n'importe quelle langue. Certains y voient la fin des travaux de rédaction, d'autres la réponse à tous leurs problèmes. Mais finalement de quoi parle-t-on ? Que sont ces programmes informatiques qui nous semblent si révolutionnaires ? Comment fonctionnent-ils ?

Lorsque j'ai publié ce livre en 2019, le grand public se passionnait déjà pour l'intelligence artificielle. Mon objectif était alors de démythifier notre rapport à l'IA. Car l'IA correspond assez peu à l'image montrée dans les romans de science-fiction. Elle ne ressemble en rien à l'intelligence humaine et n'a pas le projet secret d'asservir l'humanité. Il s'agit d'un formidable moteur de transformation du Monde, comme nous l'avons vu ces dernières années, mais cela reste un outil et, comme chaque outil créé par l'homme, il faut apprendre à le maîtriser et se prémunir de mauvais usages. C'est pour cela qu'il me semblait nécessaire de comprendre l'intelligence artificielle.

Depuis 2019, la fascination pour l'IA n'a fait que croître. Chaque semaine connaît son lot de nouvelles annonces tonitruantes. Il me semble donc toujours aussi urgent d'apaiser le débat et de comprendre de quoi nous parlons. Dans cette deuxième édition, nous prolongeons notre promenade au pays de l'IA en y intégrant les derniers outils de l'IA générative. J'espère, pour les nouveaux lecteurs comme pour les anciens, vous faire partager mon émerveillement pour cet outil extraordinaire mais aussi vous aider à comprendre son fonctionnement... et ses limites !







# Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

*Où l'on comprend ce que sont un ordinateur, un algorithme, un programme et en particulier un programme d'intelligence artificielle.*

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ? Avant de débattre du risque que les machines transforment les hommes en esclaves élevés dans des fermes à bétail, peut-être faut-il se demander en quoi consiste l'IA. Soyons clairs : l'intelligence artificielle ne cherche pas à rendre les ordinateurs intelligents. Les ordinateurs restent des machines. Elles effectuent bêtement ce qu'on leur demande de faire, rien de plus.

## Informatique et ordinateurs

Pour bien comprendre de quoi est capable ou non un ordinateur, il faut d'abord comprendre en quoi consiste l'informatique. Commençons par cela.

L'informatique est la science du traitement de l'information. Il s'agit de concevoir des machines qui traitent, de manière automatique, toute sorte d'information : des nombres, du texte, des images, etc.

Cela a commencé avec la machine à calculer. L'information consiste alors en des nombres et des opérations à effectuer. Par exemple :

$$346 + 78 = ?$$

Puis comme ce fut le cas pour les outils de la Préhistoire, de progrès en progrès, l'information traitée est devenue de plus en plus complexe. Elle est passée du nombre au mot, à l'image, au son. Aujourd'hui, nous savons construire des machines qui écoutent ce qu'on leur dit (c'est « l'information ») et qui s'en servent pour effectuer ce qu'on leur a demandé. Par exemple, lorsque vous demandez à votre i-Phone : « Siri, dis-moi à quelle heure est mon rendez-vous chez le médecin ». L'ordinateur est la machine qui traite cette information.

## Ordinateurs et algorithmes

Pour traiter l'information, l'ordinateur applique une méthode appelée *algorithme*. Essayons de comprendre ce dont il s'agit.

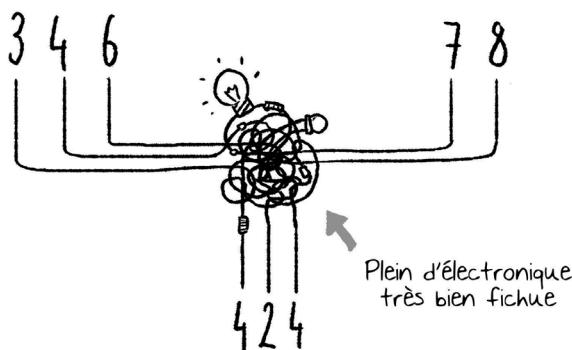
Lorsque vous êtes allé à l'école, vous avez appris à faire une addition : il faut poser les nombres en colonnes, les chiffres bien alignés ; ensuite, vous calculez la somme des unités. S'il y a une retenue, vous la notez puis vous ajoutez les dizaines. Et ainsi de suite.

$$\begin{array}{r} & ^1 & ^1 \\ & 3 & 4 & 6 \\ + & & 7 & 8 \\ \hline = & & 4 & 2 & 4 \end{array}$$

Cette méthode est un « algorithme ».

Les algorithmes sont les recettes de cuisine des mathématiques : cassez les œufs dans le bol, mélangez, versez dans la poêle... C'est la même chose. Comme la recette de l'omelette dans un livre de cuisine, vous pouvez écrire un algorithme pour décrire n'importe quel traitement de l'information. Par exemple, pour calculer une addition. Nous pouvons alors apprendre ces algorithmes et les appliquer.

Dans une calculatrice, l'algorithme est transformé en un ensemble de câblages électroniques. Nous obtenons alors une machine capable, lorsqu'on lui fournit deux nombres, de calculer et d'afficher le résultat de leur addition. Ces trois notions (la recette de cuisine, l'algorithme et la machine électronique qui effectue l'algorithme) sont plus ou moins complexes, mais elles sont bien maîtrisées : un cuisinier sait écrire et réaliser une recette ; un informaticien sait écrire un algorithme ; un ingénieur en électronique sait construire une calculatrice.

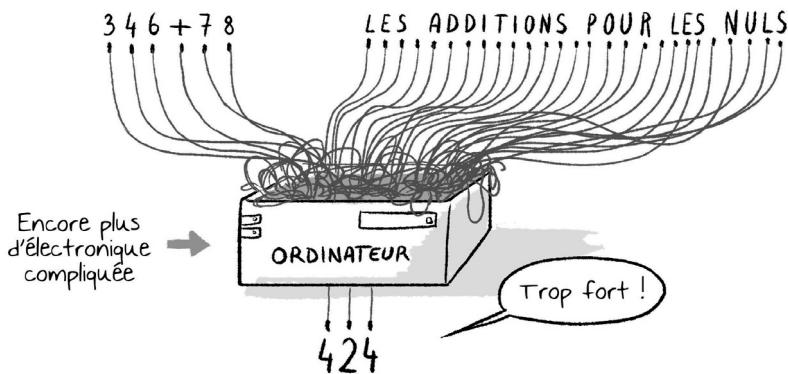


## Algorithme et informatique

L'idée de l'informatique est de considérer que l'algorithme est lui-même de l'information.

Imaginons qu'il soit possible de décrire notre recette de l'addition sous la forme de nombres ou d'autres symboles interprétables par une machine. Et imaginons qu'au lieu d'une calculatrice, nous construisions cette machine, un peu plus sophistiquée, à laquelle nous pouvons fournir deux nombres et notre algorithme de l'addition. Cette machine serait capable de « décoder » l'algorithme pour effectuer les opérations qu'il décrit. Que va-t-il se passer ?

Vous allez me dire : « bah oui, cela va faire une addition, et alors ? ». Et alors, de la même manière que la calculatrice peut être utilisée avec n'importe quel nombre pour faire des additions, cette même machine à décoder les algorithmes pourrait être utilisée avec n'importe quel autre algorithme, par exemple celui de la multiplication ! Et là, magie, on peut utiliser la même machine pour faire à la fois des additions et des multiplications !



Bon, je sens que l'excitation est à son comble... Faire des additions et des multiplications, cela ne vous paraît pas extraordinaire. Pourtant, cette idée géniale, que l'on doit à Charles Babbage (1791-1871), est à l'origine des ordinateurs ! Un ordinateur est une machine qui traite les données fournies sur un support physique (par exemple une carte perforée, une bande

magnétique, un disque numérique) en suivant un ensemble d'instructions elles-mêmes écrites sur un support physique (le même support que les données, en général) : c'est une machine qui exécute des algorithmes !

## La machine à tout faire

En 1936, Alan Turing propose un modèle mathématique des ordinateurs : les célèbres *machines de Turing*.

Une machine de Turing est constituée d'un ruban sur lequel on peut écrire des symboles. Pour mieux vous représenter la chose, imaginez une bobine de 35 mm au cinéma constituée de petites cases dans lesquelles vous pouvez mettre une photo. Dans une machine de Turing, nous n'utilisons pas des photos mais un *alphabet*, c'est-à-dire une liste de symboles (par exemple, 0 et 1 qui sont les symboles favoris des informaticiens). Dans chaque case, nous pouvons écrire un seul symbole.

Pour que la machine de Turing fonctionne, vous devez définir un ensemble de consignes numérotées comme ci-dessous :

Consigne numéro 1267:

    Symbole 0 → Avancer d'une case vers la droite,

        Passer à la consigne 3146

    Symbole 1 → Écrire 0,

        Avancer d'une case vers la gauche,

        Recommencer consigne 1267

La machine de Turing analyse le symbole contenu dans la case courante et applique la consigne.

Ce principe ressemble un peu aux livres dont vous êtes le héros : *notez que vous avez ramassé une épée et allez à la page 37*. La comparaison s'arrête ici. Contrairement au lecteur du livre dont vous êtes le héros, la machine ne choisit pas d'ouvrir le coffre ou de rentrer dans l'antre du dragon : elle fait uniquement ce que l'auteur du livre a inscrit sur la page et elle ne prend aucune décision.

Elle suit exactement ce qui est écrit dans l'algorithme.

Alan Turing a démontré que ses « machines » permettaient de reproduire n'importe quel algorithme, aussi compliqué soit-il. Or, justement, un ordinateur fonctionne exactement comme une machine de Turing : il dispose d'une mémoire (équivalent du « ruban » de la machine de Turing), il lit des symboles contenus dans ces cases mémoires et il applique les consignes définies à l'aide des câblages électroniques. Un ordinateur est donc une machine capable, en théorie, d'exécuter n'importe quel algorithme.

## Des programmes pour faire des programmes

Résumons. Un ordinateur est une machine munie d'une *mémoire* dans laquelle on inscrit deux choses : des données (ou plus généralement de l'information, d'où le nom *informatique*) et un algorithme, codé dans un langage particulier, qui définit un traitement sur ces données. L'algorithme écrit dans ce langage interprétable par la machine s'appelle un *programme informatique* et, lorsque la machine effectue ce qui est décrit dans l'algorithme, on dit que l'ordinateur exécute *le programme*.

Écrire un programme, nous le voyons bien avec les machines de Turing, est un peu plus complexe que dire simplement « mets les nombres en colonnes et fais la somme ». Cela ressemble plutôt à quelque chose comme :

```
Prendre le dernier chiffre du premier nombre
Prendre le dernier chiffre du deuxième nombre
Calculer la somme
    Noter le dernier chiffre dans la case « somme »
    Noter les chiffres précédents dans la « retenue »
    Recommencer à la colonne précédente
```

Il faut décrire très précisément, étape par étape, ce que doit faire la machine, en utilisant uniquement les opérations autorisées par

les petits câblages électroniques. Écrire des algorithmes de cette façon est très contraignant...

Les informaticiens ont donc inventé des langages et des programmes pour interpréter ces langages. Par exemple, nous demandons à la machine de transformer le symbole + en la suite d'opérations décrites ci-dessus.

Cela permet d'écrire les programmes plus facilement, en réutilisant des programmes déjà écrits pour en faire d'autres plus complexes. Comme avec les outils de la Préhistoire ! Une fois que vous avez la roue, vous pouvez faire des brouettes et vous pouvez même, avec un peu de temps et d'énergie, faire une machine qui fabrique des roues.

## Et l'intelligence artificielle dans tout ça ?

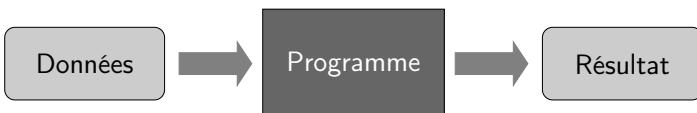
L'intelligence artificielle consiste à écrire des programmes particuliers.

Selon Marvin Minsky, l'un des fondateurs de la discipline dans les années 50, l'IA est « *la discipline de l'informatique qui s'intéresse à la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique* ».

Il s'agit donc d'écrire des programmes pour effectuer des tâches de traitement de l'information pour lesquelles les humains sont, *a priori*, les plus compétents. On devrait donc dire « un programme d'IA » et non « une IA ».

Les exemples sont nombreux de programmes d'IA qui savent maintenant résoudre de telles tâches de traitement de l'information : bien jouer aux échecs, prédire le temps qu'il fera demain, trouver la réponse à la question « qui est le cinquième

président des États-Unis ? », etc. Toutes ces choses qui peuvent être accomplies par des machines reposent sur des méthodes et des algorithmes issus de l'intelligence artificielle. Il n'y a donc rien de magique ni d'intelligent dans ce que fait une IA : la machine applique l'algorithme, lequel algorithme a été écrit par un humain. Si intelligence il y a, c'est celle du programmeur qui fournit les bonnes instructions à la machine.



## Une machine qui apprend ?

Évidemment, écrire un programme d'IA n'est pas chose aisée : il faut écrire les instructions permettant d'obtenir une réponse qui a l'air « intelligente » quelles que soient les données qui sont fournies. Les informaticiens font donc souvent appel à des programmes sophistiqués qui calculent automatiquement les « bonnes » réponses à partir de données, plutôt que d'écrire le détail des instructions à la main. Comme pour l'addition, nous essayons d'utiliser la machine pour simplifier l'écriture de programmes. Ce principe est au cœur d'une technique d'IA appelée *l'apprentissage automatique*.

Ce nom a été à l'origine d'un immense malentendu entre les chercheurs en informatique et les utilisateurs de l'IA. Il ne s'agit évidemment pas de lâcher des programmes dans la nature en leur demandant de se débrouiller tout seuls ! Nous avons simplement utilisé une propriété de l'informatique : le traitement des données (par exemple, comment faire une addition) est décrit dans un programme qui est lui-même une donnée fournie à la machine. Cette donnée peut donc elle-même être modifiée ou construite par un autre programme.

Vous pouvez ainsi écrire des programmes capables, à partir de données, de produire de nouveaux programmes d'IA.



### Obéissez, je le veux !

Tout se passe comme si, dans le livre dont vous êtes le héros, l'auteur vous demandait de réécrire le contenu de la page en remplaçant certains mots par d'autres ou d'écrire de nouvelles instructions sur des pages vierges à la fin du livre. Les informations manipulées par l'ordinateur, qu'il s'agisse des données ou du programme lui-même, peuvent être modifiées par le programme.

Mais cette transformation se fait toujours en obéissant aux instructions de l'algorithme. Un programme ne peut pas produire *n'importe quel* programme. Il écrit le programme pour lequel il a été lui-même écrit. Si le programme de départ n'a pas les bonnes consignes, le « programme résultat » contiendra probablement des erreurs et il sera incapable d'effectuer le moindre traitement « intelligent ». Reprenons notre exemple du livre dont vous êtes le héros : si l'instruction de l'auteur est de remplacer tous les « e » par des « w », il y a peu de chances pour que vous puissiez continuer l'aventure après avoir appliqué la consigne sur la page !

Il faut aussi se souvenir que les opérations effectuées par votre

programme d'apprentissage, celui qui produit le programme de traitement, dépendent toujours des données qu'il a reçues. Dans notre livre dont vous êtes le héros, une instruction de ce type pourrait être : « cherchez la première lettre du premier objet que vous avez ramassé ». Les modifications effectuées dépendent alors des données (ici, l'objet que vous avez choisi de ramasser en premier). Évidemment, si les données ne sont pas bien choisies, le programme obtenu ne sera pas très efficace non plus.

Un programme d'IA utilisant l'apprentissage automatique ne peut donc produire un « bon » programme que si on lui donne les bonnes données et les bonnes consignes. Rien de tout cela ne fonctionne tout seul !

### **Attention : un programme peut en cacher un autre !**

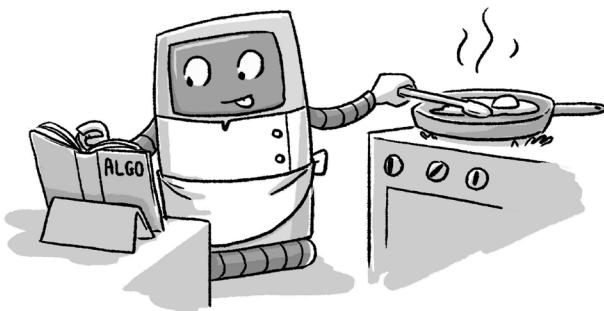
Nous ne sommes pas prêts de voir un ordinateur écrire lui-même un programme pour résoudre un problème pour lequel il n'a pas été conçu. C'est trop difficile : il y a trop de données différentes, trop de règles requises pour qu'un programme fonctionne correctement. Le programme d'IA qui résoudrait tous les problèmes et ferait le café en prime n'existe pas car, justement, chaque problème nécessite un programme spécifique et des données adaptées.

Pour écrire AlphaGo, le programme champion de Go, il a fallu que des ingénieurs de chez Google écrivent un premier programme qui observe des parties de jeu de Go et qui, à partir de ces données, fabrique un deuxième programme capable de donner le meilleur coup dans chaque situation. Cela a nécessité des années de travail ! Et il a fallu lui donner les bonnes informations pour que ce programme *apprenne* à partir des données.

Le résultat obtenu est spécifique au jeu de Go : vous ne pouvez pas directement le réutiliser pour jouer à un autre jeu. Vous pourriez bien sûr adapter le programme d'analyse pour qu'il construise un autre programme, capable cette fois de donner le

meilleur coup aux échecs ou aux dames, à partir d'autres données. Mais cela nécessite que des informaticiens se penchent sur le programme d'écriture pour le modifier, pour décrire les règles du jeu d'échecs et pour expliquer comment analyser un plateau d'échecs qui est, somme toute, assez différent d'un plateau de Go. Votre programme ne peut pas se modifier tout seul pour produire quelque chose d'intelligent.

Est-ce qu'on attend d'une voiture de course qu'elle soit capable de battre les œufs et de laver le linge ?



## Alors, qu'est-ce que l'IA ?

Pour comprendre ce qu'est l'IA, nous allons voir ensemble différentes méthodes utilisées pour écrire des programmes d'intelligence artificielle.

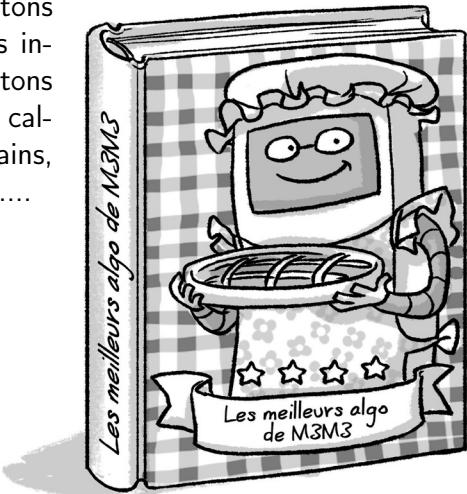
Toutes ces méthodes reposent sur des algorithmes, parfois simples à comprendre, mais souvent difficiles à mettre en œuvre. Nous verrons comment, pour différentes tâches qui font appel à des capacités de raisonnement des humains, il a été possible d'inventer des méthodes permettant de les automatiser. Nous verrons aussi que ces méthodes ne ressemblent parfois en rien à ce qu'un humain relativement sensé ferait dans la même situation. En effet, comme le dit bien Marvin Minsky, il s'agit de

faire des « *programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains* ». Il ne s'agit pas de les faire « comme les humains ».

La définition de l'IA de Marvin Minsky est donc assez frustrante. Elle fixe dès le départ une limite à l'IA. Lorsqu'une tâche est accomplie par une machine aussi bien que par un humain, ça n'est plus de l'IA. Et c'est un peu vrai : plus personne ne trouve extraordinaire que le GPS indique la bonne route pour aller rendre visite à Grand-Maman dans le Cantal, aussi bien que s'il y avait passé son enfance. Pourtant, c'est bien de l'IA.

Il existe bien sûr d'autres définitions de l'intelligence artificielle. Celle proposée dans le numéro 96 de « *La Recherche* » en janvier 1979 est intéressante : elle affirme que « *l'intelligence artificielle est la recherche de moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles comparables à celles des êtres humains* ». Nous sommes à nouveau dans le fantasme : « *doter les machines de capacités intellectuelles comparables aux humains* »...

Car en réalité nous ne dotons pas les machines de capacités intellectuelles. Nous leur permettons simplement de réaliser, par le calcul, des choses que nous, humains, faisons avec notre intelligence....





## Le test de Turing

*Où l'on comprend qu'il est difficile de mesurer l'intelligence des ordinateurs.*

Avant de concevoir une quelconque forme d'intelligence artificielle, il faudrait déjà définir ce qu'est l'intelligence... Et c'est là que cela se complique ! Car si nous savons assez bien reconnaître la bêtise (il suffit de regarder autour de soi ce que les gens font de travers), nous éprouvons plus de difficultés à expliquer précisément ce qu'est l'intelligence humaine.

### Qu'est-ce que l'intelligence ?

Une première idée qui vient à l'esprit est d'opposer l'intelligence à l'ignorance. Malheureusement, cela n'est pas aussi simple. Si je vous demande en quelle année a été fondée la ville de Moscou, vous ne saurez probablement pas répondre. Pourtant, personne ne pourra vous accuser sur ce seul fait de ne pas être intelligent, même si l'information se trouve dans n'importe quelle encyclopédie. Et vous ne diriez pas non plus de l'encyclopédie qu'elle est intelligente,

simplement parce qu'elle peut vous indiquer la date de la fondation de Moscou. L'intelligence ne consiste pas seulement à être savant : il faut aussi être capable d'utiliser ce que l'on sait.

Une deuxième idée serait alors d'associer l'intelligence à la capacité de répondre à des questions difficiles. Prenons Georg Cantor, le mathématicien qui est à l'origine de la théorie des ensembles au XIX<sup>e</sup> siècle. Pour traiter de problèmes mathématiques aussi pointus, il était certainement très intelligent ! Cependant, le niveau en math ne suffit pas pour caractériser l'intelligence. Si je vous demande combien font 26 534 multiplié par 347, cela devrait vous occuper un petit peu... alors qu'une calculatrice donnera le résultat en un instant. Vous ne diriez pas pour autant qu'elle est intelligente, pas plus que l'encyclopédie...



*Qui est le plus intelligent ?*

Ces deux exemples montrent que si les ordinateurs sont particulièrement doués pour tout ce qui nécessite de la mémoire et des calculs (ils ont été conçus dans ce but), cela ne les rend pas intelligents... Car l'intelligence humaine comprend bien d'autres dimensions! Nous sommes par exemple capables de raisonner en nous appuyant sur notre expérience passée. C'est ce que fait un médecin lorsqu'il établit un diagnostic, mais aussi chacun de nous quand nous conduisons notre voiture, quand nous préparons nos vacances ou quand nous travaillons. Nous prenons des décisions dans des situations impossibles à décrire avec toute la précision dont aurait besoin un ordinateur. Lorsque notre boulanger nous informe qu'il n'a plus de farine, nous comprenons qu'il ne peut pas faire de pain : il n'a pas besoin de nous l'expliquer.

Nous savons aussi apprendre de nouvelles compétences, à l'école ou au travail. Nous pouvons ainsi former de nouveaux concepts, créer de nouvelles idées, imaginer de nouveaux outils à partir d'exemples ou en utilisant nos capacités de raisonnement. Et surtout, nous sommes capables de communiquer en employant des mots, des phrases construites, et d'assembler des symboles pour échanger des notions complexes, parfois abstraites. Lorsque vous racontez votre roman préféré à vos amis, ils en comprennent l'histoire sans avoir besoin de lire exactement les mêmes mots dans le même livre que vous! Nous fabriquons à chaque instant de notre vie, grâce à notre intelligence, une nouvelle représentation du monde, et nous sommes capables de la transmettre autour de nous.

Tout ceci montre bien que, pour comparer les capacités d'une machine avec l'intelligence humaine, nous allons devoir essayer autre chose que simplement « la mémoire et les maths ».

## Un test, oui, mais lequel ?

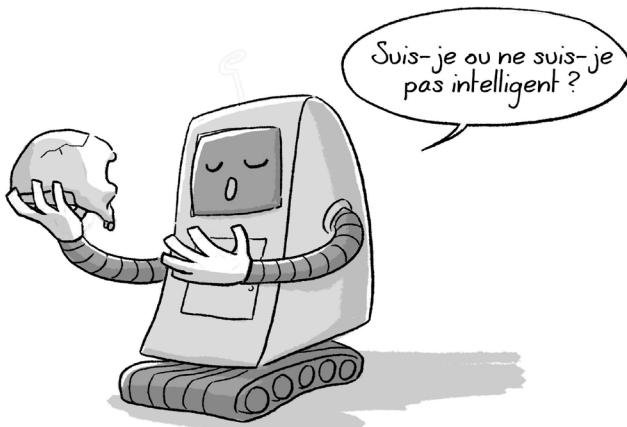
Pour mesurer l'intelligence des êtres humains, il est possible de s'appuyer sur certains tests psychologiques. Le plus connu est certainement le test de QI (ou Quotient Intellectuel) inventé dans les années 50 par William Stern. Pour déterminer votre QI, le psychologue pioche dans une base d'exercices, choisis en fonction de votre âge et de votre formation scolaire, des questions de logique, de raisonnement spatial, de mémorisation, etc. Plus vous répondez rapidement et correctement aux exercices, plus votre score de QI sera élevé.

Ce type de test ne mesure évidemment qu'une petite partie de l'intelligence humaine. Les chercheurs s'intéressent de plus en plus à d'autres dimensions comme l'intelligence émotionnelle (la capacité de comprendre ses émotions et celles des autres personnes) ou la créativité artistique. De plus, le score de QI n'est pas une valeur absolue : il permet juste de se positionner par rapport à la moyenne des gens sur ce type de test. Si vous avez un QI supérieur à 100, c'est que vous vous débrouillez mieux que la moyenne des gens sur ce test.

Mais c'est tout de même un indicateur. On pourrait donc se demander si un ordinateur possède un QI supérieur ou inférieur à 100. Malheureusement, transposer un test de QI, ou n'importe quel autre test, pour le faire passer à une machine est une opération délicate. Pour commencer, il faudrait arriver à « traduire » les questions pour l'ordinateur dans un langage qu'il peut comprendre, c'est-à-dire avec des 0 et des 1. Lorsque vous passez un test de QI, le psychologue vous montre des images et vous pose des questions à l'oral. Il faudrait donc qu'un humain « programme » ces questions dans l'ordinateur.

Que pourrait-on vraiment évaluer avec un tel test ? L'intelligence de la machine ? Celle du programme d'intelligence artificielle qui lui permet de répondre aux questions ? La manière

dont les données ont été traduites dans le langage de l'ordinateur ? Il ne faut pas oublier que tous les programmes ont forcément été écrits par un informaticien à l'aide d'algorithmes et de données, comme nous l'avons vu au chapitre précédent. Dès lors, que mesure-t-on ? L'intelligence de l'informaticien qui a inventé et programmé l'algorithme ? La qualité des données qui lui ont été fournies ? Encore une fois, nous sentons bien que tout ceci n'a rien à voir avec « l'intelligence » de la machine ou, du moins, qu'il y a une bonne part d'intelligence qui provient de l'humain.



## Turing est arrivé !

En 1950, Alan Turing (le même qu'au chapitre précédent) a proposé une autre forme de test pour étudier les capacités des machines. Son idée consiste non pas à mesurer l'intelligence mais seulement à essayer de différencier la machine d'un humain. On appelle ce test le « test de Turing » et c'est aujourd'hui encore une référence pour beaucoup de programmes d'IA.

Le principe en est assez simple : il reprend un jeu d'imitation

qui se pratique dans les soirées mondaines, un peu passé de mode depuis. Je vous le donne quand même pour animer vos anniversaires et autres surprises-parties. Dans ce jeu, un homme et une femme vont chacun dans une pièce différente. Les autres invités, qui sont restés dans le salon, peuvent « discuter » avec l'homme ou la femme en leur faisant passer des petits papiers par les domestiques. Les invités ne peuvent pas parler directement avec les deux personnes isolées et ils ne savent pas qui a été mis dans quelle pièce. Il leur faut deviner qui est l'homme et qui est la femme, sachant que tous les deux essaient de convaincre les invités qu'ils sont la femme.

Dans le test de Turing, vous avez un humain dans une pièce et un ordinateur avec un programme d'intelligence artificielle dans l'autre. Vous pouvez communiquer avec eux à l'aide d'un clavier (pour taper vos messages) et d'un écran (pour lire leurs réponses). Vous avez donc un clavier et un écran pour parler avec l'humain, un clavier et un autre écran pour parler avec le programme, mais vous ne savez pas lesquels sont reliés à un programme d'IA qui imite les réponses d'un humain, et lesquels sont reliés à un véritable humain qui tape lui-même les réponses. Pour compliquer un peu la chose, toutes les réponses sont données dans le même intervalle de temps. La rapidité de la réponse n'entre pas en ligne de compte : vous devez considérer uniquement le contenu pour distinguer l'humain de l'IA.

## Ça papote...

Le test de Turing est un défi qui occupe encore aujourd'hui de nombreux informaticiens. Il a donné lieu aux fameux « chatbots », ces programmes d'intelligence artificielle capables de parler (en anglais, le plus souvent) et de répondre à peu près à tout ce qu'on peut avoir envie de leur dire, de « Quelle est la couleur du cheval blanc d'Henri IV ? » à « T'as de beaux yeux, tu

sais ? ». Une compétition internationale a même été créée pour récompenser chaque année les meilleurs chatbots : le prix Loebner. En 1990, Hugh Loebner a promis de donner 100 000 \$ et une médaille en or massif au premier programmeur qui écrirait un chatbot capable de se faire passer pour un humain. Comme personne n'a jamais réussi, une compétition annuelle a été instituée en 2006 : les chatbots sont présentés à des juges qui doivent les faire répondre de travers le plus vite possible. C'est très amusant à faire. Si vous voulez essayer, cherchez n'importe quel programme de chatbot : on en trouve plein sur Internet et dans les applications pour smartphone (mais ils sont généralement en anglais). Vous arriverez très vite à faire dire n'importe quoi au chatbot. Mais vous pourriez aussi être agréablement surpris de la qualité de certaines réponses ! Ceci dit, sachez que les juges officiels du prix Loebner, experts du sujet, sont capable de démasquer un chatbot en moins de 5 questions.

### Un chatbot nommé Eliza

Le premier des chatbots est le programme ELIZA, écrit en 1966 par Joseph Weizenbaum. Il fonctionne avec quelques principes très basiques. Il est tout d'abord muni d'un catalogue de phrases associées à des thèmes classiques (la famille, les ordinateurs, la santé). Il repère les mots-clefs du thème dans les phrases de l'utilisateur (famille, maman, papa, sœur...) ce qui lui permet de systématiquement relancer son interlocuteur :

VOUS : Est-ce que tu as une maman ?

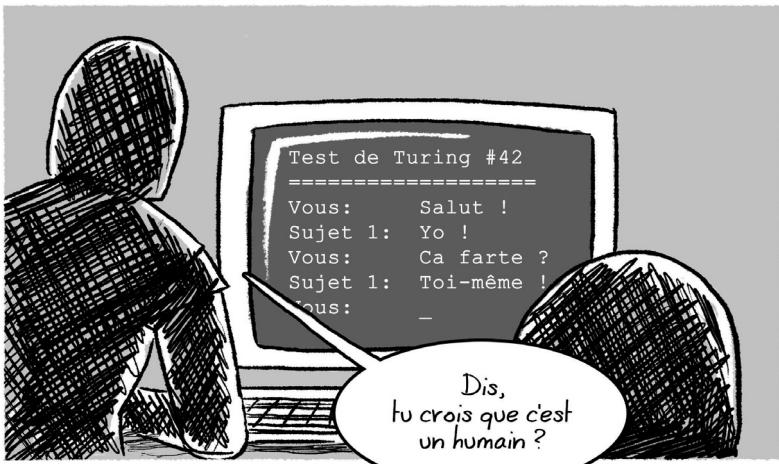
ELIZA : Voulez-vous que nous parlions de votre famille ?

Et quand il ne sait pas quoi répondre, il renvoie la question à l'utilisateur :

VOUS : Quelle est la couleur du cheval blanc d'Henri IV ?

ELIZA : Pourquoi me demandez-vous quelle est la couleur du cheval blanc d'Henri IV ?

À vrai dire, il se contente de poser des questions et de laisser l'utilisateur alimenter le dialogue.



Les chatbots ont beaucoup évolué depuis. Le programme ALICE, conçu par Richard Wallace dans les années 90 et vainqueur de la