

nommé *Eugene Goostman* de duper 10 des 30 juges réunis (33 % d'erreur). Victimes de la présentation biaisée que donnèrent les organisateurs de ce succès, somme toute assez modeste, de nombreux articles de presse dans le monde entier parlèrent d'un événement historique, comme si le test complet d'indiscernabilité homme-machine avait été réussi. Ce n'était pas du tout le cas, puisque le test avait d'ailleurs encore été affaibli : l'humain que le système

Ainsi, l'intelligence artificielle réussit aujourd'hui assez brillamment à égaler l'humain pour des tâches spécialisées (y compris exigeant une certaine maîtrise du langage), ce qui parfois étonne et doit être reconnu comme des succès d'une discipline qui avance régulièrement. Cependant, elle le fait sans vraiment améliorer la compréhension qu'on a de l'intelligence humaine, qu'elle ne copie quasiment jamais ; cela a en particulier comme conséquence qu'elle

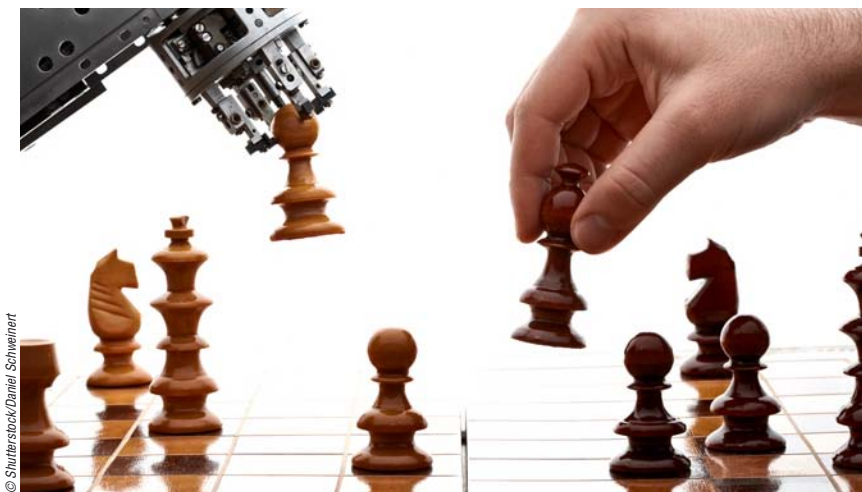
on se trouve. L'identification des régularités, on le sait par ailleurs, permet de compresser des données, et de prédire avec succès les données suivantes qu'on recevra.

Intelligence, compression et prédiction sont liées. Si, par exemple, on vous communique les données 4, 6, 9, 10, 14, 15, 21, 22, 25, 26, 33, 34, 35, 38, 39, 46, 49, 51, 55, 57, et que vous en reconnaissez la structure, vous pourrez les compresser en « les 20 premiers produits de deux nombres premiers » et deviner ce qui va venir : 58, 62, 65, 69, 74, 77, 82, 85, 86, 87, etc.

Ce lien entre intelligence, compression et prédiction a été exprimé de manière formelle par l'informaticien américain Ray Solomonoff vers 1965. Du principe du rasoir d'Ockham *Pluralitas non est ponenda sine necessitate* [les multiples ne doivent pas être utilisés sans nécessité], il proposait une version moderne exprimée ainsi : « Entre toutes les explications compatibles avec les observations, la plus concise, ou encore la mieux compressée, est la plus probable ».

Si l'on dispose d'une mesure de concision permettant de comparer les théories, cette dernière version devient un critère mathématique. La théorie algorithmique de l'information de Kolmogorov, qui propose de mesurer la complexité (et donc la simplicité) de tout objet numérique (une théorie le devient une fois entièrement décrite) par la taille du plus court programme qui l'engendre, donne cette mesure de concision et rend donc possible la mathématisation complète du principe de parcimonie d'Ockham.

L'aboutissement de cette voie de réflexion et de mathématisation a été la théorie générale de l'intelligence développée par l'informaticien allemand Marcus Hutter, dont le livre *Universal Artificial Intelligence* publié en 2005 est devenu une référence. En utilisant la notion mathématique de concision, une notion mathématisée d'environnement (ce qui produit les données desquelles un système intelligent doit tenter de tirer quelque chose) et le principe mathématisé d'Ockham de Solomonoff, M. Hutter définit une mesure mathématique universelle d'intelligence. Elle est obtenue comme la réussite moyenne



© Shutterstock/Daniel Schweinart

informatique simulait était censé n'avoir que 13 ans et ne pas écrire convenablement l'anglais (car d'origine ukrainienne !).

Non, le test de Turing n'a pas été passé, et il n'est sans doute pas près de l'être. Il n'est d'ailleurs pas certain que les tests partiels fassent avancer vers la réussite au test complet. En effet, les méthodes utilisées pour tromper brièvement les juges sont fondées sur le stockage d'une multitude de réponses préenregistrées (correspondant à des questions qu'on sait que les juges posent) associées à quelques systèmes d'analyse grammaticale pour formuler des phrases reprenant les termes des questions des juges et donnant l'illusion d'une certaine compréhension. Quand ces systèmes ne savent plus quoi faire, ils ne répondent pas et posent une question. À un journaliste qui lui demandait comment il se sentait après sa victoire, le programme *Eugene Goostman* de juin 2014 répondit : « Quelle question stupide vous posez, pouvez-vous me dire qui vous êtes ? ».

n'est pas sur le point de proposer des systèmes disposant vraiment d'une intelligence générale, chose nécessaire pour passer le difficile test de Turing qui reste hors de portée aujourd'hui (si on ne le confond pas avec ses versions partielles !).

À la recherche de l'intelligence générale

Ces tentatives éclairent les recherches tentant de saisir ce qu'est une intelligence générale. Ces travaux sont parfois abstraits, voire mathématiques, mais n'est-ce pas le meilleur moyen d'accéder à une notion absolue, indépendante de l'homme ?

Quand on tente de formuler une définition générale de l'intelligence, vient assez naturellement à l'esprit l'idée qu'être intelligent, c'est repérer des régularités, des structures dans les données dont on dispose, quelle qu'en soit leur nature, ce qui permet de s'y adapter et de tirer le maximum d'avantages de la situation évolutive dans laquelle

d'une stratégie dans l'ensemble des environnements envisageables.

Cette dernière notion (dont nous ne formulons pas ici la version définitive avec tous ses détails techniques) est trop abstraite pour être utilisable directement dans des applications. Cependant, elle permet le développement mathématique d'une théorie de l'intelligence et fournit des pistes pour comparer sur une même base abstraite, non anthropocentrée et objective, toutes sortes d'intelligences. Contrairement à l'idée de H. Gardner, cette voie de recherche soutient que l'intelligence est unique, qu'on peut dépasser le côté arbitraire des tests d'intelligence habituels pour classer sur une même échelle tous les êtres vivants ou mécaniques susceptibles d'avoir un peu d'intelligence.

Malgré la difficulté à mettre en œuvre pratiquement la théorie (par exemple pour concevoir de meilleurs tests d'intelligence, ou des tests s'appliquant aux humains comme aux dispositifs informatiques), on a sans doute franchi un pas important avec cette théorisation complète. Conscients de son importance pour la réussite du projet de

l'intelligence artificielle, les chercheurs ont maintenant créé un domaine de recherche particulier sur ce thème de « l'intelligence artificielle générale » qui dispose de sa propre revue spécialisée, le *Journal of General Artificial Intelligence* (à accès libre).

Dans le but sans doute d'éviter à la discipline de se satisfaire du développement de sa partie mathématique, un concours informatique a été créé par M. Hutter. Il utilise l'idée que plus on peut compresser, plus on est intelligent. Pour gagner et empocher une partie des 50 000 euros mis en jeu, il faut compresser au mieux le contenu de l'encyclopédie *Wikipedia* considéré comme une sorte d'image miniature de la richesse de notre univers (voir l'encadré 2).

La nouvelle discipline aidera peut-être les chercheurs à réaliser cette intelligence générale qui manque tant à nos machines actuelles et les oblige à n'aborder que des tâches spécialisées, le plus souvent en contournant les difficultés qu'il y aurait à employer les mêmes méthodes que les humains, qui eux disposent – au moins de façon rudimentaire ! – de cette intelligence générale. ■

■ L'AUTEUR



J.-P. DELAHAYE est professeur émérite à l'Université de Lille et chercheur

au Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille (LIFL).

■ BIBLIOGRAPHIE

B. Goertzel, *Artificial general intelligence : Concept, state of the art, and future prospects*, *Journal of Artificial General Intelligence*, publié en ligne, juin 2014 (<http://tinyurl.com/ln86g5b>).

M. Hutter, *50 000 euros prize for compressing human knowledge*, <http://prize.hutter1.net/>, consulté en 2014.

G. Tesaro et al., *Analysis of Watson's strategies for playing Jeopardy!*, 2014 (<http://arxiv.org/pdf/1402.0571.pdf>).

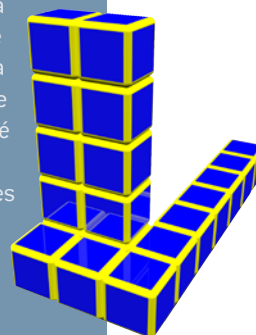
D. Dowe et J. Hernández-Orallo, *How universal can an intelligence test be*, *Adaptive Behavior*, vol. 22(1), pp. 51-69, 2014.

Références supplémentaires sur le site www.pourlascience.fr

Retour sur les golyèdres

Dans le numéro de septembre 2014, je présentais les « golyèdres », des polyèdres composés de cubes de côté unité accolés, et dont les différentes faces ont des aires valant exactement 1, 2, 3, ..., n . On montrait que la plus petite valeur de n pour laquelle un golyèdre existe est 11 ou 12. Un golyèdre à 12 faces était dessiné, mais cela n'excluait pas l'existence d'un golyèdre à 11 faces, existence qui restait donc en question. Or un tel golyèdre à 11 faces vient d'être trouvé (ci-contre) par Alexei Nigin. Il est assez étrange que ce golyèdre, plus simple que les quatre autres déjà connus, ait été trouvé si tardivement !

Une autre question posée dans l'article a été résolue. Si, pour définir les golyèdres, on remplace les cubes par des tétraèdres réguliers dont chaque face a une aire unité, existe-t-il des golyèdres ? Gilles Esposito-Farèse m'a fait remarquer que le tétraèdre régulier ne pave pas l'espace et donc que, en collant par leur face des tétraèdres réguliers dont les faces ont pour aire l'unité, on ne construit jamais de face ayant plusieurs unités d'aire. Il n'existe ainsi pas de golyèdres faits de tétraèdres réguliers. J'ai cependant une consolation : Aristote pensait aussi que le tétraèdre régulier, comme le cube, pavait l'espace et l'écrivit dans son *Traité du ciel*. Son erreur, inaperçue pendant près de 1 800 ans, fut révélée par Johannes Müller (1436-1476).



Retrouvez la rubrique
Logique & calcul sur
www.pourlascience.fr