

L'INTELLIGENCE



L'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle

KENNETH FORD • PATRICK HAYES

Le plus grand mérite de l'intelligence artificielle pourrait ne pas résider dans l'imitation de la pensée humaine, mais plutôt dans son élargissement à de nouveaux domaines.

La plupart des philosophes et des spécialistes des sciences humaines sont convaincus que l'intelligence artificielle n'a pas atteint ses objectifs, et certains soutiennent que des machines réellement intelligentes ne pourront jamais être construites. Pourtant, la recherche en intelligence artificielle n'a jamais été aussi prospère : nous utilisons déjà des machines « intelligentes », et bien des psychologues admettent que le cerveau est un ordinateur biologique.

L'histoire de l'intelligence artificielle ressemble ainsi à l'histoire du vol artificiel. La volonté de voler était le premier objectif ambitieux de l'humanité, mais, pendant des siècles, elle est restée le symbole de l'orgueil démesuré du genre humain. La comparaison est instructive : de même que l'homme ne peut voler sans avion, la réalisation d'une machine imitant le comportement humain est sans doute inaccessible.

L'idée du vol à l'aide d'ailes fixées aux bras date de la préhistoire de l'aéronautique. Les essais étaient tous des échecs. Quel était le secret des oiseaux ? Certains supposèrent que les plumes d'oiseau avaient une « légèreté » intrinsèque. Ceux qui croyaient le vol possible avançaient que les oiseaux et les êtres humains étaient similaires, tandis que leurs opposants prétendaient que cette comparaison était sans valeur, immorale et perverse. Les deux groupes reconnaissaient néanmoins que l'homme ne volerait que s'il imitait les oiseaux. Les plus élaborées des premières machines volantes possédaient souvent des caractéristiques d'oiseau, tel ce bec que l'on trouve sur un dessin d'un planeur en bois conçu en 1810 par l'artiste anglais Thomas Walker (voir la figure 5).

Cette conception du vol copié sur celui des oiseaux a persisté longtemps. Un article publié au début du siècle

dans une revue de mécanique assure qu'« une vraie machine volante doit être un oiseau dans tous ses desseins et intentions ». Un brevet d'un « costume de vol » recouvert de plumes a été déposé à la fin XIX^e siècle, et le vol à l'aide de machines à ailes battantes étaient encore discutés dans les revues aéronautiques au début du siècle.

Le test de Turing

Si l'intelligence est un concept plus abstrait que celui du vol, le but affiché de l'intelligence artificielle a également été l'imitation d'un exemple biologique. C'est le mathématicien anglais Alan Turing qui, en 1950, a imaginé la possibilité d'une intelligence artificielle. Il proposa que la recherche en intelligence artificielle vise ce qui était, à l'époque, le meilleur test de l'intelligence humaine : une conversation avec une machine.

Pour Turing, une machine serait intelligente si un être humain dialoguant avec elle ne pourrait savoir si son interlocuteur était un être humain ou une machine. N'importe quel sujet de conversation devant être possible, la machine devait, pensait Turing, comprendre la langue et les conventions de langage, et posséder une bonne capacité de raisonnement.

Encore aujourd'hui, les cognitiens discutent des règles détaillées du test de Turing, alors que ce dernier ne semble pas y avoir accordé beaucoup d'importance. Le test de Turing, cité dans la plupart des livres consacrés à l'intelligence artificielle, semble ainsi être l'un des buts ultimes de l'intelligence artificielle, mais nous pensons que les nombreuses analyses et critiques du test ont donné une fausse impression des véritables ambitions de notre discipline. En effet, ce test pro-

pose une expérience mal conçue, car elle dépend trop de la subjectivité du juge. En outre, son objectif est douteux, car l'intelligence peut prendre plusieurs formes. Enfin, ce test dépend de la culture : une conversation acceptable pour un Français peut ne pas l'être pour un Japonais ou pour un Russe.

Comme Turing lui-même l'avait observé, un être humain trop intelligent, qui ferait des calculs mentaux très rapidement, par exemple, risquerait d'être considéré comme une machine par son interlocuteur. Lors de la première compétition de Loebner, en 1991 (un concours d'intelligence artificielle fondé sur le test de Turing, qui s'est déroulé au Musée de l'informatique, à Boston), les juges ont cru avoir affaire à une machine quand ils se sont trouvés en face d'une femme qui fournissait des textes structurés, bien écrits et informatifs. Apparemment notre culture considère ce mode d'écriture comme inhumain. Le test de Turing a surtout le défaut de vouloir mesurer toutes les intelligences à l'aune de l'intelligence humaine. Il n'admet pas l'existence d'intelligences plus faibles, différentes ou même supérieures à l'intelligence humaine.

Aujourd'hui, la plupart des spécialistes de l'intelligence artificielle rejettent

1. LES SYSTÈMES INTELLIGENTS foisonnent. Quelques applications actuelles et futures (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) : des programmes informatiques qui composent de la musique, des programmes pour la sonde spatiale *Deep Space 1* (lançee le 24 octobre 1998, cette sonde volera à proximité de l'astéroïde 1992 KD, en juillet 1999), le calcul des cours des marchés dérivés, à la Bourse de Chicago, la commande d'un véhicule autonome d'exploration de Mars, des systèmes de navigation pour les camions et la surveillance des émulsions dans des aciéries.

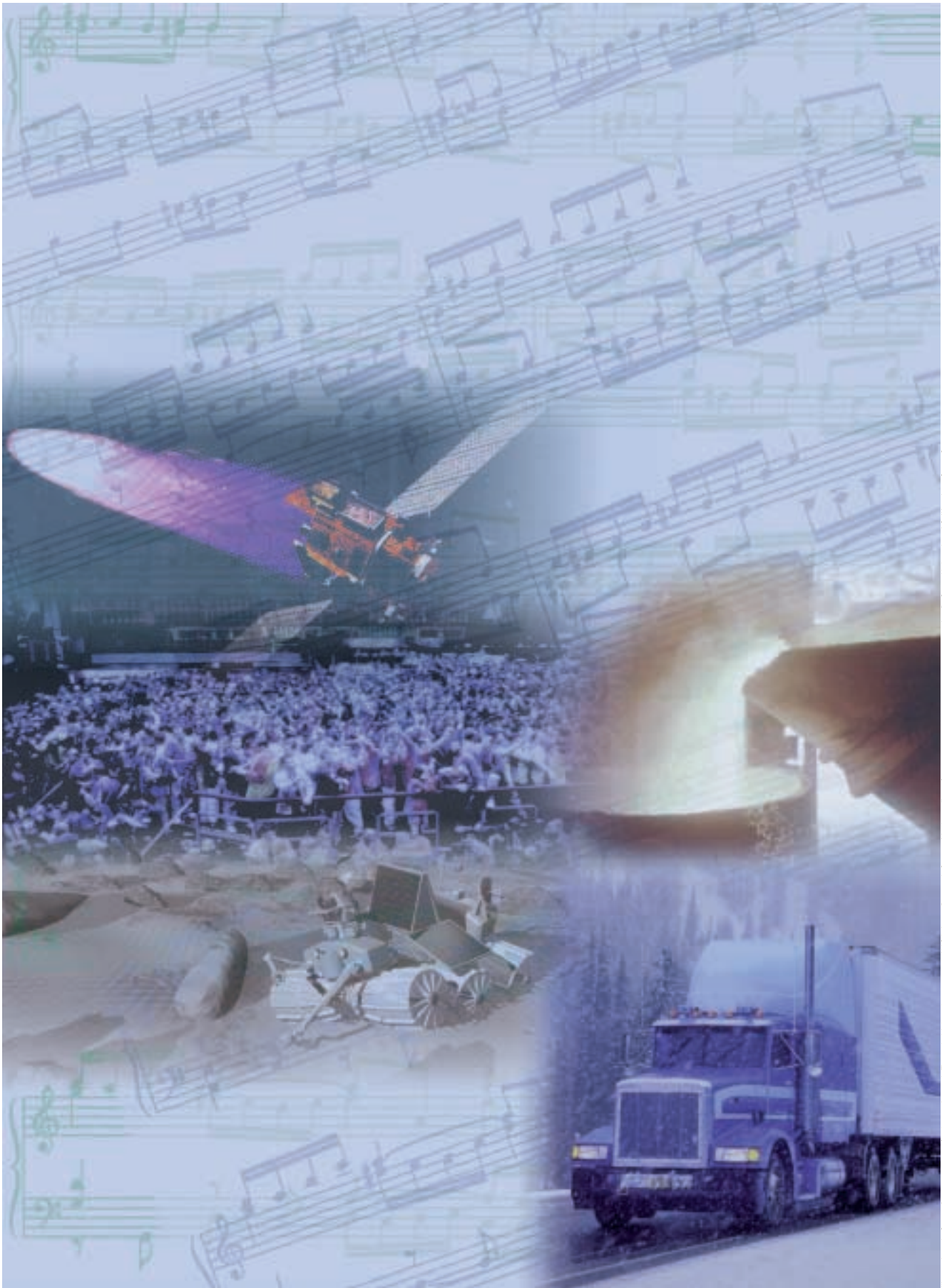


Illustration : L. Grace. Photographies : Spektrum Astro, J. Titcomb, Liaison International, NASA Ames Research Center, M. Kazar, Tony Stone Images, J. Kim, Liaison International et D. Cope, University of California at Santa Cruz

tent l'objectif du test de Turing et se préoccupent plutôt des mécanismes à la base de l'intelligence animale, humaine, informatique ou... extraterrestre. Ils cherchent les algorithmes, ou «calculs», qui sont considérés comme intelligents et construisent des machines qui étendent les capacités mentales humaines.

La recherche en intelligence artificielle cherche notamment des méthodes perfectionnées d'apprentissage ou de vision, elle construit des véhicules spatiaux autonomes, capables de planifier leurs actions.

Les progrès de l'intelligence artificielle ne se mesurent pas par le test de Turing, qui doit être relégué dans le musée des sciences, tout comme l'imitation des oiseaux a été définitivement abandonnée par les pionniers de l'aviation. L'intelligence artificielle doit se tourner vers d'autres horizons.

Imitation ou compréhension

Les spécialistes de l'intelligence artificielle devraient se souvenir de l'histoire de l'aéronautique : les avions se sont développés quand les inventeurs n'ont plus voulu imiter les oiseaux et qu'ils ont analysé le vol en termes d'écoulement d'air ou de pressions. Certes, les frères Wright se sont inspirés des goélands pour mettre au point les ailerons mobiles qui guidaient leurs appareils, mais ils ne cherchaient pas à imiter leurs ailes mobiles. Ils testèrent d'abord un cerf-volant, afin de savoir comment obtenir suffisamment de portance ; puis ils cherchèrent des systèmes, afin de stabiliser longitudinalement et latéralement leur appareil ; enfin, ils se préoccupèrent du guidage et de la

propulsion. À chaque étape, ils résolvaient des problèmes techniques particuliers, qui les conduisirent à un appareil qui ne ressemblait pas à un oiseau.

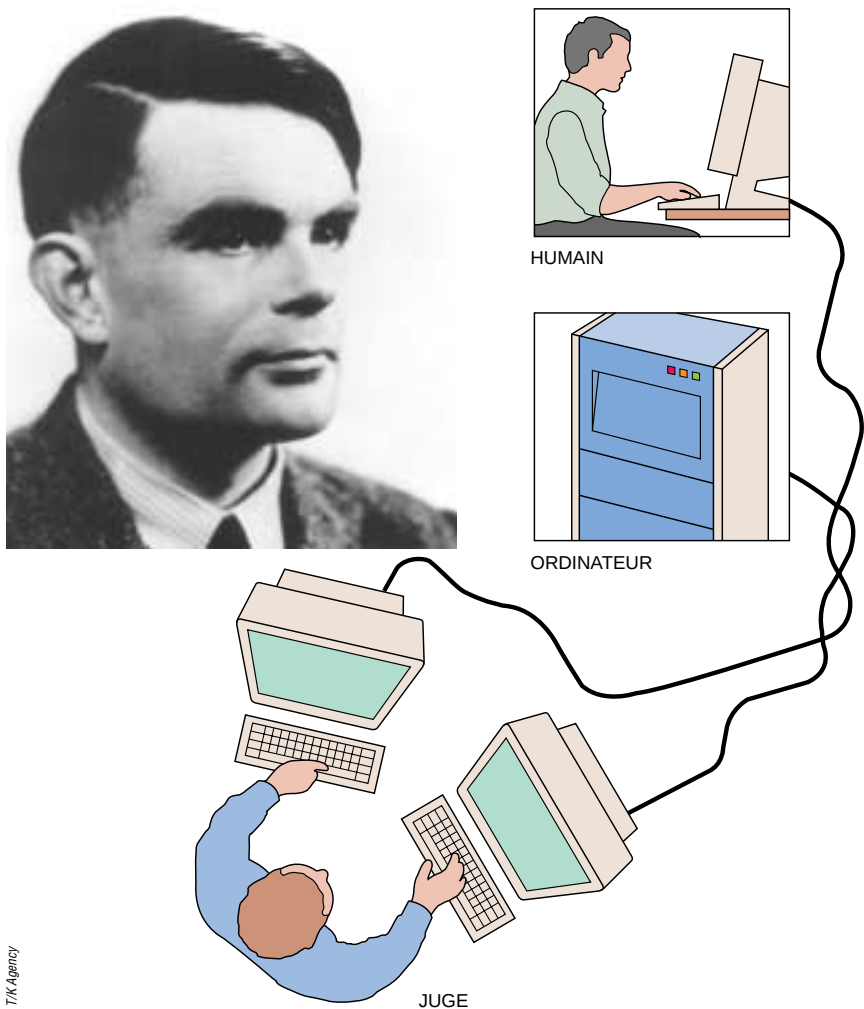
L'avion a beaucoup évolué depuis celui des frères Wright ; il n'atteindra jamais l'élégante précision de l'oiseau, mais, par d'autres aspects, il le dépasse largement. Si un avion ne peut se poser dans un arbre, pêcher des poissons dans la mer ou utiliser les vents pour planer sans bouger au-dessus des terres, aucun oiseau ne peut voler à 15 000 mètres d'altitude ni plus vite que le son.

Au lieu de confiner l'intelligence artificielle à la reproduction des comportements humains, nous pouvons, plus utilement, chercher à donner des comportements intelligents aux systèmes de calcul. Aujourd'hui, les programmes d'intelligence artificielle se comptent par centaines, dans des applications aussi variées que l'aide à l'investissement financier, l'aide au diagnostic médical, la stratégie militaire, la gestion des pièces détachées de la navette spatiale ou la détection de l'usage frauduleux de cartes de crédit. Ces programmes prennent des décisions d'expert, trouvent des caractéristiques qui ont du sens dans une foule de données complexes et améliorent leurs performances par l'apprentissage. Si elles étaient prises par des humains, ces décisions seraient nommées bon sens, expertise et responsabilité. Toutefois, la plupart de ces tâches ne pourraient être accomplies par des humains qui sont trop lents, trop facilement distraits et peu fiables. Nos machines intelligentes nous dépassent sur bien des plans. Les programmes informatiques les plus utiles – notamment ceux d'intelligence artificielle – sont appréciés parce qu'ils n'ont rien d'humain. Un programme «humain» serait l'analogue d'un avion à l'allure de pigeon.

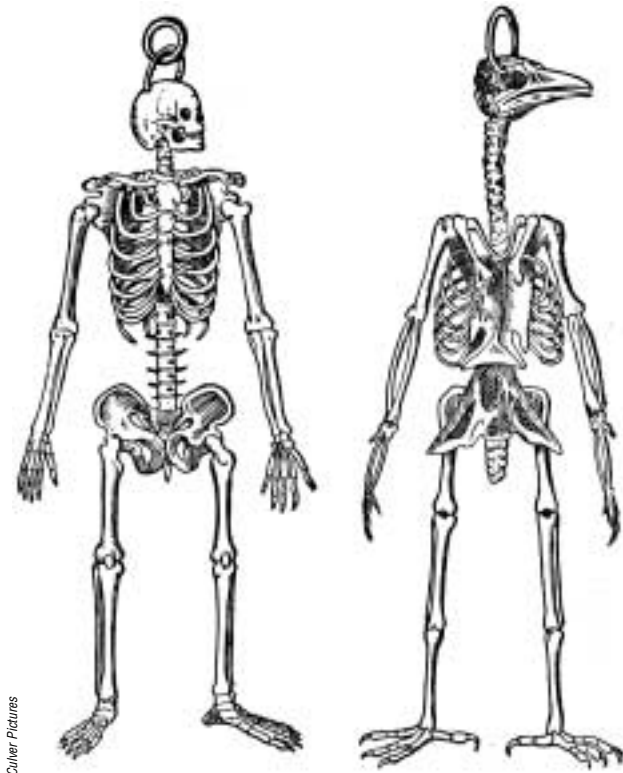
En attendant la science

L'histoire de l'aviation a également montré que la technique devance fréquemment la connaissance scientifique. Les concepteurs des premiers avions n'apprirent pas les principes de l'aérodynamique en étudiant l'anatomie des oiseaux : les systèmes vivants comportent quantité de «pièces» ayant plusieurs fonctions ou des structures qui sont héritées de l'évolution.

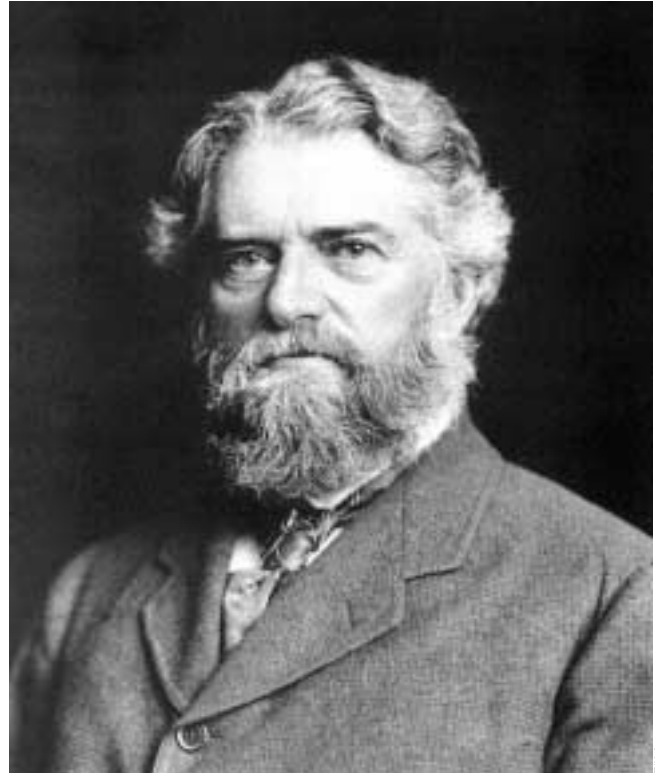
L'aérodynamique ne naquit qu'après les premières expériences en soufflerie,



2. LE TEST DE TURING porte le nom du mathématicien britannique Alan Turing (*photographie en haut à gauche*), qui l'imagina en 1950. Dans ce test, un juge discute avec un ordinateur et un autre humain, mais sans les voir. Si le juge ne peut distinguer la machine de l'humain, la machine est jugée «intelligente».



3. CETTE COMPARAISON entre un squelette humain et un squelette d'oiseau provient d'un texte écrit au XVI^e siècle par le naturaliste français Pierre Belon. Il analysait les similarités anatomiques des hommes et des oiseaux afin de comprendre comment les oiseaux peuvent voler.



4. SIMON NEWCOMB, astronome et mathématicien américain, a passionnément combattu l'idée du vol artificiel. Jusque sur son lit de mort, en 1909, il prétendait que le vol était impossible, même après que les frères Wright aient réussi à voler, en 1903.

au début du siècle. Ce sont ces expériences qui ont montré pourquoi les ailes des oiseaux étaient adaptées à leur fonction, et non l'examen de l'anatomie des oiseaux. Les frères Wright ne savaient pas pourquoi leur avion volait, et les principes aérodynamiques des ailes profilées ne commencèrent à être compris qu'avec les travaux de Gustave Eiffel, vers 1909. Eiffel testa en soufflerie des ailes artificielles munies de nombreux appareils de mesure. Les premiers avions possédant des ailes modernes profilées n'apparurent qu'à la fin de la Première Guerre mondiale, lorsque les ingénieurs démontrèrent que des ailes épaisses avaient une portance supérieure et une traînée peu différente de celle des ailes minces. Une compréhension théorique cohérente n'a été obtenue qu'après des expériences qui analysaient des aspects particuliers du problème.

On ne découvrira probablement pas les principes de la pensée intelligente en plongeant dans les dédales de l'esprit humain. Une science de l'intelligence doit isoler des aspects spécifiques de la pensée, comme la mémoire, la recherche et l'adaptation, pour nous permettre

de les expérimenter, chacun à leur tour, sur des systèmes artificiels. En faisant varier systématiquement des paramètres fonctionnels de la pensée, nous déterminerons comment l'interaction des différents processus mentaux engendre des comportements intelligents.

Une science de l'intelligence

Ces dernières années, l'intelligence artificielle a notablement progressé quand elle a compris qu'elle pouvait comparer quantitativement les divers algorithmes de résolution des tâches spécifiques.

Le rejet du test de Turing n'est pas l'abandon d'une ambition excessive ; le véritable but de l'intelligence artificielle est plus ambitieux encore que la fabrication d'une machine qui réussirait ce test : c'est la création d'une science de l'intelligence elle-même, qu'elle soit humaine, animale ou matérielle. Cette idée était déjà celle des pionniers de l'intelligence artificielle, dans les années 1960, mais la comparaison de l'aéronautique et de l'intelligence artificielle a bien montré que la quête d'une machine qui réussirait

le test de Turing était une fausse piste. Certains de nos collègues sont persuadés que leur but ultime est l'imitation de l'intelligence humaine, mais, même dans cette perspective limitée, les idées développées ici proposent des pistes sensées.

Reprenons une fois de plus l'analogie avec le vol. De même que les principes de l'aérodynamique s'appliquent à toutes les ailes, qu'elles soient naturelles ou artificielles, une vue informatique de l'intelligence ou, plus largement, de la pensée s'applique aussi bien aux penseurs naturels qu'aux penseurs artificiels. Si la psychologie cognitive et la psycholinguistique ressemblent à l'étude du vol des oiseaux dans toute sa complexité, les applications de l'intelligence artificielle ressemblent à la technique aéronautique. L'informatique fournit les principes qui guident les techniques, et le calcul lui-même est l'air qui porte les ailes de la pensée.

Comme une grande partie de l'informatique, les études sur l'intelligence artificielle sont principalement empiriques. L'exécution d'un programme est une expérience qui utilise un appareil complexe, constitué de métal, de

silicium et de symboles, afin de trouver les lois qui lient un comportement à une structure. On peut mettre au point des systèmes particuliers pour isoler un aspect de cette relation. Si les recherches en psychologie exploitent des méthodes d'analyses statistiques éprouvées, afin de révéler les comportements cachés dans l'inextricable complexité de la nature, les méthodes de l'intelligence artificielle sont ouvertes à l'examen direct. Avec les ordinateurs, nous pouvons décou-

vrir et expérimenter directement ce que les économistes Allen Newell et Herbert Simon nommaient les «lois de structure qualitatives».

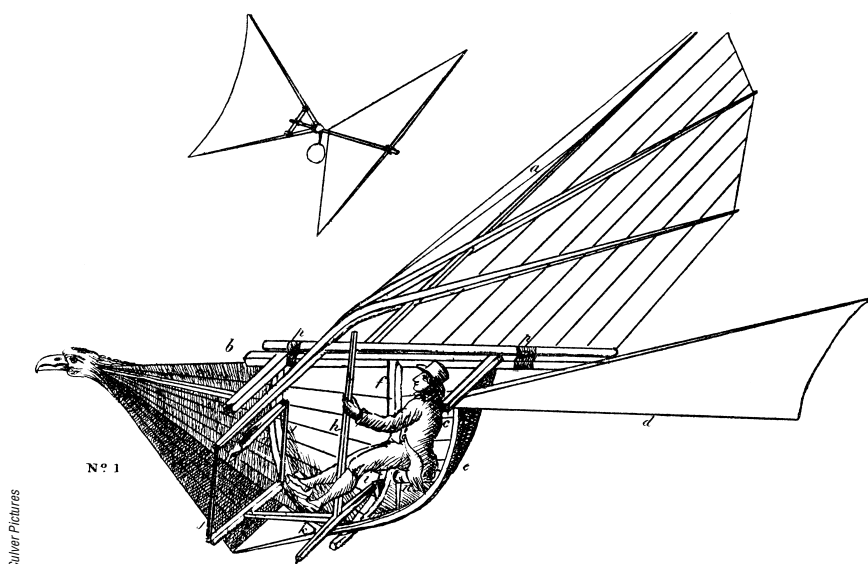
Ainsi, l'intelligence artificielle est la technique des objets cognitifs fondés sur la compréhension «calculatoire» qui alimente et instruit les sciences cognitives actuelles. Turing n'a pas proposé son test pour définir l'intelligence, mais bien des spécialistes d'intelligence artificielle ont mal interprété ses idées.

Critiques dogmatiques

L'intelligence artificielle et le vol artificiel se ressemblent jusque dans les critiques qu'ils attirent. Dans les années 1900, Simon Newcomb (1835-1909), qui était pourtant un astronome remarquable, fit campagne pour montrer que le plus lourd que l'air ne volerait pas. Aujourd'hui, l'erreur de Newcomb fait sourire, mais nous oublions que ses arguments étaient largement partagés par ses contemporains. Newcomb utilisa des arguments mathématiques, comme le fit le mathématicien anglais Roger Penrose, qui «démontra», à l'aide du théorème de Gödel, que l'intelligence artificielle était impossible. Newcomb observait que la surface des ailes des oiseaux est proportionnelle au carré de leur taille : un oiseau de la taille d'un humain ne pouvait donc pas voler. Il se ridiculisa quand il conserva cette idée jusque bien après le premier vol des frères Wright, quand des avions volaient pendant plusieurs heures. En fait, l'argument était bon : le poids des avions est à peu près proportionnel au cube de leur envergure, mais Newcomb ignorait comment la portance variait avec la vitesse de l'air.

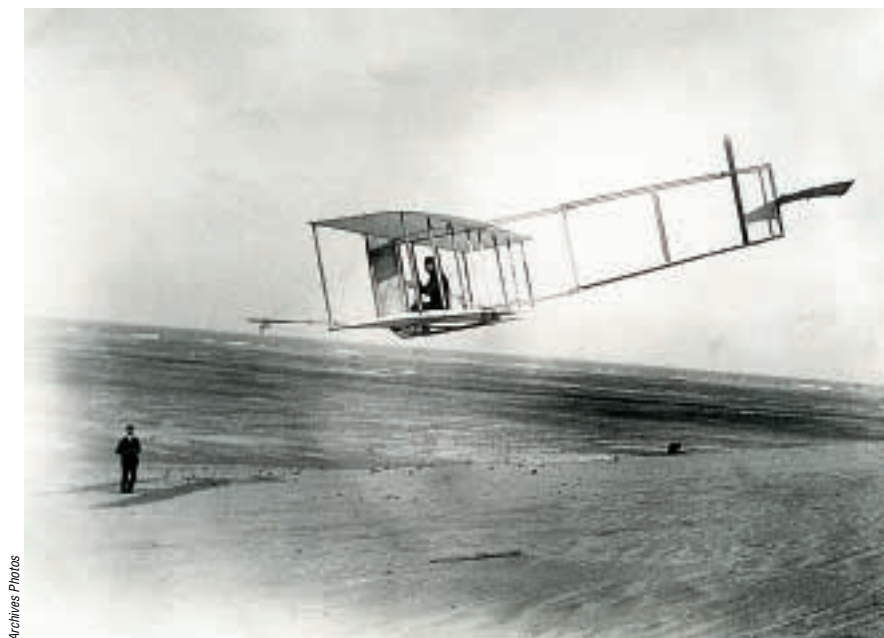
Newcomb utilisa des expériences de pensée et des arguments rhétoriques variés pour fonder son idée : n'est-ce pas ce que fit John Searle, de l'Université de Berkeley, contre l'intelligence artificielle dans sa fameuse «pièce chinoise» (voir *L'esprit est-il un programme d'ordinateur?* par John Searle, *Pour la Science*, mars 1990). Les arguments de Newcomb, fougueux, passionnés... mais faux, sont si semblables à ceux qui ont été opposés à l'intelligence artificielle que, pendant plusieurs années, nous avons décerné tous les ans un prix Simon Newcomb aux adversaires les plus virulents de notre discipline.

Où est le premier avion de l'intelligence artificielle? Nous l'avons déjà : les ordinateurs effectuent des tâches intelligentes, et ce depuis des années. L'intelligence artificielle vole tout autour de nous, mais beaucoup refusent de l'admettre. Voici quelques exemples parmi les milliers d'applications qui fonctionnent aujourd'hui : les systèmes d'intelligence artificielle sont des adversaires redoutables à des jeux comme les échecs, les dames, le bridge ou le backgammon ; ils composent de la musique, démontrent des



Culver Pictures

5. CE PLANEUR EN BOIS, conçu en 1810 par l'artiste anglais Thomas Walker, possède un bec d'oiseau.



Archives Photos

6. THE FLYER («La volante»), l'aéroplane des frères Wright, photographié à Kitty Hawk, avec Orville Wright aux commandes, montra qu'un appareil volant n'avait pas besoin de ressembler à un oiseau.

théorèmes mathématiques, analysent les marchés financiers, prennent des décisions concernant les crédits bancaires, inspectent des moteurs de pompes, contrôlent des émulsions dans les aciéries... Bientôt les programmes d'intelligence artificielle guideront des missions spatiales, exploreront d'autres planètes et conduiront des camions sur les autoroutes.

Toutes ces tâches sont-elles des preuves d'«intelligence»? La performance des systèmes d'intelligence artificielle, tout comme la vitesse des avions, est incontestable. Toutefois, l'histoire de l'intelligence artificielle a souvent montré que les capacités semblaient perdre leur caractère de prouesse mentale dès qu'on parvenait à les mécaniser. On a oublié qu'à l'époque de Turing un «calculateur» était un être humain qui faisait des calculs arithmétiques et qu'il était alors évident pour tous que cela nécessitait de l'intelligence. Le mot calculateur désigne aujourd'hui une machine. L'exécution rapide et précise de calculs n'est plus considérée comme une preuve de capacité mentale, tout comme le terme «voler» a évolué pour désigner le cas, alors inconcevable, où des centaines de personnes assises tranquillement dans un avion volent à 1 000 kilomètres par heure, loin au-dessus des nuages. Newcomb, qui était un des calculateurs prodiges de son temps, refusa jusque sur son lit de mort d'admettre que les premiers avions «volaient».

L'arbitraire de la désignation culturelle peut être illustrée par l'expérience de la pensée qui consiste à remplacer une machine par quelque chose de mystérieux, mais de naturel. Bien qu'un chien ne puisse réussir le test de Turing, on admet que les chiens ont une certaine intelligence. On dit souvent que *Deeper Blue*, l'ordinateur de la Société IBM qui a battu le champion d'échecs Garry Kasparov, n'est pas réellement intelligent, mais imaginez un chien jouant aux échecs : s'il battait Kasparov, on le considérerait comme un chien remarquablement intelligent.

L'idée selon laquelle l'intelligence naturelle est une forme complexe de calcul n'est encore qu'une hypothèse. Toutefois, aucune raison claire ne permet de l'infirmer. Certains ont argumenté qu'elle n'expliquerait pas la

conscience, mais, de toutes les théories actuelles sur la nature de la conscience, la théorie «calculatoire» semble la plus prometteuse. D'autres «théories» considèrent que la conscience résulte de propriétés physiques mystérieuses, mais elles ne proposent pas d'hypothèses testables. En considérant la vie mentale comme l'expression de calculs, l'intelligence artificielle fournit les éléments pour expliquer comment les symboles internes peuvent posséder une signification pour la machine et comment cette signification peut exercer une influence et être influencée par les relations causales qui existent entre la machine et son environnement.

Le but scientifique de l'intelligence artificielle est l'explication, en termes de calculs, de l'intelligence ou, plus largement, des capacités mentales elles-mêmes, et pas seulement une explication de l'esprit humain. Si cette démarche réussit, elle réfutera la spécificité de la pensée humaine et, par là, nous permettra de l'étendre et de la développer. Turing ne voulait pas souligner les différences entre les êtres pensants et les machines non pensantes ; il voulait les effacer. L'humanité ne serait pas amoindrie pour autant, car, somme toute, la compréhension des mouvements de l'air autour des ailes renforce l'admiration que nous portons au merveilleux vol des oiseaux. Il apparaît peut-être moins magique, mais sa complexité et ses raffinements sont impressionnants. Nous soupçonnons qu'il en est de même pour l'intelligence humaine. Si nos cerveaux sont vraiment des calculateurs biologiques, alors ce sont de remarquables ordinateurs.

Kenneth FORD est directeur du Centre informatique de la NASA. Patrick HAYES travaille à l'Institut pour la cognition humaine et artificielle, à l'Université de Floride.

Terry WINOYRAD et Fernando FLORES, *L'intelligence artificielle en question*, PUF, 1989.

Hans MORAVEC, *Une vie après la vie : les robots, avenir de l'intelligence*, Odile Jacob, 1992.

Jacques PITRAT, *De la machine à l'intelligence*, Hermès, 1995.

Daniel CREVIER, *À la recherche de l'intelligence artificielle*, Flammarion, 1997.

Ce magazine vous intéresse !



Vous y trouverez :

- ☐ Sciences-actualités
- ☐ L'actualité en astronomie
- ☐ Les actualités biomédicales
- ☐ Nouvelles de l'environnement
- ☐ Le texte intégral des conférences du samedi
- ☐ Le commentaire des expositions permanentes et temporaires
- ☐ Le programme des activités du Palais de la découverte

Je souscris un abonnement à la

REVUE DU PALAIS DE LA
DÉCOUVERTE

Je joins mon règlement par chèque
à l'ordre du

PALAIS DE LA DÉCOUVERTE
(CCP 9065 48 J PARIS)

Tarif France : 170 F (10 numéros par an)

Tarif étranger : 200 F

par mandat international uniquement
(par avion, supplément de 80 FF)

Abonnement de soutien : 230 F

Nom (M., Mme, Mlle) :

Prénom :

Adresse :

.....

Ville :

Code postal :

Profession :

à retourner avec votre règlement à
Revue du PALAIS DE LA DÉCOUVERTE
Av. Franklin-D.-Roosevelt - 75008 Paris.
Tél. : 01 40 74 80 00

