

même capables d'entraîner l'apoptose (le suicide cellulaire) des neurones.

Des perturbations de l'activité électrique des neurones ont aussi été relevées, notamment à partir d'études sur des cultures d'hippocampe (une structure cérébrale) ou de neurones du cortex frontal de souris. L'activation de réseaux entiers était parfois inhibée. Or les fonctions de traitement et de transfert de l'information des neurones reposent sur leur activité électrique...

Les nanoparticules sont également susceptibles de perturber la synthèse de neurotransmetteurs (les molécules qui assurent la communication entre neurones). Seraient notamment affectées la dopamine et la sérotonine, deux neurotransmetteurs clefs dans la régulation du sommeil et de l'humeur, et qui ont de nombreuses autres fonctions. En 2013, notre équipe a montré chez la souris que cela peut se traduire par une baisse des capacités locomotrices.

Un impact sur les maladies d'Alzheimer et de Parkinson ?

Enfin, plusieurs expériences en tube à essai ont montré que les nanoparticules peuvent accélérer l'agrégation de certaines protéines formant des fibres dans les neurones ou autour. Ce serait en particulier le cas des protéines bêta-amyloïde et alpha-synucléine, qui s'agrègent respectivement dans les maladies d'Alzheimer et de Parkinson. Les nanoparticules pourraient alors entraîner ou accélérer ces maladies, ainsi que d'autres pathologies neurodégénératives. L'effet dépendrait de leur taille et de leur concentration. À une concentration aussi faible que 20 nanomoles par litre, des nanoparticules d'or de 10 nm de diamètre multiplient par trois la vitesse d'agrégation de l'alpha-synucléine dans un tube à essai.

On manque toutefois de données pour déterminer si cette concentration est représentative de celles qu'on pourrait trouver dans le cerveau humain. Chez l'animal, les quantités détectées dans le cerveau sont généralement très faibles par rapport aux autres organes, preuve de l'efficacité des

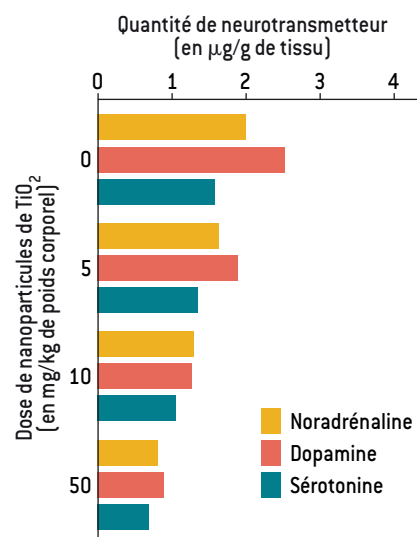
barrières physiologiques qui le protègent. Cependant, les observations *in vivo* restent peu nombreuses et ne couvrent qu'une courte période. Or quelques études suggèrent que les nanoparticules s'accumulent avec le temps, en particulier les nanoparticules métalliques. Celles-ci pourraient alors se révéler les plus délétères – et ce d'autant plus que des taux anormaux de métaux sont associés aux maladies neurodégénératives.

Le déclenchement de stress oxydant et d'inflammations cérébrales, ainsi que l'accélération de l'agrégation de protéines fibrillaires, suggèrent un impact potentiel sur les maladies neurodégénératives. Les travaux de l'équipe de Lilian Calderón-Garcidueñas, de l'Institut national de pédiatrie à Mexico, soutiennent cette hypothèse : des cas de maladies d'Alzheimer et de Parkinson chez des individus jeunes semblent liés à la présence de nanoparticules dans les polluants atmosphériques.

Au moment où l'usage des nanoparticules se généralise, les travailleurs comme les consommateurs se trouvent de plus en plus exposés. Dès lors, il convient d'évaluer de façon spécifique l'impact potentiel des nanoparticules sur le cerveau, en y mettant les moyens nécessaires. Sans attendre des études épidémiologiques, on devrait recourir à des modèles animaux reproduisant des scénarios d'exposition chronique prolongée, pour lesquels les données manquent. Aujourd'hui, de nombreux points restent à confirmer et à préciser, mais on sait déjà que les nanoparticules peuvent avoir divers effets nocifs, même en assez faible quantité.

De multiples informations pourraient aussi venir de la nanomédecine, qui a notamment identifié les voies d'entrée des nanomatériaux dans le cerveau et les paramètres physico-chimiques optimisant cette entrée. Plus généralement, tous les acteurs publics et privés liés au domaine des nanosciences doivent s'unir pour équilibrer au mieux le rapport bénéfices/risques inhérent à tout nouveau domaine. ■

Anna BENCSIK est directrice de recherche au Laboratoire de Lyon de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).



CERTAINS NEUROTRANSMETTEURS, des substances qui assurent la communication entre neurones, se raréfient quand la concentration cérébrale de nanoparticules augmente. C'est ce qu'ont montré des expériences sur la souris, avec des nanoparticules de dioxyde de titane (TiO₂). La mémoire et les capacités locomotrices peuvent alors être affectées.

BIBLIOGRAPHIE

Avis et rapport de l'Anses relatifs à l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux - enjeux et mise à jour des connaissances, Anses, 2014.

A. Bencsik, Le cerveau est-il à l'abri d'un impact d'une exposition à des nanomatériaux ?, *Biologie Aujourd'hui*, vol. 208, pp. 159-165, 2014.

Y. D. Alvarez et al., Influence of gold nanoparticles on the kinetics of alpha-synuclein aggregation, *Nano Letters*, vol. 13, pp. 6156-6176, 2013.

K. Andrieux et P. Couvreur, Des nanomédicaments pour le cerveau, *Pour la Science*, n° 432, octobre 2013.

Comment ma mère a survécu au numérique

par Thierry Viéville, sur *Intelligence mécanique*

« **T**a sœur a beau m'avoir expliqué dix fois : je n'arrive pas à faire gôgole. » C'est une petite dame de 89 ans qui me parle, ma mère. Avant, magnétoscope et autres appareils programmables étaient restés pour elle inaccessibles. Alors avec le numérique, la voilà bien mal partie.

Mais un jour, j'en ai eu assez de lui répéter que *Google* ne se prononce pas gôgole, et que *Word* est un logiciel, et que... stop ! J'ai arraché la connexion Internet de son ordinateur. Et son monde a changé.

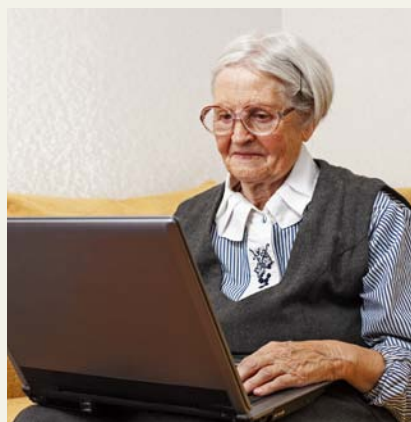
Elle : « Mais l'ordinateur n'aura plus de courant sans le câble Internet ? ». Moi : « Si on regarde bien, il y a un deuxième câble branché sur la prise... ». Et nous voilà en train de regarder tous les câbles, boutons et prises de l'appareil ; d'aborder les choses par un aspect inattendu, mais relié à ce qui lui est familier. Ma mère n'a pas besoin de savoir tout ça, me direz-vous. Mais ça a été sa demande pour s'approprier cette machine jusque-là magique. Et la conclusion est tombée : « C'est bien moins compliqué que mon ancienne machine à laver ! »

Ma mère de reprendre : « Est-ce que j'ai toujours gôgole avec l'Internet coupé ? » « Essayons pour voir ». Surprise : gôgole était toujours là – dans la mémoire cache du navigateur. Mais surtout, elle avait ouvert directement *Google*. En lui laissant le temps d'explorer et en lui proposant un premier défi facile, les blocages s'estompaient.

L'ordinateur est alors devenu pour ma mère un objet de curiosité : découvrir ce qui était dedans ou bien « ailleurs », distinguer les applications des données, comprendre qu'un navigateur permet d'accéder à des pages Web, qui sont ailleurs, mais aussi gardées localement en mémoire, etc. Bref, nous avons passé du temps non pas à « apprendre un mode d'emploi », mais à nous amuser à « comprendre comment cela fonctionne ».

Je n'ai pas la panacée, mais une méthode générale : expliquer un concept numérique en faisant l'analogie avec une situation du monde physique (courrier postal contre paquets de données, adresses IP en regard des adresses postales, rangement des fichiers dans des dossiers numériques ou en papier, etc.).

J'ai perçu un basculement de l'abscons vers l'accessible quand les mots évoqués ci-dessus ont pris un sens précis, c'est-à-



Un enjeu pour notre société : donner aux personnes âgées l'accès au numérique.

dire sont devenus des notions, des termes appropriés pour nommer des objets numériques bien définis.

À la fin, ma mère m'a dit : « Finalement, tu ne m'as toujours pas [ré[ré]] expliqué comment se servir de gôgole ? Mais je crois que maintenant, je vais pouvoir me débrouiller ! »

Puis avec ses 90 ans sont arrivées les tablettes tactiles. Plus de clavier, les doigts ont dû apprendre à former des mots en caressant des lettres sur la vitre. Il a fallu que la main apprenne à ne pas toucher l'écran inutilement, car tout geste est devenu performatif. L'apprentissage sensorimoteur des gestes de manipulation, si facile chez les jeunes enfants, doit être intégré très

progressivement par les personnes âgées. On a fait des exercices de dessin avec le doigt et des séquences de clics, comme des gammes au piano. Le point clé est de bien distinguer quand c'est le cerveau qui se trompe de quand c'est la main qui est maladroite.

Météo, démarches administratives, émissions de télévision à la demande, photos de familles, vieux films, lecture... Bien séparer le savoir du savoir-faire a permis que la tablette devienne pour ma mère un trésor de possibilités, une fenêtre sur le monde. Sans comprendre comment cela fonctionne, comment inventer ses propres usages ?

Cela montre en creux que si les jeunes enfants sont doués pour manipuler les outils numériques, il n'y a aucune raison qu'ils puissent spontanément les comprendre. Veut-on faire des enfants des singes savants, consommateurs dociles des produits numériques ? Et des personnes âgées des laissées pour compte ? Le monde est devenu numérique et nous devons tous en comprendre ses fondements scientifiques et techniques, pour y vivre harmonieusement et en profiter réellement. N'en déplaise à ceux qui pensent encore qu'il ne sert à rien d'apprendre à chaque enfant de France les sciences et techniques informatiques. ■



Thierry VIÉVILLE
est directeur de recherche en neurosciences computationnelles à l'Inria (à Sophia-Antipolis) et auteur du blog *Intelligence mécanique* (www.scilogs.fr/intelligence-mecanique).

Retrouvez tous nos blogueurs sur www.scilogs.fr et suivez-les sur les réseaux sociaux.

HOMO SAPIENS INFORMATICUS chronique de Gilles Dowek

Les ordinateurs, des révolutionnaires ?

L'informatique a rendu obsolètes nombre de métiers et renouvelle la question de la répartition des richesses.



Au XX^e siècle, trier du courrier, transporter des voyageurs, vendre des disques, etc. demandait un travail important aux postiers, aux conducteurs de métros, aux disquaires, etc. Ce travail n'est plus nécessaire depuis que nos courriers sont électroniques, nos métros automatiques, notre musique dématérialisée, etc. On le constate chaque jour : l'informatique a rendu obsolètes de nombreux métiers.

Il y a tout lieu de se réjouir de ce remplacement de l'homme par la machine. D'une part, il annule l'effet du détestable taylorisme qui, avec le travail à la chaîne, avait transformé l'homme en machine. D'autre part, produire autant en fournissant moins de travail est une aspiration légitime de l'humanité.

Si chacun de nous devait pétrir et cuire lui-même son pain et si nous découvrions une méthode permettant de fabriquer la même quantité de pain avec deux fois moins de travail, nous l'adoptons tous : il n'y aurait pas de luddites ni de néoluddites pour refuser une innovation qui permet à chaque individu de fabriquer autant en se fatiguant moins. La croissance du chômage – alors que la production ne décroît pas – n'est pas uniquement une mauvaise nouvelle : elle indique aussi que nous arrivons à produire autant avec moins de travail.

Toutefois, de multiples raisons, tant éthiques que pratiques, imposent de nous soucier du sort des postiers, des conducteurs

de métros et des disquaires devenus chômeurs. Et c'est là, sur ce qu'il convient de faire, que les points de vue divergent.

Une hypothèse traditionnelle est que, nos désirs étant illimités, l'augmentation de la productivité suscite des demandes nouvelles. Par exemple, entre le début et la fin du XX^e siècle, plus de la moitié de la population active a cessé de travailler la terre. Or ces paysans ne sont pas devenus chômeurs, mais, plus souvent, ouvriers, ingénieurs, employés, etc., la croissance de la productivité agricole ayant suscité une demande nouvelle de produits manufacturés et de services.

Résoudre le problème du chômage ne signifie pas redonner du travail à chacun, mais imaginer une nouvelle organisation de la société, dans laquelle le travail a disparu.

Selon cette hypothèse, les postiers, les conducteurs de métros et les disquaires devenus chômeurs ont vocation à exercer d'autres métiers, et notre principale responsabilité collective est de les y préparer.

Cependant, une autre hypothèse peut être avancée, selon laquelle la révolution informatique est d'une nature différente de la révolution agricole. Dans bien des cas, en effet, le remplacement de l'homme par l'ordinateur n'est pas motivé par le fait que les ordinateurs permettent de fabriquer autant avec moins de travail, mais par le fait que les ordinateurs deviennent meilleurs que nous dans la plupart des tâches

productives : conduire des métros, effectuer des simulations numériques, recueillir et traiter des données, rechercher des informations dans une bibliothèque, etc.

Selon les plus radicaux, l'homme n'aura bientôt plus sa place dans ces activités, tout simplement parce que l'évolution technique est plus rapide que l'évolution humaine. Par exemple, en dix ans, notre capacité de mémorisation a sans doute un peu augmenté du fait de la hausse générale du niveau d'éducation dans le monde ; mais cette augmentation est de l'ordre de quelques pour cent au plus. Pendant la même durée, celle des clés USB a été multipliée par mille !

Si l'on suit cette hypothèse, résoudre le problème du chômage ne signifie pas redonner un travail à chacun, ce que de toute façon nous ne parvenons pas à faire depuis bientôt un demi-siècle. Il s'agit plutôt d'imaginer une nouvelle organisation de la société, dans laquelle le travail a disparu – ou, pour être moins caricatural, ne tient plus qu'une place secondaire.

Aux XIX^e et XX^e siècles, les questions sociales ont beaucoup porté sur la répartition des richesses entre le capital et le travail. Ces questions importent aujourd'hui peut-être moins que celle, trop peu débattue, de la répartition des richesses dans une société d'oisifs. ■

Gilles DOWEK est chercheur à l'Inria et membre du conseil scientifique de la Société informatique de France.

CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES par Gérald Bronner



Pourquoi les extraterrestres n'ont-ils pas de cheveux ?

La représentation des extraterrestres traduit une conception lamarckienne de l'évolution du vivant.

Lorsqu'on tape « extraterrestre » dans le moteur de recherche *Google image*, des dizaines d'illustrations nous sont proposées. L'imaginaire humain n'a pas été avare pour donner mille formes à ces mystérieux êtres d'un autre monde. Parfois grands, parfois minuscules, parfois dotés de trois yeux, parfois d'un seul, ces visiteurs, qu'ils soient pacifiques ou agressifs, sont très différents les uns des autres. Un point est cependant frappant par sa constance : la plupart de nos frères de l'espace sont chauves. Que ce soit E. T., les petits-gris ou les Annunakis comme les nomment parfois les experts en la matière, ces visiteurs n'ont pas un cheveu sur le crâne. Est-ce vraiment une coïncidence ?

La plupart des récits prenant pour thème la vie extraterrestre décrivent des civilisations supérieures à la nôtre (ce qui explique qu'ils aient les moyens technologiques de venir nous visiter). Ce qui pourrait donc bien être à l'œuvre ici, c'est une certaine représentation de la théorie de l'évolution. En effet, l'hypothèse implicite qui soutient la description physique de ces êtres est que, très en avance sur nous, ils représenteraient en quelque sorte notre futur développement biologique. Dotés souvent d'un crâne disproportionné par rapport à la taille du corps, ces êtres extraordinaires constituent obscurément l'étape ultime de notre développement.

Ainsi, le cheveu, ce cousin du poil, est-il sans doute vu comme un ersatz d'animalité qui ne sied guère à une conscience supérieure. En outre, les cheveux et les poils, qui ont pu avoir leur utilité en des temps où les

hommes souffraient des rigueurs du climat, seraient voués, la fonction créant l'organe, à disparaître lentement pour dévoiler toute la puissance d'un cortex appelé à devenir toujours plus volumineux.

Cette vision de l'évolution biologique ne respecte pas beaucoup l'orthodoxie de la théorie darwinienne. Elle a plutôt des accents franchement lamarckiens. Jean-Baptiste de Monet, chevalier de Lamarck,



MALGRÉ LEUR DIVERSITÉ, les extraterrestres sont presque toujours représentés chauves. C'est le reflet d'une mécompréhension de la théorie de l'évolution.

considérerait avec Darwin que les espèces n'étaient pas immuables ; mais sa théorie, contrairement à celle de Darwin, admettait que les êtres évoluaient selon les lois d'une mystérieuse force vitale, contenue dans toute vie, qui orientait l'évolution biologique. L'exemple emblématique est l'idée que les girafes ont un long cou parce que la force vitale le leur a allongé, leur nourriture se trouvant sur la cime des arbres. Cette adaptation acquise devenait ensuite innée. Le milieu naturel aurait ici une influence, via l'intervention d'une hypothèse

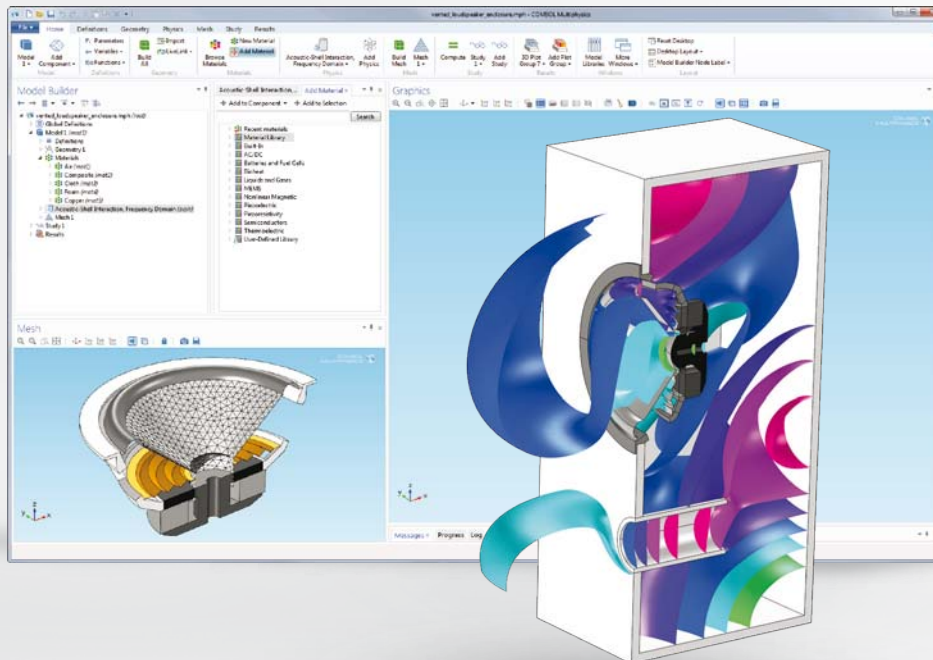
métaphysique (la force vitale), sur la structuration biologique des êtres.

Darwin concevait, au contraire, l'évolution des espèces comme la conséquence d'un processus naturel de sélection qui ne laisse survivre que les individus les mieux adaptés. En d'autres termes, les individus ne s'adaptent pas biologiquement à leur environnement ; s'ils survivent, c'est qu'ils sont, par le hasard des combinaisons génétiques, mieux adaptés que les autres. Par exemple, dans cette théorie, les girafes n'ont pas vu subitement leur cou grandir, mais le hasard a fait que certaines avaient le cou plus long que d'autres. Celles-là avaient plus de facilités pour se nourrir et donc se reproduire. Les gènes des individus les plus adaptés se sont répandus, tandis que les autres se sont raréfiés.

Ainsi, si l'on revient à nos extraterrestres, la représentation d'êtres supérieurs dépourvus de poils paraît trahir l'imaginaire lamarckien de ceux qui les ont conçus. Disons-le tout net, ce serait un miracle remarquable si tous ces frères de l'espace avaient évolué de la même façon vers la calvitie. Bien entendu, les coïncidences extraordinaires surviennent parfois. Mais dans ce cas précis, il serait plus sage, et en tout cas plus parcimonieux intellectuellement, de prendre au sérieux l'idée que ces descriptions sont de simples inventions humaines qui trahiraient la mauvaise conception que nous avons habituellement de la théorie de l'évolution. ■

Gérald BRONNER est professeur de sociologie à l'Université Paris-Diderot.

ENCEINTE ACOUSTIQUE: Ondes de pression émises par un haut-parleur. Ce modèle couple l'électromagnétisme dans la bobine, la mécanique des structures dans la membrane ainsi que l'acoustique à l'intérieur et autour de l'enceinte.



TESTEZ ET OPTIMISEZ VOS DESIGNS AVEC **COMSOL MULTIPHYSICS®**

Nos outils de simulation multiphysique intègrent tous les effets physiques du monde réel. De ce fait, ils reproduisent avec précision le comportement de vos designs. Pour en savoir plus sur COMSOL Multiphysics, rendez-vous sur www.comsol.fr

Product Suite

COMSOL Multiphysics

ELECTRICAL

AC/DC Module
RF Module
Wave Optics Module
MEMS Module
Plasma Module
Semiconductor Module

MECHANICAL

Heat Transfer Module
Structural Mechanics Module
Nonlinear Structural Materials Module
Geomechanics Module
Fatigue Module
Multibody Dynamics Module
Acoustics Module

FLUID

CFD Module
Mixer Module
Microfluidics Module
Subsurface Flow Module
Pipe Flow Module
Molecular Flow Module

CHEMICAL

Chemical Reaction Engineering Module
Batteries & Fuel Cells Module
Electrodeposition Module
Corrosion Module
Electrochemistry Module

MULTIPURPOSE

Optimization Module
Material Library
Particle Tracing Module

INTERFACING

LiveLink™ for MATLAB®
LiveLink™ for Excel®
CAD Import Module
ECAD Import Module
LiveLink™ for SolidWorks®
LiveLink™ for Inventor®
LiveLink™ for AutoCAD®
LiveLink™ for Creo™ Parametric
LiveLink™ for Pro/ENGINEER®
LiveLink™ for Solid Edge®
File Import for CATIA® V5