

*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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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 Szilard, 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 poursuit 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