



LA CHRONIQUE DE
GILLES DOWEK

« IT FROM BIT », LA MATIÈRE REPENSÉE

Selon certaines idées au confluent de l'informatique
et de la physique, l'information immatérielle donnerait
naissance à la matière.



À partir
d'information
pure, il est
possible de
définir une notion
qui correspond
à la matière
qui nous est
familière.

Depuis des siècles, l'humanité s'est interrogée sur ce qui, de la matière et de l'esprit, est premier. Une nouvelle question, sans doute assez différente, apparaît aujourd'hui: qu'est-ce qui est premier, la matière ou l'information?

L'idée la plus couramment admise est que la matière est première et que l'information est une configuration de la matière. Ainsi, nous pouvons mémoriser de l'information sur une page blanche en la constellant de petites taches d'encre, pour former des lettres par exemple. Dans ce cas, l'information a un support matériel, l'encre.

Mais ce lien entre matière et information peut être pensé autrement. Que signifie qu'un objet matériel, par exemple une goutte d'eau, est, à un certain moment, à un certain endroit? Dans la vision classique, cette goutte d'eau, qui existe indépendamment de l'espace, en occupe une portion. Une autre idée est que cette portion de l'espace a une propriété particulière, que nous pourrions nommer l'«humidité». La matière ne nous apparaît

plus comme un objet indépendant de l'espace, qui vient le remplir, mais comme une modification locale des propriétés de cet espace, et serait alors une information pure. Ce raisonnement a mené le physicien John Wheeler à proposer, en 1989, l'idée que l'information soit première et que la matière et les lois de la physique émergent dans un monde d'information, ce qu'il a résumé avec l'expression *it from bit*.

La matière et les lois de la physique émergeraient dans un monde d'information

Mais comment, dans cette approche, la matière émerge-t-elle de l'information? L'exemple des automates cellulaires, définis dans les années 1940 par Stanislaw Ulam et John von Neumann, laisse entrevoir un début de réponse.

Un automate cellulaire est une grille de cellules, contenant chacune une quantité finie d'information, qui évolue au cours du temps, l'information contenue dans une cellule à un moment donné dépendant de l'information contenue, au moment précédent, dans les cellules voisines.

Par exemple, dans le «jeu de la vie», un automate cellulaire imaginé par John Conway, les cellules sont des carrés organisés en damier. Chaque cellule contient un bit d'information: elle est ou bien «habitée» ou bien «inhabitée» et son évolution est déterminée par l'état de ses huit cellules voisines. Une cellule inhabitée dont exactement trois cellules voisines étaient habitées, au moment précédent, devient habitée; et une cellule habitée, dont deux ou trois cellules voisines étaient habitées au moment précédent, le reste, sinon elle devient inhabitée.

Dans un tel automate cellulaire, le nombre de cellules habitées peut varier au cours du temps: l'information, contrairement à la matière, peut être recopiée à l'infini. Mais dans certains automates, le nombre de cellules habitées peut être constant. Si nous prenons, par exemple, une règle selon laquelle une cellule est habitée si la cellule située à sa gauche l'était au moment précédent et si, à un moment donné, la troisième cellule de la rangée est habitée et les autres non, alors, au moment suivant, la troisième sera inhabitée et la quatrième habitée, puis la cinquième, etc.

Dans un tel cas, il est tentant de dire que la troisième cellule est non seulement habitée, mais qu'elle est habitée par quelque «chose» et que cette chose s'est déplacée vers la droite. Cette loi de conservation fait donc émerger une chose qui se conserve et se déplace et que nous nommons peut-être «matière».

Ce glissement de la notion d'information a conduit à de nombreuses idées novatrices dans différentes disciplines. Ce qui montre, une fois de plus, combien les sciences s'inspirent les unes des autres et avancent de concert. ■

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

Géographes, biologistes, généticiens étudient ces migrations qui refaçonnent les cartes du vivant.

5 février

Femmes et hommes en mouvement

avec Camille Schmoll, géographe, chercheuse à l'université de Paris-Diderot.

12 février

Dans le sillage des baleines

avec Olivier Adam, bio acousticien, professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie, chercheur de l'université Paris Sud-Orsay.

19 février

Les forêts aussi migrent

avec Antoine Kremer, généticien, directeur de recherches à l'unité mixte de recherches Biogeco à l'INRA.

AVEC LE SOUTIEN DE

POUR LA
SCIENCE

cité

sciences
et industrie

humains, baleines, forêts, tracent la route

cycle de conférences accès gratuit

les mardis
— 19h

©Agel Co-S Rankin Fotostock

explique-moi le microbiote

projection-débat accès gratuit

jeudi 21 février
— 19h

cité

sciences
et industrie

©Cetlymagas

Explique-moi le microbiote

Le microbiote rassemble les milliards de bactéries qui nous peuplent. Un film révèle ce monde plein de promesses, qui fait de chacun de nous un être unique !

Projection du documentaire
suivi d'un débat avec :

Joël Doré, INRA ; Anne-Christine Joly, hôpital Saint-Antoine ; Philippe Langella, INRA ; Harry Sokol, hôpital Saint-Antoine.

Modération : Anne Buisson, association François-Aupetit (afa-Crohn-RCH).

AVEC LE SOUTIEN DE

POUR LA
SCIENCE



LA CHRONIQUE DE
VIRGINIE TOURNAY

LE JOUR SANS FIN DES OGM

Dans le contexte agricole, les organismes génétiquement modifiés font l'objet d'une suspicion *a priori*. Dès lors, établir la non-toxicité d'un OGM devient impossible.



Voyager dans le temps est un thème de fiction populaire. Nous avons tous en mémoire le film *Un jour sans fin*, où le personnage joué par Bill Murray, coincé dans une boucle temporelle, est contraint à revivre sans cesse la même journée. Or l'histoire sociale des organismes génétiquement modifiés (OGM) nous projette dans une version éprouvante d'un tel jour sans fin. À chaque coup d'éclat médiatique, la suspicion du public à l'égard des OGM se renouvelle, voire se renforce.

Même si les enjeux socioéconomiques font des OGM une question politique, la défiance à leur égard reste alimentée par un sensationnalisme médiatico-scientifique. «Oui, les OGM sont des poisons!», titrait la une du *Nouvel Observateur* en septembre 2012, au moment de la publication des expériences de Gilles-Éric Séralini, de l'université de Caen, sur la toxicité chez les rats d'un maïs OGM résistant au glyphosate.

Cette affaire constitue un excellent modèle sociologique pour saisir les

ressorts de la confiance. Le public se souvient des photographies de rats envahis de tumeurs géantes et des gros titres des journaux à ce sujet. Mais il ne se souvient guère des travaux des agences de régulation qui ont, peu de temps après, invalidé l'étude de Gilles-Éric Séralini en raison de sérieux biais méthodologiques. Ni, probablement, que plusieurs études fiables et récentes (la dernière étant parue le 10 décembre 2018

**Confiance sociale
et preuve scientifique
n'évoluent pas
conjointement**

dans *Toxicological Sciences*, doi:10.1093/toxsci/kfy298) ont confirmé l'absence d'effets de ce maïs sur la santé.

La défiance est toujours là, ce qui illustre que confiance sociale et preuve scientifique n'évoluent pas conjointement. Le faible intérêt pour les nouvelles

«tranquillisantes» et les trains qui arrivent à l'heure ne suffit pas à expliquer l'irréductibilité de cette défiance. Pour en comprendre les mécanismes, il faut remonter à la découverte des ciseaux moléculaires de l'ADN que sont les enzymes de restriction, cheville ouvrière du génie génétique. Les produits résultant d'une découpe de l'ADN ont alors été qualifiés de génétiquement modifiés. Le ver de la défiance se situe dans le fruit de ce baptême terminologique.

En effet, dans les années 1970, la génétique moléculaire décrivait la séquence d'ADN comme le composant élémentaire et suffisant des organismes vivants. Or malgré le fait que les recherches ultérieures ont montré que l'ADN est loin de déterminer à lui seul le vivant, les représentations populaires du génie génétique et son encadrement réglementaire sont restés arrimés à ce paradigme simplificateur.

Les outils du génie génétique sont porteurs d'espoir quand ils fournissent des thérapies géniques ou des médicaments, mais l'ordre du vivant apparaît bouleversé dans l'imaginaire collectif lorsqu'ils concernent les cultures agricoles. Ces productions d'OGM sont suspectées *a priori*, avant qu'une évaluation scientifique fondée sur des indices biologiques probants établisse une éventuelle toxicité ou un impact environnemental.

Or cette suspicion *a priori* est redoutable, car elle touche une limite épistémologique dans l'établissement de la preuve. Étant donné cet *a priori*, prouver qu'une substance n'est pas toxique exigerait une régression à l'infini: il faudrait envisager chaque situation où la substance serait potentiellement toxique sur une durée indéterminée, ce qui est bien sûr impossible. Les OGM sont ainsi condamnés à rejouer ce jour sans fin où une preuve de non-toxicité p_n dépend d'une non-toxicité p_{n+1} – sauf à sortir de cette économie de la preuve et à soumettre les OGM à une évaluation au cas par cas, sur la base d'indices probants. Autrement dit, les OGM doivent être culturellement modifiés. ■

VIRGINIE TOURNAY, biologiste de formation, est politologue et directrice de recherche du CNRS au Cevipof, à Sciences Po, à Paris.