

VRAI OU FAUX

Bronze-t-on derrière une vitre ?

Oui. Une vitre bloque les rayonnements ultraviolets les plus énergétiques, mais en laisse passer d'autres, qui brunissent aussi la peau – et peuvent se révéler nocifs.

Évelyne Sage

Les surfaces vitrées tendent à se multiplier, tant dans les bâtiments que dans les véhicules. On croit souvent que les vitres bloquent les rayonnements ultraviolets (UV) et empêchent ainsi de bronzer ceux qui se trouvent derrière. Qu'en est-il ? Faut-il craindre de s'exposer au soleil derrière une vitre ?

Les rayonnements ultraviolets qui atteignent la surface de la Terre se répartissent en 95 pour cent d'UV-A, les moins énergétiques, dont les longueurs d'onde vont de 320 à 400 nanomètres, et cinq pour cent d'UV-B, de longueurs d'onde comprises entre 290 et 320 nanomètres. Or les deux types d'UV font brunir la peau, mais selon des mécanismes différents.

Les UV-B, les plus énergétiques, déclenchent la synthèse de mélanine, un pigment brun. De fait, ils activent un facteur de transcription (une protéine régulant l'expression des gènes) dans les kératinocytes (des cellules de l'épiderme) ; cela entraîne la synthèse d'une hormone nommée alpha-MSH et d'un peptide opioïde procurant une sensation de bien-être. Les molécules d'alpha-MSH sont libérées dans le milieu extracellulaire et se fixent sur des récepteurs membranaires des mélanocytes, les cellules productrices de mélanine. Il s'ensuit une cascade d'événements qui conduisent à la synthèse de mélanine. Ce pigment est emballé dans des granules, les mélanosomes, qui sont libérés puis absorbés par les kératinocytes. Ils viennent se placer au-dessus des noyaux cellulaires (où se

trouve l'essentiel de l'ADN), qu'ils protègent d'une exposition ultérieure aux ultraviolets. Les individus roux ne synthétisent pas de mélanine, de sorte qu'ils brûlent sans bronzer quand ils s'exposent au soleil.

Les UV-A donnent aussi à la peau une pigmentation brun foncé persistante, et ce plus vite que les UV-B, mais cette pigmentation résulte de l'oxydation de la mélanine préexistante et de ses précurseurs, et non d'une nouvelle synthèse de mélanine. Le bronzage dû aux UV-A n'est donc pas photoprotecteur – au contraire, il détruit et disperse les pigments protecteurs. En conséquence, une peau bronzée par ces rayonnements sera aussi vulnérable qu'une peau blanche lors d'une exposition ultérieure au soleil.

Visage pâle, bras bronzé

Comment une vitre classique filtre-t-elle ces différents rayonnements ? Elle bloque la plupart des UV-B (seuls les 15 pour cent les moins énergétiques la traversent), mais elle laisse passer presque tous les UV-A. Un double-vitrage est plus protecteur, puisqu'il ne transmet que 57 pour cent des ultraviolets, et 33 pour cent s'il est teinté.

En outre, grâce aux innovations de l'industrie du verre, des filtres efficaces sont incorporés dans les vitres modernes. Dans certains bâtiments commerciaux ou résidentiels récents, les vitres bloquent ainsi jusqu'à 99 pour cent des ultraviolets. Dans les automobiles, pour des raisons de sécurité, tous les pare-brise sont en verre laminé

(deux couches de verre sont collées sur une couche intermédiaire en plastique, afin que le verre ne tombe pas sur le conducteur s'il se casse), et ce type de verre arrête plus de 99 pour cent des ultraviolets.

En revanche, les vitres des fenêtres arrière et latérales sont en verre non laminé, moins photoprotecteur. Ainsi, le conducteur et les passagers peuvent recevoir une quantité considérable d'UV-A à travers ces fenêtres, même quand elles sont fermées : les parties de leur corps exposées à cette lumière latérale ou arrière (la main, le bras, l'épaule...) bronzent alors, tandis que celles qui ne reçoivent le soleil que par le pare-brise restent blanches.

Une telle exposition est-elle nocive ? Tous les types d'ultraviolets endommagent l'ADN et les cellules, d'où un risque de cancer de la peau. Les photons UV-B sont plus énergétiques, mais les photons UV-A nous atteignent en plus grand nombre : ils prédominent, aussi bien dans la lumière naturelle que dans celle des appareils de bronzage, et ils traversent mieux les vitres et l'épiderme. Dès lors, bien que les UV-B soient responsables de la plupart des cancers cutanés, les UV-A peuvent aussi accroître le risque de cancer, en particulier de mélanome. En outre, ils contribuent notablement au vieillissement de la peau. Mieux vaut donc éviter une exposition excessive et se protéger par de la crème solaire... même en voiture ! ■



© Dudarev Mikhail/shutterstock.com

Évelyne SAGE est directrice de recherche dans l'Unité Stress génotoxiques et cancer (CNRS UMR 3348), à l'Institut Curie, à Orsay.

La théorie de L'INFORMATION existe-t-elle ?



On répète à l'envi que nous vivons dans une société de l'information, que les ordinateurs traitent l'information, que nous sommes submergés par l'information, etc. Mais le terme « information » qui revient si souvent a-t-il une signification précise ? Représente-t-il un concept scientifique universel qui témoigne d'un savoir unifié ? Son emploi dans toutes sortes de domaines, de la physique à l'économie en passant par la biologie et la robotique, est-il pertinent ?

On serait tenté de penser que l'information est une notion fourre-tout, mais elle est plus que cela. On sait la quantifier, du moins dans certains contextes. Plusieurs scientifiques la considèrent même comme une grandeur physique fondamentale, au même titre que l'énergie ou le temps. De fait, l'information est un concept protéiforme qui ne se laisse pas facilement appréhender. L'apparition d'une théorie scientifique de l'information ne date que de quelques décennies, et le concept suscite encore de nombreuses réflexions chez les scientifiques et les philosophes. La théorie de l'information reste, à l'heure actuelle, un édifice inachevé et hétéroclite.

Pour mieux comprendre la place de la notion scientifique d'information aujourd'hui, il est utile d'en esquisser la genèse, qui remonte aux années 1920, et le développement. Nous verrons que la théorie de l'information, pour autant que l'on puisse utiliser le singulier, a plusieurs origines et que, en dépit de son caractère inachevé, elle a pénétré de nombreux champs de la pensée et de l'activité humaine.

La théorie de l'information a ainsi orienté l'évolution de certaines disciplines scientifiques. C'est le cas de la biologie moléculaire qui a été dominée dans la seconde moitié du XX^e siècle par des approches centrées sur l'information génétique, selon lesquelles les gènes contiennent

toute l'information qui caractérise un organisme vivant. Dans le domaine des sciences humaines et sociales, des théories comme le structuralisme ou certaines conceptions néolibérales de l'économie s'appuient elles aussi sur une conception essentialiste de l'information.

Par ailleurs, les progrès scientifiques et techniques liés au codage et aux lignes de communication constituent des applications directes de la théorie de l'information et sont au cœur de développements qui ont bouleversé nos vies. Ce sont ces innovations de « l'ère numérique » (ordinateurs, traitement et transmission de textes, d'images ou de sons numérisés, réseau Internet, etc.) qui nous ont rendu familière la représentation de l'information sous la forme d'une suite de 0 et de 1, c'est-à-dire une

Jérôme Segal

Quantifier l'information et en faire un concept scientifique précis : tel est l'objet de la théorie de l'information, née il y a 65 ans. Une entreprise toujours actuelle, à laquelle les développements de la biologie posent de nouveaux défis.

suite de bits. Une telle suite de bits peut ensuite revêtir diverses formes graphiques, selon le codage choisi : par exemple une succession de traits verticaux parallèles pour le code-barres, ou un motif carré de pixels noirs ou blancs pour les codes QR de plus en plus fréquents (voir la figure 1).

Tous ces développements, dont nous n'avons pas fini d'observer les conséquences, ont pour origine les travaux de scientifiques de diverses disciplines qui ont placé deux textes au centre de leurs réflexions : *Une théorie mathématique de la communication*, article publié en 1948 dans une revue technique par Claude Shannon, un ingénieur américain, et *Cybernétique* -

1. LES CODES QR (QR pour *Quick Response*), inventés en 1994 par l'entreprise japonaise *Denso-Wave*, sont des sortes de codes-barres bidimensionnels de plus en plus répandus. Une telle image, facilement captée et décodée par un téléphone portable muni de l'application adéquate, véhicule le plus souvent l'adresse d'une page Internet, à laquelle on peut immédiatement se connecter. Formé de pixels noirs et blancs en général, un code QR peut représenter jusqu'à 4 296 caractères alphanumériques. Les trois coins dotés d'un motif carré définissent l'orientation de l'image à décoder.

Commande et communication dans l'animal et la machine, livre publié la même année par un autre Américain, le mathématicien Norbert Wiener.

L'information, grandeur scientifique

C'est entre 1910 et 1930, dans trois domaines scientifiques bien différents, que l'information a été conceptualisée comme grandeur scientifique. En physique, ce développement a eu lieu en relation avec l'expérience de pensée du « démon de Maxwell ». Ce démon est un petit être imaginaire censé pouvoir connaître les vitesses et positions de chacune des molécules dans un gaz et qui utilise cette connaissance afin de séparer spatialement les molécules rapides de celles qui sont lentes ; il crée ainsi, à partir d'un gaz de température uniforme, deux régions de températures distinctes, simplement en ouvrant une petite trappe aux moments opportuns (*voir l'encadré page ci-contre*).

Toutefois, cette transformation étant obtenue moyennant un travail négligeable, elle contredirait le deuxième principe de la thermodynamique, selon lequel l'entropie d'un système isolé ne peut pas décroître. Rappelons que l'entropie est une grandeur fondamentale de la thermodynamique, science élaborée au XIX^e siècle – le siècle de la Révolution industrielle –, qui permet de quantifier la part de l'énergie d'un système transformable en énergie mécanique. Avec les travaux du physicien autrichien Ludwig Boltzmann, à la fin du XIX^e siècle, l'entropie a pu être interprétée dans le cadre de la physique statistique comme une mesure du « désordre » d'un système.

Plus précisément, l'entropie (statistique) mesure le nombre d'états microscopiques auxquels peut avoir accès le système considéré, compte tenu des contraintes macroscopiques telles que l'énergie totale et le volume (un état microscopique est par exemple caractérisé par les vitesses et positions à un instant donné de chacun des atomes dont est constitué le système).

Ainsi, dans le cas d'un gaz de température initiale uniforme et qui se voit séparé en deux régions de températures distinctes, l'entropie diminue (l'« ordre » augmente) et donc le démon de Maxwell semble violer le deuxième principe de la thermodynamique. C'est en réfléchissant à cette expérience de pensée que le physi-



2. QUATRE DES PRÉCURSEURS ou protagonistes de la théorie de l'information. De haut en bas, les portraits de : Marjan von Smoluchowski (1872-1917), Ronald Fisher (1890-1962), Claude Shannon (1916-2001) et Norbert Wiener (1894-1964).

cien polonais Marjan von Smoluchowski (1872-1917) a, le premier, souligné le rôle essentiel joué par la connaissance dont jouit le démon. Autrement dit, dès 1912, Smoluchowski a eu l'idée que l'acquisition d'information doit être mise en relation avec la diminution de l'entropie.

Ce lien entre information et entropie a été commenté en 1929 par le physicien hongrois Leo Szilárd, et ce dernier a tenté de calculer de combien l'entropie du démon de Maxwell doit augmenter, lorsqu'il acquiert sa connaissance sur une molécule, afin que le deuxième principe de la thermodynamique soit préservé (il a obtenu que l'entropie doit augmenter d'au moins $k_B \ln 2$, où k_B est la constante de Boltzmann, qui relie température et énergie ou entropie et qui est égale à $1,380... \times 10^{-23}$ joule/kelvin, et où $\ln$ désigne le logarithme népérien, mais ce résultat s'est révélé faux).

Dans les années 1950, le physicien français Léon Brillouin poursuivit ces réflexions. S'appuyant sur l'expression mathématique de l'information définie par Claude Shannon en 1948, expression identique dans sa forme (au facteur k_B près) à celle de l'entropie de la physique statistique (*voir l'encadré page 22*), Brillouin alla jusqu'à identifier l'information à l'opposé de l'entropie, la « néguentropie ». Mais cette identification fondamentale entropie-information a divisé la communauté scientifique, et reste à ce jour controversée.

De la statistique des épis de blé à l'information

Un autre domaine où est apparue une définition scientifique de l'information est celui des statistiques. À partir de 1922, le statisticien britannique Ronald Fisher, qui travaillait à la station agronomique de Rothamsted, a cherché à définir la quantité d'information en rapport avec ce qu'apporte un échantillon de données dans la connaissance des paramètres (par exemple la valeur moyenne) caractérisant la loi de distribution statistique des données. Il écrivit ainsi : « L'objet de la méthode statistique est la réduction des données. Il faut remplacer une masse de données, si importante qu'elle en est inintelligible, par un nombre relativement petit de quantités qui doivent représenter correctement cette masse, ou, en d'autres mots, doivent contenir la plus grande part possible si ce n'est