

3. La croissance de la complexité du vivant

Alexei Sharov a proposé une méthode de mesure de la complexité (entendue comme richesse en fonctions et en organisation) à l'aide de l'évaluation de ce qu'il dénomme l'ADN fonctionnel non répétitif (en gros, les gènes et les séquences promotrices des gènes). Il obtient une courbe qui, en échelle logarithmique, est constituée de points assez bien alignés. Cette courbe, si on la considère comme repré-

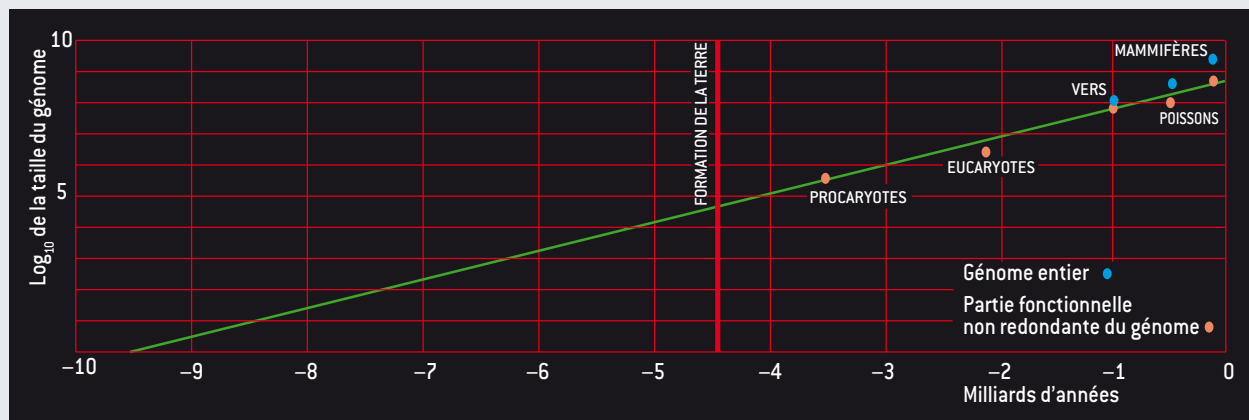
sentative d'une évolution de la complexité du vivant, signifie que celle-ci double tous les 350 millions d'années environ. C'est une sorte de loi de Moore pour la vie.

En prolongeant la courbe vers la gauche, elle touche l'axe des abscisses en un point correspondant environ à -10 milliards d'années, ce qui est plus ancien que l'âge de la Terre. On pourrait en conclure qu'il ne faut pas

prolonger la courbe et qu'il y a sans doute eu une phase où la croissance de la complexité a été plus rapide. A. Sharov préfère une autre explication de ce point d'intersection, selon laquelle la vie est arrivée sur la Terre avec une certaine complexité après son apparition ailleurs. Pour lui, le transport d'un point à l'autre de l'espace n'est pas le fait d'extraterrestres qui auraient ensemencé volontairement

la Terre (théorie de la panspermie dirigée), mais le résultat de déplacements – rares, mais possibles – de matière portant les structures moléculaires propres à la vie, par exemple sous la forme de spores résistantes.

Inutile de dire que les idées de A. Sharov ne font pas l'unanimité et que les spécialistes de l'origine de la vie y voient au contraire de nombreuses objections.



L'idée que l'avenir nous réserve une accélération du progrès produisant des doublages de plus en plus rapprochés des diverses mesures de performance de nos dispositifs numériques nous plonge dans des visions de science-fiction. On évoque la naissance de machines super-intelligentes contribuant elles-mêmes à la conception de nouvelles machines encore plus puissantes, etc.

De la science-fiction ?

Une volumineuse littérature futuriste s'est développée qui se plaît à discuter une loi « des retours accélérés » (due à R. Kurzweil), sorte de généralisation un peu imprécise de la loi de Moore à tous les domaines. Elle conduirait à un instant nommé « la singularité » (idée introduite par Vernor Vinge, professeur d'informatique à l'Université de San Diego) et pronostiqué avant la fin du XXI^e siècle, où l'intelligence humaine aura engendré des machines qui la dépasseront.

Heureusement (?), selon certains, nous pourrions alors transférer, télécharger, nos esprits dans ces machines, ce qui nous permettrait d'accéder à une forme d'immortalité. Une question vient naturellement à l'esprit : pourquoi ces machines nous accepteraient-elles en leur sein si nous leur sommes inférieurs et que nous ne servons plus à rien ? Bien d'autres questions sont abordées et débattues par ceux qui se nomment eux-mêmes « transhumanistes » ou « extropiens ».

Une idée développée par Hugo de Garis (chercheur en intelligence artificielle) évoque la survenue prochaine d'une inévitable et terrible guerre entre ceux qui s'opposeraient aux développements de cette intelligence nouvelle, qui condamne à terme les êtres humains, et ceux qui y verraient simplement la continuation de l'humanité sous d'autres formes matérielles. La question de savoir si les cyborgs, hybrides d'humains et de machines, seraient en mesure d'ouvrir une troisième voie est aussi posée et donne lieu

à de rudes controverses entre ces futurologues, parfois qualifiés de technoprophètes.

Parmi les pistes de réflexion, John Smart défend une idée inattendue. Non seulement les performances technologiques en général continueront de progresser, mais elles s'accompagneront d'une réduction des tailles, qui finira à long terme par rendre si petits les lieux où la vie se poursuivra dans ses formes nouvelles qu'elle disparaîtra du monde physique macroscopique. Cette idée résoudrait le paradoxe de Fermi : « Nous ne voyons pas les civilisations intelligentes qui devraient être apparues avant la nôtre et dont l'existence est pourtant probable, puisque la nôtre est assez récente en regard des durées astronomiques. »

Il existe aussi des spécialistes de l'histoire de l'économie et des techniques qui contestent que le progrès va en s'accéléralant. Ils tentent de montrer que nous sommes en train d'observer une baisse du rythme de l'évolution technique. Les difficultés rencontrées par l'industrie des microprocesseurs

redonnent de la crédibilité à leurs thèses. Théodore Modis et Jonathan Huebner, chacun par des méthodes différentes d'analyse historique et statistique des événements scientifiques et technologiques, affirment détecter une baisse ou l'esquisse d'une baisse de l'innovation depuis quelques années. Th. Modis, par exemple, conclut : « Nos analyses prévisionnelles montrent que nous sommes sur le point d'atteindre le taux maximal de croissance de la complexité générale, et que ce taux à l'avenir (qui est le taux de changement dans nos vies) sera en baisse. »

Le devenir de la loi de Moore, de ses variantes et de ses généralisations étant un sujet délicat et incertain, tournons-nous vers une autre réflexion qui, elle aussi, prétend nous éclairer sur des questions fondamentales, cette fois du passé, à l'aide d'une variante de la loi de Moore.

Loi de Moore... et origine de la vie

Alexei Sharov du Laboratoire de génétique des NIH (Instituts américains de la santé) a mené une série d'études et développé une méthode de mesure de la complexité fonctionnelle (selon ses termes) des diverses formes de vie sur la Terre au cours de l'évolution. La méthode qu'il met en œuvre pour mesurer la complexité des êtres vivants se fonde sur leur génome en n'en retenant que l'ADN non répété et fonctionnel.

La méthode est discutable et discutée par les spécialistes ; cependant, elle n'est pas absurde quand on la confronte aux idées que l'informatique théorique propose pour mesurer la complexité structurelle (voir cette rubrique dans le numéro de mai 2013). Comme A. Sharov, on considère que seule la partie non aléatoire d'une information doit être prise en compte dans une mesure de richesse en organisation.

A. Sharov remarque un alignement remarquable des points mesurant cette complexité structurelle du vivant lorsqu'on les dessine sur une échelle logarithmique en fonction du temps. Cet alignement signifie que la complexité des êtres vivants sur la Terre suit une sorte de loi de Moore. Cette

fois, le temps de doublement observé est 376 millions d'années ! La remarque, si elle est confirmée par des données complémentaires et validée par la communauté des spécialistes de l'évolution (ce qui n'est pas le cas aujourd'hui), serait très intéressante. Elle signifierait qu'il existe une loi générale de l'évolution indiquant non seulement que la complexité de la vie s'accroît, ce qu'on admet en général (avec quelques réticences pour certains), mais que cet accroissement, pour des raisons profondes sans doute, suit un rythme constant et continu.

Les propositions théoriques de A. Sharov deviennent hautement spéculatives quand il prolonge sa courbe en arrière dans le temps pour rechercher l'instant initial de cette apparition de la complexité des êtres vivants, assimilée à l'apparition de la vie. En effet, il découvre que cette origine se situerait à environ dix milliards d'années, donc avant la date de formation de la Terre estimée à 4,54 milliards d'années ! A. Sharov déduit de cette origine lointaine que la vie terrestre serait née ailleurs dans l'espace.

Remarquons que le point d'origine de la vie de A. Sharov est compatible avec l'estimation admise de l'origine des temps, le Big Bang dont on évalue la date à 13,82 milliards d'années. A. Sharov pense que les formes primitives de vie sont arrivées sur la Terre par accident. La vie aurait commencé ailleurs très progressivement (au rythme d'un doublement de complexité tous les 300 ou 400 millions d'années environ) et à l'occasion d'échanges accidentels de matière entre corps célestes, et se serait retrouvée sur la Terre, où la croissance de la complexité se serait poursuivie, toujours au même rythme (sans doute fixé par une loi que nous comprendrons plus tard) jusqu'à présent.

On le voit, l'observation des régularités dans l'évolution de la complexité des technologies ou de la vie (qui, à sa façon, est une technologie) est une remarquable source d'inspiration et d'argumentation pour ceux qui tentent d'entrevoir le futur ou de comprendre le passé. Écouter ces considérations n'oblige pas à en accepter sans réserve les sidérantes conclusions. Toutefois, ne refusons pas de nous poser la question : et si c'était vrai ? ■

L'AUTEUR



Jean-Paul DELAHAYE est professeur à l'Université de Lille et chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille (LIFL).

BIBLIOGRAPHIE

B. Nagy *et al.*, Statistical basis for predicting technological progress supporting information, *PLoS ONE*, vol. 8(2), e52669, 2013.

A. Sharov, Life before Earth, <http://arxiv.org/abs/1304.3381>

S. H. Fuller et L. I. Millett, The Future of Computing Performance, The National Academies Press, 2011.

J. Huebner, A possible declining trend for worldwide innovation, *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 72, pp. 980-986, 2005.

Th. Modis, Forecasting the growth of complexity and change, *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 69(4), pp. 377-404, 2002.

R. Kurzweil, The law of accelerating returns, www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns, 2001.

G. Moore, Cramming more components onto integrated circuits, *Electronics*, vol. 38(8), pp. 114-117, 19 avril 1965.