

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.

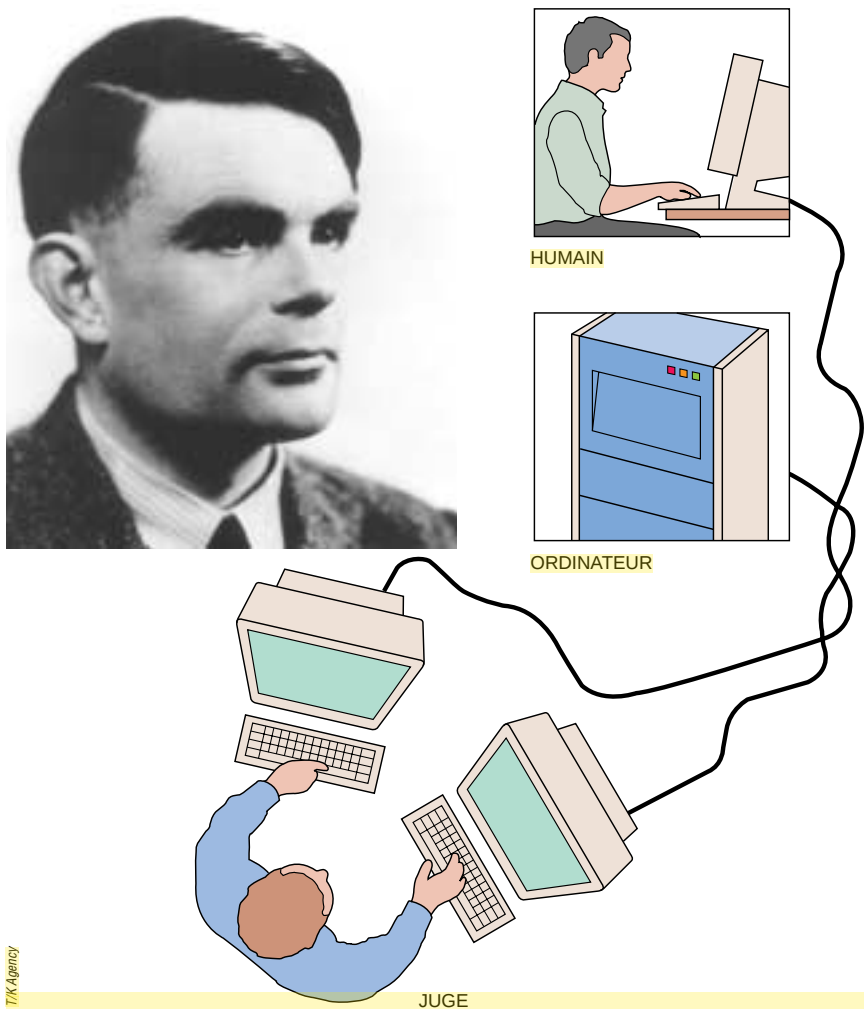
L'avion a beaucoup évolué depuis celui des frères Wright ; il n'atteindra jamais l'élégante précision de l'oiseau, mais, par d'autres aspects, il le dépasse largement. Si un avion ne peut se poser dans un arbre, pêcher des poissons dans la mer ou utiliser les vents pour planer sans bouger au-dessus des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

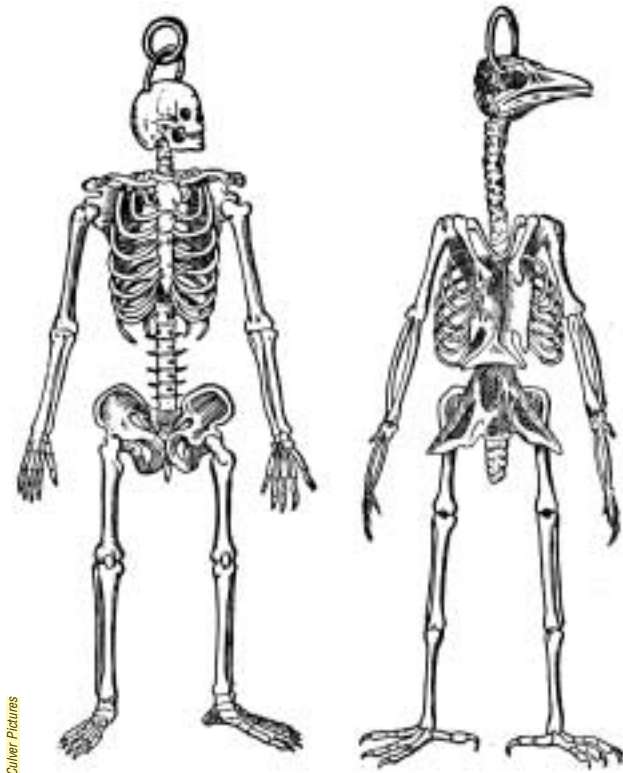
## En attendant la science

L'histoire de l'aviation a également montré que la technique devance fréquemment la connaissance scientifique. Les concepteurs des premiers avions n'apprennent 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.

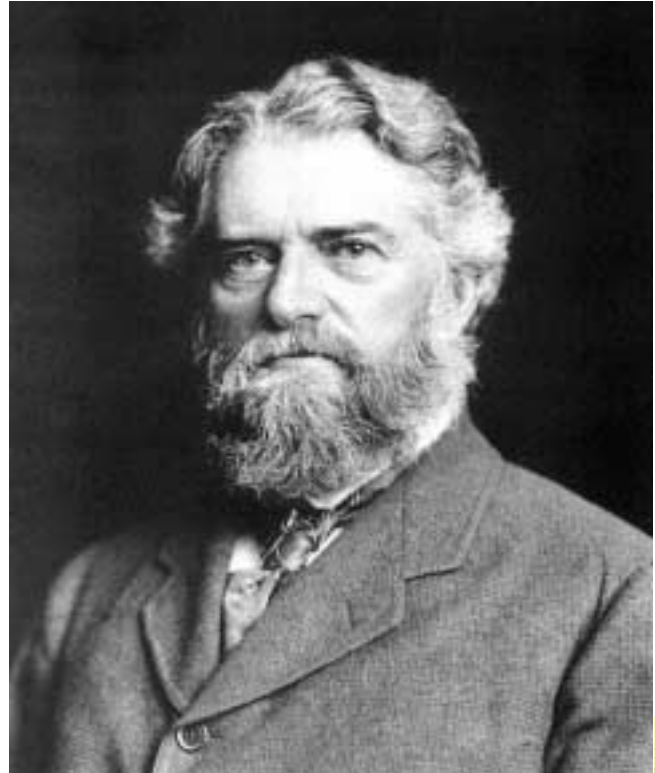
L'aérodynamique ne naquit qu'après les premières expériences en soufflerie,



**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<sup>e</sup> 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. Jusqu'à 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».

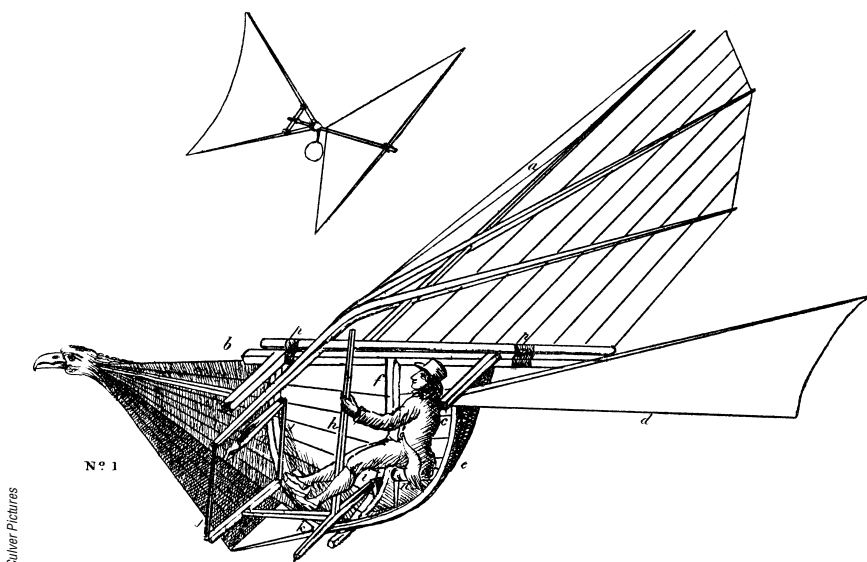
Ainsi, l'intelligence artificielle est la technique des objets cognitifs fondés sur la compréhension «calculatoire» qui alimente et instruit les sciences cognitives actuelles. Turing n'a pas proposé son test pour définir l'intelligence, mais bien des spécialistes d'intelligence artificielle ont mal interprété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

## Critiques dogmatiques

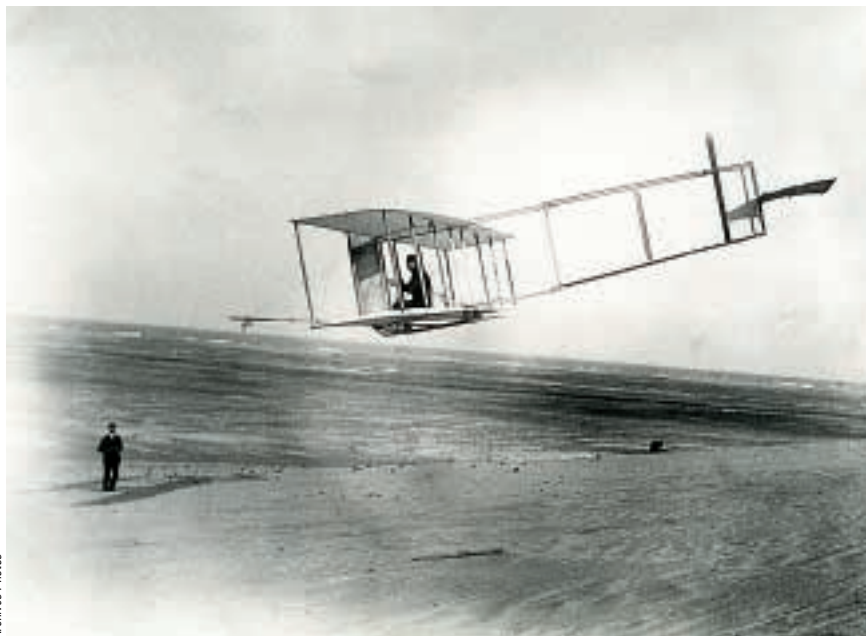
L'intelligence artificielle et le vol artificiel se ressemblent jusque dans les critiques qu'ils attirent. Dans les années 1900, Simon Newcomb (1835-1909), qui était pourtant un astronome remarquable, fit campagne pour montrer que le plus lourd que l'air ne volerait pas. Aujourd'hui, l'erreur de Newcomb 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



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



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.