

changements, alors il faut s'attendre à ce que tout empire ; les utilisateurs d'ordinateurs risquent de rencontrer des ennuis de toutes sortes dus aux défaillances et aux caprices de leurs outils, «en progrès» accélérés, mais de moins en moins contrôlés.

Cependant l'hypothèse de la courbe superexponentielle n'est rien à côté de l'hypothèse de la courbe à asymptote verticale (la courbe hyperbolique de la figure 3), car celle-ci signifie que nous approchons d'un instant où le progrès deviendra infini, ce qui bien sûr est matériellement impossible et implique un changement radical avant l'instant  $s$  de la singularité. Ce changement radical a été théorisé par Vernor Vinge, du Département de mathématiques de l'Université de San Diego, en 1993. V. Vinge écrit : «Je défends l'idée que nous sommes tout proches d'un changement comparable à l'apparition de la vie humaine sur Terre. La cause précise de ce changement est la création imminente, par notre technologie, d'entités possédant une intelligence plus grande que celle des humains.»

D'autres textes prophétiques ont depuis lors repris l'idée de la singularité créée par l'explosion de la courbe du progrès informatique provoquant ou provoqué par (tout n'est pas très clair !) l'apparition d'intelligences supérieures à celle de l'homme. Bien sûr, rien n'est établi de manière définitive, et il s'agit de spéculations comme la science-fiction les aime depuis longtemps (V. Vinge est d'ailleurs auteur de livres de science-fiction). Certains arguments numériques sont cependant intéressants à examiner et pourront peut-être vous troubler.

L'argument le plus amusant est, sans aucun doute, la comparaison de la puissance de calcul d'un cerveau humain avec la puissance de calcul informatique calculée avec la loi de Moore simplement prolongée (sans même prendre en considération un éventuel raccourcissement de la période de doublement de performances).

### CAPACITÉ DE CALCULS DES CERVEAUX

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour mesurer la puissance de calcul d'un cerveau humain, et ont donné lieu à de nombreuses dissertations conduisant à une estimation qui oscille entre  $10^{13}$  et  $10^{19}$  instructions par seconde. Cette grande imprécision ne fait que refléter l'ignorance où nous sommes encore aujourd'hui quant au fonctionnement détaillé du cerveau humain et illustre la difficulté qu'il y a à comparer des puces électroniques et des neurones.

Du côté des machines, le plus puissant ordinateur du monde aujourd'hui, est un ordinateur IBM destiné à la simulation d'essais atomiques au *Lawrence Livermore Laboratory* en Californie, aux États-Unis. Il dispose d'une puissance d'environ  $10^{13}$  instructions par seconde.

La plus puissante machine, avec ses  $10^{13}$  instructions par seconde, en est donc précisément arrivée aux estimations basses de puissance du cerveau humain. Si le rythme du progrès se maintient, en 2015, l'ordinateur le plus puissant du monde atteindra  $10^{16}$  instructions par seconde et, en 2030,  $10^{19}$  instructions par seconde correspondant à l'estimation la plus haute proposée pour la puissance du cerveau humain qui serait ainsi, selon toute vraisemblance, largement dépassée à cette date. Quelques années de plus, et ce seront les ordinateurs personnels qui atteindront la puissance du cerveau, avant les téléphones portables quelques mois plus tard !

Ray Kurzweil de son côté évalue avec plus de précision (mais en prenant sans doute plus de risques) qu'un ordinateur de 1 000 \$ atteindra la puissance du cerveau humain en 2030 (et atteindra la puissance de tous les cerveaux humains réunis en 2060).

Tout semble assez cohérent, et c'est là une grande nouvelle : pour ce qui est de la puissance de calcul, l'espèce humaine est entrée dans l'ère où elle construit des machines égalant ses propres capacités. Aurons-nous pour autant des machines intelligentes ?

### L'INTELLIGENCE N'EST-ELLE QUE DU CALCUL ?

Ce n'est pas sûr du tout. En effet il ne suffit pas d'avoir à sa disposition une grande puissance de calcul pour obtenir de l'intelligence... ce serait bien trop simple.

En voici la preuve. En connectant par le réseau internet les cent millions d'ordinateurs de bureau vendus en l'an 2000, nous disposons déjà d'une sorte de gros ordinateur d'une puissance de calcul de  $10^{16}$  instructions par seconde (les ordinateurs de bureau vendus aujourd'hui ont une puissance dépassant  $10^8$  instructions par seconde,  $5 \cdot 10^8$  même pour les plus récents). Parce que les échanges entre les diverses parties de cet «ordinateur à l'échelle de la Terre» sont trop lents et parce qu'aucun programme ne tente d'utiliser cette puissance pour produire de l'intelligence, ce mastodonte reste essentiellement idiot, bien qu'il dispose sans doute de la puissance d'un cerveau humain.

L'idée un peu trop simple qu'imiter l'intelligence n'est qu'une question matérielle et technique n'est pas nouvelle. En 1950, le célèbre mathématicien anglais Alan Turing prédisait qu'en l'an 2000, avec un ordinateur disposant d'une mémoire d'un milliard de chiffres binaires (pour lui semble-t-il, plus importante que la puissance de calcul et aujourd'hui largement dépassée), nous obtiendrions une machine imitant assez correctement le comportement humain. Cela n'est pas le cas : la «machine de Turing est encore assez bête». Plus proche de nous, Herbert Simon prévoyait, en 1965, qu'en 1985 les machines seraient capables de faire n'importe quel travail qu'un homme réalise. Là encore, la prédiction était trop optimiste.

Le débat sur l'intelligence artificielle, qui a déjà fait couler beaucoup d'encre, n'est donc pas clos. Il entre cependant dans une nouvelle phase. La charge de la preuve – qui était dans le camp des anti-IA, car à défaut de machines puissantes c'était à eux d'argumenter qu'on ne pourrait rien en faire – change de côté, et maintenant qu'une puissance comparable à celle du cerveau est disponible (ou sur le point de l'être), l'échec des tentatives pour rendre intelligentes nos machines prend une nouvelle signification. Les années qui viennent seront déterminantes.

Jean-Paul DELAHAYE est professeur à l'Université de Lille : [delahaye@lil.fr](mailto:delahaye@lil.fr)

G. HERMAN, *Benchmarking the Benchmarks*, 1996 : <http://163.18.14.55/-dataprop/12006-1.htm>

(sur la difficulté de la mesure de la puissance de calcul des ordinateurs)

D. HUTCHESON et J. HUTCHESON, *Le futur de la micro-électronique, Pour la Science*, pp. 50-56, mars 1996.

R. KURZWEIL, *The Age of Spiritual Machines : When Computer Exceed Human Intelligence*, Penguin Book, New York 1999.

R. MERKLE, *Energy Limits to the Computational Power of the Human Brain* : <http://www.merkle.com/brainLimits.html>

H. MORAVEC, *Mind Children. The Future of Robot and Human Intelligence*, Harvard University Press, Cambridge, 1988.

V. VINGE, *On the singularity. VISION-21 Symposium sponsored by NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute, March 30-31, 1993* : [www.ugcs.caltech.edu/~phoenix/vinge/vinge-sing.html](http://www.ugcs.caltech.edu/~phoenix/vinge/vinge-sing.html)

D. YANG, *On Moore's Law and Fishing. Gordon Moore speaks out, U.S. News 7-10-2000* : <http://www.usnews.com/usnews/transcripts/moore.htm>