

# L'IA et Nous

## Rodolphe Gelin et Olivier Guilhem



Couverture : Bianca Gumbrecht/Luna Park  
Mise en pages : IGS-CP (16)  
Préparation de copie : Guillaume Müller-Labé

© Éditions Le Pommier/Humensis, 2019  
170 *bis*, boulevard du Montparnasse – 75014 Paris

ISBN : 978-2-7465-1914-5  
Dépôt légal : octobre 2019  
N° d'édition : 74651913-01

# L'IA et Nous

Rodolphe Gelin  
et Olivier Guilhem





Un grand merci à Alban Laflaquière  
et ses collègues du AI Lab sans qui  
ce livre n'aurait tout simplement pas  
existé.



# INTRODUCTION

«Mais, est-ce qu'il y a de l'IA dans vos robots?» Cette question nous est régulièrement posée quand nous présentons nos robots humanoïdes au grand public. L'apparence sympathique des robots NAO et Pepper, développés par SoftBank Robotics, la société pour laquelle nous avons eu la chance de travailler ensemble, laisse présager que ces machines auraient non seulement des dehors humains, mais aussi une part de l'intelligence propre à l'espèce humaine. La question vient beaucoup moins naturellement en présence d'un robot aspirateur, qui intègre pourtant ce qu'on appelait «intelligence artificielle» dans les années 1980, ou d'un téléphone portable récent, qui ne recèle pas moins d'IA que nos robots, mais pour lequel il faut des efforts marketing démesurés pour convaincre les clients qu'ils en sont dotés.

Notre réponse, certes positive, est sans doute un peu décevante. Oui, nos robots sont dotés de fonctions développées à base de techniques informatiques faisant partie de ce qu'on appelle l'intelligence artificielle. Le fait que le robot puisse détecter et reconnaître un visage lui faisant face, qu'il puisse identifier les mots qu'on prononce devant lui et tenir un dialogue de quelques répliques, tout cela relève d'applications de ce que les informaticiens appellent l'intelligence artificielle. Un certain soulagement se fait alors sentir chez notre vis-à-vis (ces robots conçus en France, grâce à des capitaux japonais, sont bien au niveau technologiquement puisqu'ils « ont de l'IA ») en même temps qu'une petite frustration. Ce n'est pas vraiment cette intelligence-là qu'ils avaient en tête. Sans qu'ils se le soient clairement formulé, l'intelligence qu'ils espéraient (ou redoutaient) trouver dans nos robots était d'une autre nature, celle qu'on voit depuis longtemps dans les films de science-fiction. Une intelligence qui permettrait au robot d'échafauder des plans subtils pour améliorer notre quotidien (ou détruire l'humanité). S'appuyant sur une compréhension parfaite du contexte, une mémoire gigantesque et infaillible, une précision millimétrique du geste, le robot serait capable de vous préparer, avec les ingrédients disponibles dans votre cuisine, le repas parfait pour célébrer, le soir même, votre vingt-cinquième anniversaire de mariage. Il aurait, auparavant, vérifié



dans votre agenda et celui de votre conjoint que vous n'avez pas d'obligations ce soir-là. Il s'assurerait que le menu prévu corresponde à vos goûts à tous les deux. Il commanderait les quelques ingrédients manquants et ouvrirait la porte au livreur (ou la fenêtre au drone) qui viendrait les lui apporter. Ce serait une expression positive d'une certaine forme d'intelligence pour notre robot. Sans lire les pensées des personnes qui nous demandent si notre robot est intelligent, nous en soupçonnons quelques-unes d'en avoir des plus inquiètes : est-ce que votre robot, s'il est très intelligent, ne va pas se lasser de me faire la cuisine, de vider mes poubelles et ne finira pas par se rebeller et m'étrangler pendant mon sommeil en maquillant son forfait sous l'allure d'un crime passionnel de mon conjoint parce que j'avais oublié de fêter notre anniversaire de mariage ?

Pour ébaucher une réponse, il faudrait d'abord répondre à la question qui sous-tend celle de notre dubitatif interlocuteur : « Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ? » qui en induirait rapidement une autre : « Qu'est-ce que l'intelligence ? » *Le Petit Robert* (pour les plus jeunes, il s'agit d'une espèce de Wikipédia sur papier qui fonctionne même quand on n'a pas de wifi) indique d'ailleurs que l'intelligence artificielle est « une partie de l'informatique qui a pour but la simulation de faculté cognitives afin de

suppléer l'être humain pour assurer des fonctions dont on convient, dans un contexte donné, qu'elles requièrent de l'intelligence». Le même *Petit Robert* nous a dit auparavant que l'intelligence est: 1. «la faculté de connaître, de comprendre»; 2. «l'ensemble des fonctions mentales ayant pour objet la connaissance conceptuelle et rationnelle (opposé à sensation et à intuition)»; 3. «l'aptitude d'un être vivant à s'adapter à des situations nouvelles, à découvrir des solutions aux difficultés qu'il rencontre».

Et nous solliciterons à nouveau *Le Petit Robert* pour qu'il nous parle de l'adjectif *cognitif*, très employé quand l'intelligence artificielle est évoquée. *Robert* nous dit qu'est «cognitif» ce «qui concerne la connaissance». Il ajoute que les sciences cognitives sont «les sciences qui étudient les mécanismes de la connaissance (psychologie, linguistique, neurobiologie, logique, intelligence artificielle)».

Ce recours au dictionnaire est donc lui-même un bon moyen d'appréhender ce qu'est, ou n'est pas, l'intelligence. Est-ce qu'une personne qui connaîtrait par cœur *Le Petit Robert* serait intelligente? Elle serait dotée, pour sûr, d'une mémoire prodigieuse. On pourrait être tenté de la dire cultivée, mais cela garantirait-il son intelligence? Le jeu *Trivial Pursuit*, qui consiste à répondre à des questions de culture générale, peut donner l'impression de jouer contre des amis très intelligents et très cultivés

mais – sans remettre en cause par ailleurs leur discernement et leur érudition – ce sont surtout des joueurs invétérés qui ont fini par connaître toutes les réponses aux 2400 questions d’une édition standard. De la même façon, il est désormais possible de donner à un robot une apparence d’intelligence en le connectant à une encyclopédie en ligne dont il lira les premières lignes quand un utilisateur lui posera une question sur un certain sujet. Cette forme d’intelligence, fondée sur la mémorisation de connaissances brutes, est la plus simple pour une machine qui n’oublie rien et qui, avec le recours aux services d’Internet, n’a même plus de soucis de place de stockage. Du temps où la mémoire d’un ordinateur était limitée à un support physique (disque plus ou moins dur), le nombre d’informations qu’il pouvait contenir était (un peu) contraint. Pour rappeler certains ordres de grandeur, un gros livre comme la Bible occupe 4 Mo (4 mégaoctets, soit 4 millions d’octets), un disque dur d’ordinateur contient de façon standard (à l’heure où nous écrivons ces lignes) 1 To (1 téraoctet), soit un million de mégaoctets, soit l’équivalent de 250 000 bibles. De quoi gagner souvent au *Trivial Pursuit* (si c’est une édition spéciale Bible ou si vous avez stocké autre chose que des bibles sur votre disque dur). Mais si votre ordinateur a accès à Internet, il avait déjà accès, en 2005 (c’est-à-dire lors de la préhistoire du Web) à 5 millions de téraoctets. Donc, en matière de quantité de

connaissances, l'ordinateur – en tant que première forme d'intelligence artificielle – est bien armé. Certains chercheurs ont essayé d'évaluer combien un cerveau humain pourrait stocker d'informations en octets. Leur estimation donnerait 1 pétaoctet (Po), soit 1 000 téraoctets – 250 millions de bibles. Mais stocker est une chose, retrouver l'information qu'on cherche en est une autre. Pour l'être humain, la difficulté est parfois de retrouver une information alors qu'il sait qu'il l'a eue. Quand nous avons oublié un numéro de téléphone, est-ce parce qu'il s'est effacé de notre mémoire ou est-ce parce qu'il est rangé à un endroit qu'on ne retrouve pas ? Ou est-ce que notre inconscient préfère qu'on ne le voie pas ? Pour l'ordinateur aussi, l'indexation des données – qui permet de retrouver où sont rangées des informations – est un travail en soi : comment stocker une information pour la retrouver quand elle sera utile ? C'est ce que les moteurs de recherche font pour nous sur le Web. Une fameuse entreprise qui nous offre les services gratuits de son moteur de recherche est d'ailleurs à la pointe de l'intelligence artificielle. Retrouver une information est une chose, s'assurer qu'elle est juste en est une autre. En cherchant dans un dictionnaire, il est possible d'avoir confiance en ce qu'on trouve. En recherchant dans la Bible, il est permis d'être sceptique. Mais en cherchant sur le Web, il est nécessaire d'être méfiant.

L'intelligence devrait nous distinguer du perroquet qui répète ce qui lui a été appris sans le comprendre.

L'intelligence n'est ainsi pas qu'une question de quantité de données mémorisées. Ce n'est pas non plus seulement une puissance de calcul dont on nous dit qu'elle double tous les dix-huit mois dans nos ordinateurs. Il y a bien longtemps que les ordinateurs calculent plus vite que nous mais on parle toujours au futur de la «singularité», ce moment où les ordinateurs seront «plus intelligents que les hommes». Nous reviendrons en détail sur la singularité dans le chapitre qui pose la question de la supériorité de l'intelligence artificielle sur celle des hommes. Le fameux «test de Turing» est parfois mentionné pour évaluer l'intelligence d'un ordinateur. Ce test consiste à faire discuter une personne avec un interlocuteur qui peut être une autre personne ou un programme informatique. Si la personne qui passe le test ne s'aperçoit pas qu'elle a parlé avec une machine plutôt qu'avec un être humain, l'ordinateur a réussi, avec succès, le test de Turing. Ce test n'était, pour Turing lui-même, qu'une illustration de ce que poursuivait l'intelligence artificielle : imiter certains processus cognitifs de l'être humain – en l'occurrence, la conversation. Considérant les progrès des chatbots, qui seront présentés dans ce livre, les chercheurs en viennent

à se demander si ce test est vraiment le bon pour juger de l'intelligence d'une machine.

Dans les chapitres qui vont suivre, nous présenterons des exemples de ce que peut ou pourra faire l'intelligence artificielle. Suivant Turing avec le cas de la discussion, nous pensons que ce sont par des exemples d'application de ces techniques informatiques qu'il est le plus facile de faire comprendre les formidables capacités de cette technologie mais aussi ses limitations, ses risques et les moyens de s'en protéger.

# 1.

## L'ÉVOLUTION DE L'IA (ET SES LIMITATIONS ACTUELLES)

### **Les premiers pas**

L'histoire de l'intelligence artificielle se confond avec celle de l'informatique, dont la fonction était, dès l'origine, de nous soulager de tâches cognitives jusque-là l'apanage des humains, notamment le calcul. Si l'expression «intelligence artificielle» a fait son apparition en 1956 lors d'une conférence organisée par les informaticiens John McCarthy et Marvin Minsky, on associe généralement la naissance de l'IA aux travaux d'Alan Turing, un brillant mathématicien anglais qui avait imaginé, dans les années 1930, le principe de programmes en montrant qu'il était possible de résoudre des problèmes mathématiques complexes en effectuant une série de tâches très

simples. Turing avait donc inventé les algorithmes et les programmes avant même que les ordinateurs n'existent.

Pendant la Seconde Guerre mondiale, il dirige une équipe qui développe une machine capable de décrypter les messages codés de l'armée allemande. Ce fait d'armes, qui joue pour beaucoup aujourd'hui dans la renommée de Turing, est resté secret jusque dans les années 1970 et le mathématicien n'a été reconnu héros de guerre par la reine Élisabeth II qu'en 2013. Cependant, ce qui associe le plus Turing à l'intelligence artificielle est son fameux « test ». Comme on l'a déjà exposé plus haut, ce test propose d'évaluer la capacité d'une machine à se comporter comme un être humain en la faisant discuter avec une personne. Si la personne ne perçoit pas, lors d'une conversation de cinq minutes, qu'il est en présence d'une machine, cette dernière a validé le test. D'un point de vue pratique, la discussion se fait au moyen d'un clavier et d'un écran sur lequel s'inscrivent les propos échangés. Turing imaginait que ce test serait réussi par une machine dans les années 2000, mais aujourd'hui, en 2019, aucun programme informatique n'y est vraiment parvenu. Ce test reste assez sujet à caution : si les meilleurs programmes peuvent tromper des utilisateurs « naïfs », ils ne parviennent pas à tromper des spécialistes du domaine – sans forcément aller chercher les Blade Runners du film de Ridley Scott et du roman de Philippe K. Dick, capables



de distinguer les robots humanoïdes des vrais humains grâce au questionnaire (imaginaire) de Voight-Kampff. Il est à noter que, pour réussir le test, une bonne astuce consiste, pour le programme informatique, à insérer, de temps en temps, des fautes de frappe dans ses réponses pour « faire humain ».

Dans la communauté scientifique de l'IA, le test de Turing n'est pas un sujet de recherche très important. Les chercheurs qui travaillent sur les moteurs de dialogue, comme les chatbots, ne cherchent pas, en effet, à tromper l'utilisateur humain mais à remplir une tâche qui consiste à comprendre au mieux les demandes de l'utilisateur et lui répondre de la façon la plus pertinente et la plus compréhensible possible. Alan Turing parlait d'ailleurs plus d'un « jeu d'imitation » pour illustrer ce que les machines seraient un jour capables de faire que d'un test destiné à évaluer la performance d'un programme.

Dans le panthéon des grands hommes de l'intelligence artificielle, William Grey Walter n'est pas le plus visité. Son travail apparaît plus généralement dans l'histoire de la robotique ou de la cybernétique (sans parler de celle de la neurophysiologie – son domaine d'expertise premier). Elmer et Elise, les « tortues de Bristol » qu'il a développées à partir de 1947, présentaient pourtant des comportements très similaires à ceux d'êtres vivants.

Comme leur nom l'indique, ces petits objets mécaniques reproduisaient des comportements d'animaux plus que ceux d'humains – mais l'intelligence n'est pas l'exclusivité des êtres humains, après tout : certains oiseaux se fabriquent des outils pour récupérer de la nourriture inaccessible à leur bec, les dauphins ont développé un langage complexe, sans parler de l'intelligence collective des insectes. Ces petites bases mobiles étaient équipées de capteurs de lumière et de son et de deux roues motorisées. Leur cerveau électronique (il n'y avait pratiquement pas encore d'ordinateurs à l'époque, et surtout pas d'une taille assez réduite pour être portés par un si petit robot) contrôlait le mouvement des roues en fonction de la direction d'où la lumière était détectée. L'adaptation du mouvement selon des informations transmises par un capteur est une forme d'intelligence, dite réflexe, qui permet à bien des insectes d'avoir des comportements assez sophistiqués comme de retrouver leur chemin sans GPS ni carte Michelin. Là où le travail de Walter devient encore plus intéressant, c'est qu'il associe l'information de son à celle de la lumière. Le système va donc associer, quand ils surviennent ensemble, le son et la lumière. Cette association sera suffisamment forte pour que le robot finisse par réagir au son seul, même quand il n'est pas accompagné de lumière. Le robot se dirigera alors vers la source sonore bien qu'il n'ait été

«dressé» que pour se diriger vers une source lumineuse. Sur ses tortues, William Grey Walter a reproduit le célèbre réflexe conditionné que Pavlov (et son chien) avait mis en évidence. Certes, le déclenchement d'un réflexe conditionné, surtout chez les humains, n'est généralement pas catalogué comme une preuve d'intelligence, c'est la raison pour laquelle Elmer et Elise ne sont pas restées dans l'histoire de l'intelligence artificielle. Mais on rencontre dans cette expérience au moins deux concepts qu'on retrouvera plus tard dans la «vraie» IA. D'abord, la conception d'une machine s'inspire du fonctionnement du cerveau (fût-il reptilien) comme les réseaux de neurones informatiques s'inspireront des neurones biologiques<sup>1</sup>.

Ensuite, l'association progressive du son et de la lumière quand les stimuli sont simultanés est une sorte d'apprentissage, principe qui deviendra essentiel dans l'IA de la deuxième partie du xx<sup>e</sup> siècle. Pour conclure sur le côté subjectif de la citation de William Grey Walter dans ce livre sur l'IA, il faut avouer qu'un des auteurs du livre que vous avez sous les yeux s'est découvert à 16 ans une passion pour la robotique et l'intelligence artificielle en bricolant, sans le savoir, une petite machine ressemblant un peu à une tortue de Bristol...

## Les premières promesses

Entre les années 1960 et jusqu'au milieu des années 1970, la communauté de l'intelligence artificielle est florissante et les financements sont importants tant les promesses que les chercheurs font sont enthousiasmantes : l'intelligence artificielle pourra interpréter et traduire le langage naturel (comprendre une question posée en chinois, la répéter en français et retraduire, en chinois, la réponse qui lui aura été donnée en français), résoudre des problèmes mathématiques jusque-là inaccessibles aux humains, ou encore battre n'importe qui aux échecs. Si des avancées majeures ont effectivement lieu dans tous ces domaines avant 1975, il n'est alors pas encore possible d'atteindre les résultats que les scientifiques avaient fait miroiter. C'est un peu le destin du chercheur dans bien des domaines : il doit faire rêver ses financeurs en promettant des résultats spectaculaires et faciles à comprendre, quitte à avouer, une fois le financement obtenu et la durée du projet écoulée, que le problème était finalement plus compliqué que prévu et qu'il va falloir plus de temps... et plus de financement. Les difficultés rencontrées dans les années 1970 avaient quelques origines théoriques mais étaient surtout dues, pour une bonne part, à des limitations en matière de puissance de calcul que les ordinateurs pouvaient alors fournir. Les