

le risque zéro, la protection totale n'est jamais atteinte. La conduite à tenir n'est pas la même en situation normale et en situation à haut risque infectieux, par exemple lors d'une épidémie de dengue ou en zone impaludée. Une approche bénéfice-risque est ainsi nécessaire pour définir la meilleure stratégie préventive. L'existence ou non d'un traitement des maladies mises en jeu est également à considérer. Par exemple, un recours thérapeutique est presque toujours possible en cas de maladies bactériennes, alors que ce n'est pas le cas pour les encéphalites ou les fièvres hémorragiques virales. Et des vaccins existent pour certaines maladies (fièvre jaune, encéphalite à tiques).

Face à ce constat, les scientifiques s'efforcent d'améliorer la connaissance des mécanismes d'identification et de reconnaissance de l'hôte par l'arthropode vecteur, pour mieux les contrarier, et imaginent des procédés novateurs pour pallier les limitations actuelles. En l'état actuel des recherches, on espère disposer d'ici quelques années de nouvelles familles de composés

actifs contre les arthropodes, composés notamment issus du fantastique réservoir de molécules que constitue l'ensemble des plantes et des micro-organismes.

■ BIBLIOGRAPHIE

Haut conseil de la santé publique, **Recommandations sanitaires pour les voyageurs 2013** (à l'attention des professionnels de santé), *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*, n° 22-23, 4 juin 2013 (téléchargeable sur <http://www.invs.sante.fr>).

G. Duvallet et L. de Gentile, **Protection personnelle antivectorielle**, IRD Éditions, 2012.

P. Carnevale, V. Robert *et al.*, **Les anophèles – Biologie, transmission du *Plasmodium* et lutte antivectorielle**, IRD Éditions, 2009.

D. Fontenille *et al.*, **La lutte antivectorielle en France – Disease control in France**, IRD Éditions, 2009.

Logiciels d'identification (identiciels) disponibles sur www.mivegec.ird.fr.

Quels sont les effets à long terme ?

Les scientifiques s'intéressent aussi à l'effet à long terme des mesures de protection individuelle sur la santé. La difficulté est d'évaluer l'impact de faibles expositions pendant une longue période. Cette difficulté est accrue lors d'exposition à des cocktails de substances actives, ce qui est le cas en pratique. Les chercheurs étudient aussi l'effet des moyens de protection personnelle sur l'environnement : leur utilisation peut conduire à une accumulation de substances toxiques dans les chaînes alimentaires, à des déséquilibres écologiques, à l'apparition de résistances aux produits insecticides. Autant de questions qui restent à éclaircir et qui rappellent que toute action contre certains organismes vivants peut avoir des effets indésirables sur d'autres. ■

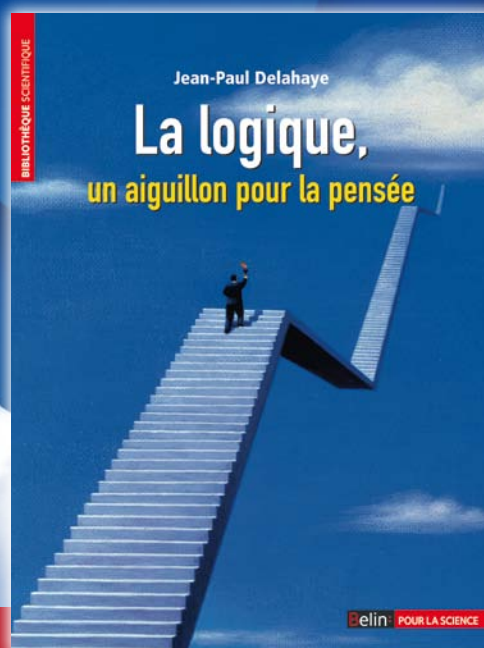
La logique, un aiguillon pour la pensée

Jean-Paul Delahaye

La logique – prise au sens large – a connu d'incroyables progrès depuis deux siècles : l'infinie variété des infinis, les étranges hyperensembles, l'indécidabilité de Turing, les déconcertants paradoxes probabilistes... Cet ouvrage sur la logique moderne des sciences intéressera autant mathématiciens que philosophes et curieux, intrigués par le monde abstrait des raisonnements !

Éditions Belin / Pour la Science 2012
200 pages – 27 euros – ISBN 978-2-8424-5115-8

Disponible en librairie et sur www.pourlascience.fr



HISTOIRE DES SCIENCES

Erreurs fécondes

En 1982, l'Américain Nick Herbert imagine un télégraphe plus rapide que la lumière. Dans les années 1940, l'Allemand Max Delbrück explore la nature des gènes en étudiant des virus. Bien qu'erronées, leurs hypothèses ont entraîné des avancées majeures.

David Kaiser et Angela Creager

Comme la majorité des êtres humains, la plupart des scientifiques font nombre d'erreurs au long de leur parcours. Toutes, cependant, ne revêtent pas la même importance. Parmi les innombrables erreurs insignifiantes, les historiens ont découvert plusieurs exemples d'idées fausses qui se sont révélées fécondes. Ces erreurs, ayant trait à des caractéristiques fondamentales du monde, ont entraîné de nouvelles recherches qui ont débouché sur des percées majeures.

Le modèle atomique conçu par le physicien danois Niels Bohr en 1913, par exemple, s'est révélé faux, mais a ouvert la voie à la mécanique quantique. En 1912, le météorologue allemand Alfred Wegener exposait sa théorie de la dérive des continents, expliquant ces mouvements par des forces centrifuges. Le mécanisme d'action était erroné, mais le phénomène, alors décrié, a été confirmé, et ses travaux ont conduit à la théorie de la tectonique des plaques. Deux autres exemples, l'un en physique dans les années 1970, l'autre en biologie dans les années 1940, illustrent particulièrement bien l'impulsion que certaines erreurs peuvent donner aux sciences.

Les auteurs de ces erreurs – Nick Herbert et Max Delbrück –, tous deux chercheurs, avaient chacun tenté de répondre à des questions profondes et peu traitées. En combinant des idées qui n'avaient alors été examinées que par de rares scientifiques, ils ont réalisé des travaux préparatoires essentiels pour les domaines aujourd'hui prolifiques de l'information quantique et des biotechnologies.

La première erreur a contribué à éclairer un désaccord né aux premiers jours de la mécanique quantique, en 1927, lorsque Einstein et Bohr ont engagé une série de débats sur la nature et les implications de la théorie quantique. Einstein s'était attaqué à plusieurs étrangetés de la théorie. Les équations de la mécanique quantique, par exemple, ne donnaient que des probabilités de présence d'une particule et non des résultats définitifs. Comment pouvaient-elles suffire à décrire le monde ? Dieu ne joue pas aux dés, disait Einstein. La question en était restée là pendant 30 ans. Aucun des deux hommes n'avait pu convaincre son opposant.

Le commutateur supraluminique FLASH

Des décennies plus tard, un jeune physicien d'Irlande du Nord, John Bell, revient sur les échanges entre Einstein et Bohr. Bell revisite une expérience de pensée publiée en 1935 par Einstein et deux collègues, Boris Podolsky et Nathan Rosen. Souhaitant montrer que la mécanique quantique ne décrivait pas toute la réalité physique d'un système, les trois physiciens avaient imaginé une source projetant des paires de particules quantiques couplées – des photons, par exemple – dans des directions opposées. Leur expérience de pensée illustrait une étrange conséquence de la mécanique quantique : lorsque deux particules sont couplées d'une certaine façon (on dit aujourd'hui qu'elles sont « intriquées »), leurs propriétés restent corrélées. Dans l'expé-

rience de pensée, il suffisait ainsi de mesurer une grandeur physique de l'une pour connaître la valeur de la même grandeur pour l'autre. Pour les trois physiciens, cette corrélation était telle qu'elle impliquait l'existence d'une propriété commune aux deux particules, non décrite par la mécanique quantique. Mais Bell conçoit une variante de l'expérience de pensée où la mécanique quantique elle-même contredit cette idée.

En 1964, dans un article bref et élégant, il démontre qu'il existe certaines corrélations partielles qui ne s'expliquent que par la mécanique quantique. Il suffirait de les observer expérimentalement pour mettre en défaut la thèse d'Einstein, Podolsky et Rosen. De plus, conclut Bell, la corrélation entre les deux mesures étant instantanée, toute théorie capable de reproduire les corrélations quantiques à l'aide de « paramètres supplémentaires » impliquerait que le signal responsable de cette corrélation se propage instantanément d'une particule à l'autre.

L'article de Bell reçoit un accueil mitigé. Plusieurs physiciens remarquent que la propagation instantanée de signaux violerait les lois de la relativité restreinte d'Einstein, solidement étayées, qui énoncent qu'aucun signal ne peut se propager plus vite que la lumière. Nick Herbert est de ceux-là. Physicien dans le secteur industriel de la baie de San Francisco, il participe à un groupe de discussion informel, le Groupe de physique fondamentale. Les participants, pour la plupart de jeunes physiciens ayant obtenu leur doctorat dans des universités prestigieuses,