

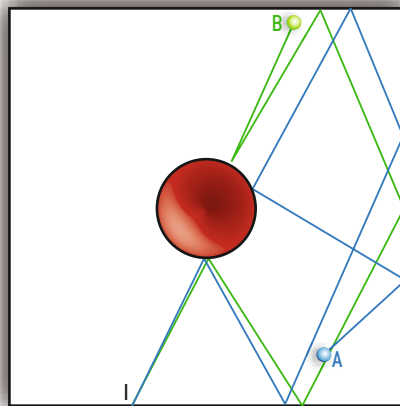
une toute petite différence entre deux états initiaux s'amplifie de façon exponentielle avec le temps (voir la figure 3).

Ce constat, annoncé par le Français Henri Poincaré dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, a été popularisé par le fameux « effet papillon » d'Edward Lorenz. En 1963, ce météorologiste américain a montré, sur un système de trois équations différentielles non linéaires simples, que deux états initialement aussi proches que l'on veut (la différence étant indiscernable au degré de précision adopté), peuvent évoluer de telle façon que, au bout d'un certain temps, ils n'aient plus rien en commun. Conséquence : il est impossible de faire des prévisions au-delà d'un certain horizon temporel, malgré le fait que les lois régissant l'évolution du système soient déterministes. On parle dans ce cas de chaos déterministe, le système donnant l'impression d'évoluer de façon aléatoire, en dépit du fait qu'il soit déterministe. Ce chaos traduit notamment notre incapacité à spécifier un état initial de façon infiniment précise.

## Un horizon de prévision pour les systèmes chaotiques

L'horizon temporel des prévisions dépend du système chaotique considéré. Il est possible de décrire jusqu'à quelques secondes le mouvement d'une boussole placée dans deux champs magnétiques, l'un fixe et l'autre tournant. La détermination des trajectoires des planètes du Système solaire s'étend sur plusieurs centaines de millions d'années. Mais au-delà de ces horizons, la plus infime variation initiale peut conduire à des états très différents.

Cette sensibilité aux conditions initiales, à laquelle sont sujets la plupart des systèmes dynamiques, impose une limite de principe sur nos capacités prédictives. En améliorant la précision sur les conditions initiales, il est possible de repousser cet horizon, mais sans pouvoir le faire disparaître. Pour de tels systèmes, on renonce à décrire en détail leur dynamique. On s'intéresse plutôt aux propriétés asymptotiques du système, c'est-à-dire à son évolution qualitative à long terme, et aux caractéristiques communes qu'il partage avec d'autres systèmes de même type. On parle dans ce cas de propriétés générales et l'on doit se contenter de décrire



**3. LE BILLARD DIT DE SINAÏ** fournit un exemple simple de chaos déterministe. Au centre d'un billard carré est placé un obstacle circulaire sur lequel rebondissent les boules de billard A et B. Celles-ci partent du même point initial I dans des directions quasi identiques. Au bout d'un certain temps, les deux trajectoires sont très différentes. Il est possible en théorie de prévoir la position des boules à tout instant, mais, en pratique, la grande sensibilité aux conditions initiales l'interdit. L'inévitable incertitude sur la condition initiale s'amplifie très vite avec le temps et brouille la connaissance qu'on peut avoir de la trajectoire.

ce qui se passe en moyenne sur un grand nombre de ces systèmes. Les prévisions deviennent alors probabilistes.

La physique quantique, elle, fait apparaître un type d'indéterminisme plus radical, où les probabilités proviennent de l'essence même des phénomènes et non plus de notre ignorance ou de notre incapacité à spécifier suffisamment un état. Par exemple, même lorsque l'état d'un électron est connu aussi parfaitement qu'il est théoriquement possible de le connaître, il est impossible de prévoir le résultat de la mesure de certaines de ses propriétés autrement que de façon probabiliste. La position, l'impulsion ou le spin de cet électron pourront prendre différentes valeurs qui ne se détermineront qu'avec la mesure, et cela de façon intrinsèquement probabiliste. Il s'agit encore une fois d'une limite prédictive, car il est impossible de prévoir à coup sûr le résultat de ce type de mesure.

Mais la physique quantique est encore plus radicale dans sa remise en cause de nos conceptions intuitives habituelles consistant à penser qu'il existe une réalité indépendante de tout observateur et ressemblant à ce que nous en percevons. L'impossibilité d'exprimer la théorie quantique sous une forme objective forte (c'est-à-dire ne faisant mention à aucune mesure ni à aucun observateur) est un argument important contre cette position. La mécanique quantique ne décrit pas la réalité en soi, mais seulement la réalité empirique des phénomènes. La plupart des tentatives visant à décrire une éventuelle réalité telle qu'elle est, grâce à des formalismes alternatifs, ont échoué. On est ainsi contraint de se contenter d'une description de l'apparence de la réalité à travers les phénomènes empiriques et de renoncer à décrire la réalité en soi. Dans cette limite ontologique, seule la réalité empirique phénoménale est accessible.

Toutes les limites évoquées ici résultent de démonstrations provenant de la science elle-même. Leur découverte est un phénomène fascinant, car elle s'est faite simultanément avec une progression inédite des connaissances apportées par la science. En nous permettant de connaître de mieux en mieux les territoires qu'elle explore, la science a fait apparaître de vastes contrées inaccessibles dont nous ne soupçonnions pas l'existence. Cette découverte, souvent ignorée, est sans doute l'une des plus remarquables de la science contemporaine sur le plan épistémologique. ■



# SOUTENEZ

## LA FONDATION POUR LA RECHERCHE MÉDICALE ET BÉNÉFICIEZ D'AVANTAGES FISCAUX

Organisme indépendant, la Fondation pour la Recherche Médicale agit grâce à la générosité de plus de 400 000 donateurs.

Il existe plusieurs possibilités de soutenir la Fondation : **en faisant un don, une donation, une donation temporaire d'usufruit, une succession, en souscrivant une assurance-vie en faveur de la Fondation... Vous bénéficierez ainsi d'avantages fiscaux\*.**

Depuis 65 ans, la Fondation pour la Recherche Médicale lutte contre toutes les pathologies, sans distinction.

**En choisissant d'être à ses côtés vous agissez pour votre santé et celle de vos proches et vous jouez un rôle essentiel dans le maintien, en France, d'une recherche de très haut niveau.**

\*Pour les personnes assujetties à l'impôt de solidarité sur la fortune (ISF), réduction d'impôt de 75% du don dans la limite de 50 000 euros (loi Tépa). Hors ISF, la réduction d'impôt est de 66% du montant du don dans la limite de 20% du revenu imposable. Si les dons dépassent cette limite, l'excédent est reportable sur les 5 années suivantes.



**Depuis sa création par le Pr Jean Bernard en 1947, la Fondation soutient la recherche médicale dans tous les domaines :** cancers, maladies neurologiques, maladies infectieuses, maladies cardiovasculaires, maladies des os, maladies du système immunitaire, maladies du sang...

Son Conseil scientifique composé de 32 chercheurs de haut niveau, représentant toutes les disciplines médicales et scientifiques, sélectionne les projets qui seront soutenus.

**Chaque année, la Fondation finance, en moyenne, plus de 750 recherches.**

La Fondation s'engage à rendre compte de ses activités, met à disposition son rapport d'activité sur son site, envoie ses comptes à l'ensemble de ses donateurs. Ses comptes sont certifiés par un commissaire aux comptes indépendant.



**La Fondation pour la Recherche Médicale est agréée par le Comité de la Charte du don en confiance et reconnue d'utilité publique.**

**Pour plus  
d'informations**

▶ Stéphanie Clément-Grandcourt  
Responsable philanthropie  
01 44 39 75 96 • stephanie.clement-grandcourt@frm.org

▶ Céline Ponchel-Pouvreau  
Responsable libéralités et succession  
01 44 39 75 67 • Celine.ponchel@frm.org

**FONDATION POUR LA RECHERCHE MÉDICALE, 54 RUE DE VARENNE 75007 PARIS - [www.frm.org](http://www.frm.org)**

Coupon à retourner à **Fondation pour la Recherche Médicale**

- ☐ Je fais un don de.....
- ☐ Je souhaite recevoir, sous pli confidentiel, la brochure philanthropie
- ☐ Je souhaite recevoir, sous pli confidentiel, la brochure sur les legs, donations et assurances-vie

Ces demandes ne m'engagent en aucune façon.

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse : ..... Code postal : .....

Ville : ..... Téléphone : .....

Conformément à la loi du 6/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition aux informations vous concernant, en vous adressant à la Fondation. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Si vous ne le souhaitez pas, vous pouvez cocher la case ci-jointe. ☐

**L'avènement d'Internet et de ses « réseaux sociaux » transforme les relations sociales. Et la surabondance d'informations véhiculées suscite chez les individus des réactions cognitives diverses.**

**Nicolas Auray**



# L'homme en réseau

**E**n octobre 2012, Melissa Chow, ancienne étudiante du MIT devenue créatrice de vêtements, a conçu un gilet qui se gonfle dès que son propriétaire reçoit un « J'aime » sur son compte Facebook (voir la figure 2).

En mai 2010, la première place du palmarès de la musique de variétés japonaise était occupée par Miku Hatsune, une star entièrement virtuelle. Cette jeune créature de manga aux longs cheveux bleus se produisait en concerts sous forme d'images de synthèse, et sa voix, fondée sur celle de la chanteuse réelle Saki Fujita, chantait ce qu'un logiciel créait, à partir des accords de mélodie et des indications de syllabes à jouer sur chaque note. La raison du succès de Miku Hatsune (« son du futur » en japonais) ? La société qui l'a développée en 2007 avait autorisé les fans à composer des paroles et musiques et des mouvements de chorégraphie grâce à des logiciels libres d'édition et d'animation. Les clips ont été diffusés sur les sites de partage de vidéos. Certains de ces derniers ont acquis une

grande popularité, ce qui a fait du cyborg Miku Hatsune une cyberdiva.

Comme l'illustrent les deux exemples décrits, le couplage entre le réseau Internet et les objets numériques personnels (micro-ordinateurs, mais aussi téléphones portables, navigateurs GPS, tablettes, etc.) est en train de bouleverser notre rapport au temps et à l'espace, en contractant ces derniers. Parmi les approches anthropologiques qui abordent ces transformations, oscillent des thèses extrêmes.

## Internet rend-il malin ou bête ?

D'un côté, par exemple, le philosophe Michel Serres pointe que cette nouvelle réticularité numérique rend les humains plus puissants et plus malins. Par le téléphone cellulaire, les « digital natives » (ou natifs numériques, c'est-à-dire ceux qui baignent depuis leur naissance dans un monde équipé et connecté) ont mis le monde au bout de leur pouce : ils accèdent à n'importe quelle personne ;

### L'ESSENTIEL

- Les nouvelles technologies de la communication modifient la structure et la nature des liens sociaux, ainsi que notre rapport à l'information et au savoir.
- D'un monde juxtaposant des collectivités unies chacune par des liens forts, on passe à un individualisme en réseau, structuré par des liens faibles.
- Face à la surabondance d'informations et de sollicitations, différentes réactions et régimes d'attention sont possibles.