

## Comptes rendus

### Histoire des sciences

*La mécanique à la lumière de son histoire : de la modernité à l'époque contemporaine.* – Paris : Librairie Blanchard, 2016. – x, 211 p. – (Sciences et techniques en perspective, 2<sup>e</sup> série, vol. 18, fasc. 2). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 28,00 €. – isbn 978-2-85367-272-6.

Les articles publiés sont issus de la journée d'étude du 28 novembre 2014, tenue à l'Université de Louvain-la-Neuve et intitulée *La mécanique à la lumière de son histoire : de la modernité à l'époque contemporaine*.

On trouvera, dans ce numéro, diverses informations concernant la biographie de P. Radelet-de Grave, physicienne et historienne de la physique. Les articles de ce volume ne recouvrent pas l'ensemble des domaines auxquels elle a apporté des contributions hautement significatives et ne présentent pas non plus l'ensemble des programmes scientifiques qu'elle a mené à bien ou auxquels elle a activement participé. Aussi ne sera-t-il pas question, ici, de présenter l'œuvre de notre collègue, mais plutôt de présenter les textes que plusieurs de ses amis ont voulu concevoir et rédiger pour lui rendre hommage. C'est au fond, une reconnaissance plus grande encore, puisque c'est en songeant à ses propres travaux que les auteurs ont imaginé ces textes variés et profonds ; elle en est donc comme l'inspiratrice et il ne peut y avoir hommage plus sincère et plus appuyé que de mettre un travail original sous le parrainage d'une amie qui accepte d'y associer son nom et sa réputation.

Pour autant, les sujets abordés ont beaucoup à voir avec les travaux de P. Radelet-de Grave. Il s'agit de la mécanique, de ce qu'elle est comme domaine de la physique et de son histoire. Une première partie, constituée d'un unique article fort bienvenu, dû à Antonio Becchi, traite des rapports entre *mécanique et architecture*, un sujet lié à la culture professionnelle et aussi familiale de l'historienne célèbre.

Pour le reste, une division chronologique attendue divise les théories et activités relevant de la mécanique en deux parties, la première concerne l'âge classique et la seconde va du XIX<sup>e</sup> siècle à la période contemporaine.

Le caractère le plus marquant de cet ouvrage est, à mes yeux, le suivant : le sujet est immense, les acteurs très nombreux, les œuvres presque innombrables, les controverses, les

découvertes, les méthodes formidablement variées. Or, les auteurs ont cherché et trouvé les cœurs de cible, ils ont rendu hommage à P. Radelet-de Grave en réfléchissant avec elle et pour nous, autres lecteurs, aux zones les plus marquantes de l'histoire de la mécanique et de son épistémologie. Ainsi pour la partie « âge classique », avons-nous un premier article d'Eberhard Knobloch dans lequel Kepler est pensé comme le *brother in mind* d'Archimède (p. 21), c'est-à-dire un article qui justifie l'association de la science moderne naissante avec la rationalité grecque, notamment dans sa recherche d'une association des mécaniques et des mathématiques. Il est suivi d'un second, extrêmement original dans son classicisme : Enrico Giusti y exhibe à nouveau les *lois du choc* telles que Descartes les élabore et les expose dans les *Principia*. Il entend y découvrir une cohérence de nature mathématique et il reprend la mise en jeu des deux principes, de conservation de la quantité de mouvement et du changement minimum. Puis, sous la plume d'Antoni Malet, voici une étude newtonienne classique dans sa visée, mais originale et profonde : *Discussions of mathematical foundations, Hobbes to Newton*. L'auteur ne craint pas de voir large, lire Newton via Hobbes et Barrow, et il a raison puisqu'il en a les moyens. Il nous offre de quoi progresser dans la compréhension de cette redoutable question : en quoi et comment cette grande synthèse physique est-elle mathématique ? Cette partie se termine avec le long article de Jean Dhombres qui nous parle de *la boîte à outil graphique du physico-mathématicien*. Quelle synthèse ! Elle va de Mersenne à Fourier ! Elle se déploie à partir de *détails*, d'un *fouillis de choses*. C'est un masque derrière lequel ou grâce auquel, c'est l'ensemble de l'affaire qui est traitée : quelle est donc la nature de ces ou de cette science nouvelle ? Jusqu'où va et ira la puissance extraordinaire de la mécanique moderne et de ses modèles géométriques et analytiques ? Cet article est incontournable.

Nous entrons, p. 131, dans la troisième partie où il est question de la mécanique aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles. C'est P. Radelet-de Grave qui ouvre cette partie par une étude sur  $\sqrt{-1}$  *comme notation de la perpendicularité vers le repère orthonormé*. Nous sommes au centre du développement de la mécanique, puisqu'elle analyse « l'idée de distinguer différents types de grandeurs physiques suivant leur comportement mathématique » (p. 155). L'auteur développe cette analyse, comme toujours, en s'appuyant sur des textes originaux, longuement cités ; c'est, derrière une sorte de modestie, la façon la plus convaincante de montrer la maîtrise historique et conceptuelle dont dispose P. Radelet-de Grave. Au cours des brèves études de Michel Willem sur *la mesure selon Borel et Lebesgue* et de Jean Mawhin sur *La forme nouvelle des équations de la mécanique d'H. Poincaré*, le fil conducteur de tout ce volume se déroule, comme on peut en juger avec la citation d'H. Lebesgue selon qui « Une mesure physique commence physiquement. Elle ne s'achève que métaphysiquement » (p. 159) et aussi avec le destin chaotique des équations d'Euler-Poincaré. Jean Bricmont nous suggère, pour terminer, une radicale inversion de perspective dans la vision que l'on a des *bons* et des *mauvais* protagonistes de la mécanique quantique. Son article *History of quantum Mechanics or a Comedy of Errors* soutient en effet qu'Einstein, Schrödinger, de Broglie n'eurent pas tort dans leur controverse avec Bohr, Heisenberg, Pauli et *al.* C'est bien un chapitre essentiel de l'histoire de la mécanique qui est ici revisité.

C'est donc grâce à P. Radelet-de Grave, grâce aux amitiés et aux débats qu'elle a générés, que nous disposons de cet excellent volume ; nous ne saurions trop l'en remercier.

VINCENT JULLIEN  
Université de Nantes

FLUDD (Robert), *Œuvres complètes*. – Vol. 3 : *Histoire métaphysique, physique et technique des deux cosmos* / traduit du latin par François FABRE. – Paris : S.É.H.A. ; Milan : Archè edizioni, 2017. – 341 p. – (Textes et travaux de Chrysopœia ; 19). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 32,00 €. – isbn 978-88-7252-351-3.

GASSENDI (Pierre), *Examen de la philosophie de Robert Fludd* / texte présenté, traduit et annoté par Sylvie TAUSSIG avec le fac-similé du texte latin. – Paris : S.É.H.A. ; Milan : Archè, 2016. – 358 p. – (Textes et travaux de Chrysopœia ; 18). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 36,00 €. – isbn 978-2-9518278-7-5.

Par ce qui est sans doute une pure coïncidence éditoriale, la traduction française de l'*Utriusque cosmi* (1617) de Robert Fludd a été publiée quasi simultanément avec celle de l'*Epistolica exercitatio* (1631) que Pierre Gassendi rédigea à la demande expresse de Marin Mersenne, lequel était désireux non seulement d'être disculpé des attaques portées contre lui par le théosophe anglais, mais également de voir confirmée sa parfaite orthodoxie. Dans la mesure où le texte de Fludd n'est présenté que par une très courte introduction (5 p.), dépourvue de toutes orientations bibliographiques, et n'est accompagné que par de rares notes portant uniquement sur l'édition et la traduction du texte latin, alors que celui de Gassendi est, au contraire, flanqué d'une introduction substantielle (68 p.) et de notes fouillées (75 p.), il est permis de se demander si cette coïncidence n'est pas finalement heureuse dans la mesure où la seconde traduction mentionnée pourrait aider à la compréhension de la première. Certes, dans l'*Epistolica exercitatio*, Gassendi examine successivement (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> parties) les deux livres publiés en 1629 par Fludd à l'encontre de Mersenne, à savoir le *Sophie cum Moria certamen* et le *Summum Bonum*, et nullement celui qui nous occupe, en l'occurrence l'*Utriusque cosmi*. Néanmoins, étant donné que le savant français s'efforce, avant de livrer son jugement, de synthétiser, en une trentaine de pages et de façon la plus neutre possible, « quels sont les principes de la philosophie de Fludd » (1<sup>re</sup> partie), et ce en se basant notamment sur l'*Utriusque cosmi* (p. 31), la question posée nous paraît légitime. Elle l'est sans doute d'autant plus que si tout historien de la pensée scientifique a déjà rencontré, au moins une fois dans sa carrière, une image de l'*Utriusque cosmi* — elles sont bien reconnaissables et font partie intégrante de la pensée du théosophe anglais —, la lecture de cet écrit n'en est pas moins difficile pour le non spécialiste, tellement la conception du monde véhiculée, qui n'est évidemment plus la nôtre, n'est déjà plus non plus celle de la plupart des savants du XVII<sup>e</sup> siècle. Or, il semble qu'il faille se montrer prudent : la synthèse de Gassendi, nous prévient la traductrice, ne constitue pas une bonne introduction au système fluddien, principalement en ce qu'elle se passe de ses images (pp. 18-19), à tel point qu'il est permis de s'interroger sur l'intelligibilité de sa restitution (pp. 38-39). Dont acte !

Mais au fond, quel intérêt y a-t-il à se confronter à la lecture de ces deux textes si on n'est ni un spécialiste de l'alchimie, de la kabbale, de la magie, de la chiromancie, de la musique ou de la fraternité de la Rose-Croix, ni un historien de la philosophie capable de savourer une grandiose vision du monde ? Si on n'est ni préoccupé par des problématiques théologiques — parce qu'il supprime les causes secondes pour reconnaître partout l'intervention immédiate de Dieu, Fludd est qualifié d'athée par Mersenne et, plus justement, de panthéiste par Gassendi qui lui reproche ainsi d'avoir une conception fondamentalement erronée de la divinité —, ni intéressé par des questions d'exégèse ou d'articulation des discours scientifiques et religieux — Fludd entend fonder son hexaéméron sur la philosophie « mosaïque » alors que Gassendi, dans le sillage de Galilée, rejette tout concordisme de ce type ? Si, enfin, on n'est pas davantage soucieux d'étudier les débats scientifiques — dans cette querelle, l'attitude de Gassendi, favorable à un débat critique, mais courtois et restreint aux milieux scientifiques, diverge, sans pour autant être finalement moins sévère, de celle jusque-là endossée par le Religieux Minime, à savoir celle d'une « police de la pensée » susceptible de faire appel aux autorités politiques —, mais, bel et bien, un historien de la pensée scientifique ?

La réponse n'est pas évidente. Dans l'élaboration de sa cosmogonie et, en particulier, dans sa mise en évidence de l'harmonie cosmique au moyen de son « monocorde mondain », Fludd, contrairement à Kepler, n'a que faire du monde matériel tel qu'il est étudié quantitativement par la science. Par conséquent, il ne paraît pas devoir relever de l'histoire de la pensée scientifique, même s'il saupoudre sa reconstitution intellectuelle de descriptions d'expériences et de relevés d'observations personnelles. Quant à l'*Epistolica exercitatio*, il semble que cet écrit soit, cette fois encore, guère pertinent de ce point de vue dans la mesure où il « porte essentiellement sur des questions théologiques, et non pas sur des dimensions scientifiques ou épistémologiques » (pp. 70-71). Et pourtant, en tant qu'historien de la cosmologie, il y a des choses intéressantes à glaner dans ces deux écrits. Tentons, par quelques exemples, de le prouver tout en suppléant, en cette matière, à la pauvreté ou à l'inexistence des commentaires des traducteurs.

Alors qu'il écrit une septantaine d'années après la publication du *De revolutionibus* de Copernic, Fludd reste non seulement, d'un point de vue astronomique, un géocentriste convaincu, mais également, d'un point de vue symbolique, un adepte particulièrement éloquent et représentatif de la topographie verticale traditionnellement associée à ce géocentrisme astronomique. Examinons séparément ces deux caractéristiques essentielles dès lors qu'elles ne sont pas forcément concomitantes.

D'un point de vue astronomique, Fludd réfute le système de Copernic (liv. V, chap. XV) en produisant des arguments dont certains, non conventionnels, sont dignes d'intérêt : 1°) l'ignominie de la Terre lui interdit, en tant que telle, non pas de se mouvoir, mais bien de se distinguer des autres planètes par un mouvement qui lui serait spécifique ; 2°) l'absence du bruit qui devrait nécessairement résulter d'un mouvement terrestre aussi vélocé ; enfin 3°) l'argument traditionnel selon lequel il est plus aisé de mouvoir le ciel, naturellement apte au mouvement, que la Terre, naturellement lourde, mais qui — fait significatif de ce mélange fluddien de considérations éminemment abstraites et de données empiriques — reçoit ici une traduction mécanique : il est plus facile de faire tourner une

roue en exerçant une force sur sa circonférence plutôt que sur son centre. Face à cette prise de position anticopernicienne, la posture adoptée par Gassendi, alors qu'il est déjà acquis, à cette époque, au système copernicien (p. 34), est intéressante : après avoir annoncé qu'il ne s'attardera « nullement sur le fait que [Fludd] attaque Copernic et Gilbert à propos du *mouvement de la terre* », il poursuit en ne s'étonnant pas davantage que le théosophe anglais ait méprisé le commentaire copernicien relatif à la nécessité de situer l'astre du jour au centre (*De revolutionibus*, liv. I, chap. X) « dès lors qu'il parle d'une autre terre non volatile et d'un autre soleil central que ceux que nous entendons communément » (1<sup>re</sup> partie, § XVIII, p. 101). S'il est vrai que « le raisonnement est assez tortueux » (p. 221, n. 123), il est en tout cas manifeste que Gassendi refuse le débat en séparant purement et simplement, comme portant sur des objets différents, le discours fluddien et le discours scientifique. Mais faut-il comprendre, comme le laisse penser la traductrice, que c'est en raison d'une telle distinction — dont il reste à prouver qu'elle était *aussi* celle de Fludd — que le théosophe anglais a pu, « malgré sa passion pour les symboles pythagoriciens et platoniciens », rejeter l'invitation copernicienne qui lui était adressée d'adopter, pour des raisons symboliques auxquelles il aurait dû être sensible, la centration héliocentrique du Soleil ? Nous ne le pensons pas, mais pour nous justifier, il nous faut nous tourner vers la seconde caractéristique annoncée, à savoir l'adoption de la topographie verticale traditionnellement associée au géocentrisme.

D'un point de vue symbolique en effet, Fludd met en œuvre toutes les caractéristiques classiques d'une telle topographie, ce qui le conduit à dévaloriser la centralité purement géométrique de la Terre, associée au bas et donc à la bassesse, et à valoriser le Soleil situé à l'intersection de la pyramide matérielle et de la pyramide formelle, soit dans la position médiane du macrocosme. Il peut dès lors mettre en relation — selon un vieux *topos* qui, loin d'être « hérité de la littérature astrologique médiévale » (p. 222, n. 140), lui est bien antérieur<sup>1</sup> — l'astre du jour avec le cœur, dès lors que le microcosme, lui aussi, est pourvu d'une pyramide matérielle et d'une autre formelle qui se croisent, précisément, au niveau de cet organe. Si Fludd peut donc mépriser l'appel copernicien l'invitant à centrer le Soleil, ce n'est donc parce que l'un et l'autre parlent d'objets différents, ce n'est pas davantage parce qu'il existerait réellement une « contradiction inhérente à la doctrine fluddienne, qui est géocentrique alors même que la centralité du soleil est un de ses piliers et principes » (p. 34), mais parce qu'une telle invitation est, pour lui, sans objet dès lors que le Soleil bénéficie *déjà*, dans son géocentrisme, d'une centralité glorieuse. Mais cela, Gassendi, qui ne partage pas la même topographie que Fludd, ne peut l'admettre, comme en témoigne sa remarque. Ce qui, ici, doit être noté, c'est moins le fait que Fludd, de concert avec tous les partisans de cette topographie verticale, ait obtenu cette position médiane de l'astre solaire au prix d'une idéalisation irréfléchie, mais bien que Mersenne et Gassendi (1<sup>re</sup> partie, § XXVII, p. 110) prennent désormais conscience de cette idéalisation et l'assimilent dès lors à une erreur : ce qui était jusque-là non pas admis, mais véritablement occulté par tous les tenants de la topographie verticale est aujourd'hui dénoncé par les partisans de la nouvelle topographie héliocentrique qui, elle, positionne *vraiment* l'astre du jour au centre *spatial* du monde.

1. Cette mise en correspondance se trouve déjà chez des auteurs tels que Plutarque, Théon de Smyrne, Macrobe ou Proclus.

Même les historiens de la pensée scientifique se doivent donc de remercier nos deux traducteurs pour avoir mis à leur disposition ces textes à bien des égards étonnants !

JEAN-FRANÇOIS STOFFEL  
Haute école Louvain-en-Hainaut

KEPLER (Johannes), *Nova stereometria doliorum vinariorum = New solid geometry of wine barrels. Accessit Stereometriae Archimedae supplementum = A supplement to the Archimedean solid geometry has been added* / edited and translated, with an Introduction by Eberhard KNOBLOCH. – Paris : Les Belles Lettres, 2018. – 350 p. – (Sciences et Savoirs - Bibliothèque de science, tradition et savoirs humanistes ; 4). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 95,00 €. – isbn 978-2-251-44832-9.

En 1615, Johannes Kepler (1571-1630) publie en latin, à Linz, un ouvrage dont le titre est *Nouvelle géométrie solide des tonneaux de vin*. D'après son biographe Max Caspar, il s'agit de l'un des chefs-d'œuvre de l'histoire des mathématiques<sup>1</sup>. La traduction en anglais, due à Eberhard Knobloch, est la première version complète du traité en « une langue moderne » (p. 8).

La portée du travail accompli par le *scholar* allemand est d'importance.

Dans la dédicace adressée à deux de ses protecteurs autrichiens, Kepler raconte les circonstances qui entourent la composition de son livre. Il mentionne la célébration récente de son second mariage — il était veuf et père de trois enfants — et souligne qu'à ses yeux « il était convenable au devoir de mari et de bon père de famille » de veiller au sujet de la boisson nécessaire (« *conveniens erat officio mariti, bonique patris familias, ut domui meae de necessario potu prospicerem* », pp. 54-55). Ayant donc acheté plusieurs tonneaux de vin, il vit arriver, après quelques jours, le vendeur pour fixer le prix. Il s'étonne alors de la technique du marchand qui explorait avec une même baguette de mesure tous les tonneaux, indistinctement, sans respect de la forme, sans raisonnement, sans calcul. Kepler se met en quête d'étudier les fondements géométriques de cette mesure abrégée. Afin de préparer le terrain pour aborder ces problèmes de stéréométrie, il commence par rappeler certains résultats d'Archimède à propos du cercle, du cône, de la sphère et du cylindre. Il remarque la difficulté de lire Archimède dans le texte. S'il est vrai, écrit-il dans son préambule, que le mathématicien grec a fourni dans « ses petits livres » des démonstrations parfaites, elles sont néanmoins réservées à « quelqu'un qui n'a pas de l'aversion pour leur lecture épineuse » (« *si quis à spinosa lectione eorum non abhorruerit* », p. 63).

Son interprétation des résultats contenus dans ces « libelles », portant sur la géométrie plane et solide, se basait sur des quantités indivisibles. Kepler ne pouvait certes pas savoir que son « illustre prédécesseur » avait suivi la même méthode. En effet, en 1906, Heiberg avait découvert une lettre d'Archimède à Ératosthène « remarquable par l'application ingénieuse de la mécanique à la solution des questions géométriques et par l'emploi très

1. Caspar, M. (1993). *Kepler* (translated and edited by C. D. Hellman). New York : Dover Publications. Ici, p. 233.

hardi d'une méthode comparable au calcul intégral »<sup>1</sup>. Lors de sa publication, la *Nouvelle géométrie solide des tonneaux de vin* fut fort critiquée, en particulier par le mathématicien écossais Alexander Anderson qui comparait les approximations de Kepler avec la rigueur d'Archimède. Avec acuité, Knobloch introduit à ce propos l'expression « *trick of history of science* » (p. 7). Il convient, peut-être, de traduire le mot « *trick* » par « ruse » pour comprendre l'idée dont il est ici question. En effet, les chantres de la rigueur ignoraient, et pour cause, la lettre à Ératosthène. Sans le savoir, tout en défendant la gloire d'Archimède, ils le critiquaient eux aussi. Par ailleurs, Kepler n'est pas dupe et il semble avoir prévu ce tohu-bohu lorsqu'il signale, à la fin de la première section du livre : « Je n'ai pas seulement terminé sa partie la plus importante de telle sorte que peu s'en faut en ce qui concerne les démonstrations pour qu'elles soient parfaites et en ce qui concerne leur usage rien n'y manque », p. 118). Il convient, à présent, de préciser que la *Nova stereometria doliorum vinariorum* comporte trois parties. Voici les thèmes principaux qui y sont traités : 1°) la géométrie solide des corps réguliers courbes avec un « supplément à Archimède » ; 2°) la géométrie solide des tonneaux autrichiens ; 3°) l'usage de la baguette du jaugeur. L'introduction de cette édition bilingue est munie d'un commentaire minutieux et critique. Un aplomb sans failles caractérise les annotations et les analyses mathématiques, au demeurant très poussées, de Knobloch. Ci et là quelques errata, inévitables comme tout auteur le sait, se glissent dans le texte (ainsi, par exemple, il faut lire : p. 60, ligne 14 : « *tying up* » ; p. 104, ligne 5 « *a cone* » ; p. 202, ligne 4 , « *from it* » ; p. 232, ligne 13, « *the following theorem* » ; p. 304, ligne 340, « *skilfully* »).

J'aimerais toutefois m'arrêter sur un passage de la traduction et pour ce faire je vais me permettre un bref détour. Dans l'écrit sur *La machine arithmétique*, Pascal dit : « pour les nouvelles inventions, il faut nécessairement que l'art soit aidé par la théorie jusqu'à ce que l'usage ait rendu les règles de la théorie si communes qu'il les ait enfin réduites en art »<sup>2</sup>. Cette phrase merveilleuse pointe du doigt l'hésitation dont je veux parler. Ce rapport subtil entre la théorie et l'usage se retrouve dans le savoir-faire des constructeurs de tonneaux. Les tonneliers, en effet, leur ont donné la forme qui, pour une même longueur de la ligne mesurée par les jaugeurs, leur assure la plus grande capacité possible ; aux environs du maximum, les variations sont insensibles et les petits écarts accidentels n'exercent aucune influence appréciable sur la capacité. La mesure expéditive est par suite suffisamment exacte. La pratique a donné aux artisans l'habitude de suivre une théorie dont ils ignorent les tenants et aboutissants. Ils sont donc géomètres sans le savoir. Kepler, étonné, signale « *Quis neget Naturam instinctu solo, sine etiam ratiocinatione docere Geometriam ?* ». Voici la traduction de Knobloch : « *Who can deny that geometry teaches by instinct alone without any rational reflection ?* » (pp. 230-231). Il semble, pourtant, qu'une autre « lecture » soit possible : « Qui peut nier que la Nature par instinct seul, sans nul raisonnement, puisse enseigner la Géométrie ? ». Je pense que Knobloch, latiniste chevronné, aurait pu, en une petite note, expliquer sa version.

- 
1. On peut consulter la note de Théodore de Reinach, *Annonce de la découverte et de la publication par M. Heiberg d'un traité inédit d'Archimède conservé dans un palimpseste de Constantinople*, dans *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 1907, 51-56. Ici, p. 269.
  2. Pascal, B. (1954). *Ceuvres complètes* (édit. J. Chevalier). Paris : Gallimard. Ici, pp. 356-357.

Au début du livre, Kepler nous éclaire sur les sources de son œuvre : en un jour de fête le vin est de la partie. Et, partant, les tonneaux qui en sont remplis. Son illumination mathématique surgit en pleine vie. L'invention souffle où elle veut. Disons, plus sobrement, que souvent elle porte son choix sur une personne qui s'échine, par exemple, à déchiffrer la « *spinosa lectione* » d'Archimède. À lire Kepler, on se prend à envier — c'est une façon de parler — la désinvolture des « maîtres d'autrefois ». Il s'agit, peut-être, du signe visible de la liberté qui fait corps avec l'*Ars Inveniendi*.

GODOFREDO IOMMI AMUNÁTEGUI  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

DHOMBRES (Jean) - RÉGNIER-ROUX (Daniel), *La Bibliotheca Mathematica du XVII<sup>e</sup> siècle en Europe : étude des livres de sciences mathématiques de la bibliothèque de Camille de Neufville et comparaison avec les collections de Charles-Maurice Le Tellier, Grégoire de St Vincent, Florimond de Beaune, Joachim Junge, Pierre Hérigone, Isaac Barrow, Christiaan Huygens et Galilée*. – Vol. 1 : *Analyse*. Vol. 2 : *Documents*. – Paris : Librairie Blanchard, 2017. – 304 p. + 274 p. – (Sciences et Techniques en Perspective, II<sup>e</sup> série, vol. 19, fasc. 1 & 2). – 2 vol. brochés de 16 x 24 cm. – 28 € + 28 €. – isbn 978-2-85367-275-7 + isbn 978-2-85367-276-4.

Les deux auteurs de ces deux volumes, Dhombres et Régnier-Roux, s'intéressent à la culture mathématique du XVII<sup>e</sup> siècle qui est étudiée au moyen « des livres de cette époque ou ceux, encore lus, des siècles antérieurs », ce qu'ils ont appelé la *Bibliotheca Mathematica*.

Ils ont choisi un corpus de neuf bibliothèques constituées au XVII<sup>e</sup> siècle et mentionnées dans le sous-titre de l'ouvrage. Leur choix est conditionné par quatre types de contraintes. La première est d'ordre géographique. On a choisi des bibliothèques de divers pays. La deuxième concerne les différents nombres de volumes des neuf collections examinées. La troisième s'appuie sur les propriétaires aux profils variés : deux archevêques, un jésuite mathématicien, un professeur de mathématiques qui n'appartient pas au monde de l'université, un juriste et amateur en sciences mathématiques, quatre savants reconnus pour leur contribution à ces sciences. Finalement, la dernière contrainte est la plus importante : les ouvrages ont été présentés selon une seule et même classification pertinente pour les neuf bibliothèques.

Les deux volumes se composent de quatre parties. La première (Dhombres) est intitulée « L'histoire des sciences mathématiques et la question d'une *Bibliotheca Mathematica* ». Elle s'occupe des questions auxquelles peut répondre l'analyse des collections de livres de mathématiques dans divers types de bibliothèques européennes, en particulier de l'essentielle question de la classification.

La deuxième partie (Régnier-Roux) décrit la bibliothèque de Camille de Neufville de Villeroy, l'archevêque de Lyon, et son environnement lyonnais, en particulier les activités de son bibliothécaire François de La Chaize. L'auteur discute la question de savoir dans quelle mesure il y avait une complémentarité des bibliothèques de l'archevêque et du collègue jésuite de la Trinité et examine la *Res publica mathematica* à Lyon.

La troisième partie analyse la bibliothèque mathématique de Camille de Neufville en comparaison avec les huit autres collections européennes du XVII<sup>e</sup> siècle. La question de la classification joue de nouveau un rôle crucial. Les deux auteurs analysent les différentes sections de la bibliothèque mathématique, à savoir les mathématiques célestes, pures, mixtes et les cours de mathématiques. Le texte est illustré par beaucoup de figures extrêmement intéressantes.

L'épilogue explique de bon droit « qu'il n'existe pas de bibliothèques seulement mathématiques, et donc qu'il faut extraire une *Bibliotheca Mathematica* » (vol. 1, p. 280). Celle de l'archevêque de Lyon était le fait principal du jésuite François de La Chaize. Elle montre certaines qualités des bibliothèques érudites et aussi certains caractères des bibliothèques choisies. Les choix étaient guidés par l'équilibre et la diversité. Mais les deux auteurs ont pu saisir l'expression de la révolution scientifique au cœur même des bibliothèques.

La quatrième et dernière partie, ou le deuxième volume, présente « les documents de divers ordres qui ont servi de socle aux analyses et réflexions menées dans le premier volume » (2<sup>e</sup> vol., p. 6). Elle se compose de huit annexes, d'une courte bibliographie, d'une liste des 48 graphiques et des deux tableaux du deuxième volume, des remerciements, des crédits et d'une liste d'abréviations.

Les annexes méritent d'être expliquées un peu plus en détail. La première énumère les ouvrages des neuf bibliothèques de Camille de Neufville de Villeroy (1606-1693) (200 ouvrages), de Charles Maurice Le Tellier (1642-1710) (79 ouvrages), de Grégoire de St. Vincent (1584-1667) (297 ouvrages), de Florimond de Beaune (1601-1652) (91 ouvrages), de Joachim Junge ou Jungius (1587-1657) (298 ouvrages), de Pierre Hérigone (1580 ?-1643) (47 ouvrages), de Isaac Barrow (1630-1677) (177 ouvrages), de Christiaan Huygens (1629-1695) (226 ouvrages) et de Galilée (1564-1642) (178 ouvrages). Les livres sont groupés d'après la classification de mathématiques célestes, pures et mixtes et sont identifiés par le nom familier de l'auteur, la date de la publication et un titre abrégé. Abstraction faite de de Beaune et de Hérigone les énumérations commencent par un portrait du propriétaire.

La deuxième annexe décrit les bibliothèques mathématiques en chiffres, d'abord celle au XVII<sup>e</sup> siècle, ensuite les neuf bibliothèques mentionnées. Chaque fois trois graphiques ou diagrammes circulaires illustrent les trois répartitions de la bibliothèque mathématique, des ouvrages de mathématiques pures et des ouvrages de mathématiques mixtes. Les pourcentages, par exemple des cours mathématiques, des mathématiques célestes, des mathématiques mixtes et des mathématiques pures, sont toujours représentés par des secteurs circulaires.

La troisième annexe montre la répartition par ville des neuf bibliothèques mathématiques en comparaison avec le corpus total.

La quatrième annexe compare les neuf bibliothèques les unes avec les autres. À cette fin, les deux auteurs ont calculé des indices de singularité qui concernent l'originalité de la bibliothèque en question et des indices de proximité qui concernent la similarité entre deux bibliothèques du corpus.

Les 150 pages de la cinquième annexe comprennent de complètes informations bibliographiques de tous les ouvrages des neuf bibliothèques.

La sixième annexe (70 pages) présente de courtes biographies de tous les auteurs qui figurent dans les ouvrages de la bibliothèque mathématique; la septième les professeurs de mathématiques du Collège de la Trinité à Lyon au XVII<sup>e</sup> siècle. Par conséquent, le deuxième volume est extrêmement informatif. On ne peut pas le lire, mais l'utiliser comme un ouvrage de référence digne de confiance. Les deux auteurs montrent en fait par leurs analyses « comment l'étude de collections de livres permet de saisir les mises en place d'une culture mathématique qui n'est vraiment devenue universelle qu'au milieu du 17<sup>e</sup> siècle » (vol. 1, p. 10).

EBERHARD KNOBLOCH  
Technische Universität Berlin

BARTOLI (Silvana), *La felicità di una donna : Émilie du Châtelet tra Voltaire e Newton*. – Firenze : Leo S. Olschki editore, 2017. – 238 p. – (Biblioteca dell' « Archivum Romanicum ». Serie 1 : Storia, letteratura, paleografia; 479). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 25,00 €. – isbn 978-88-222-6546-3.

Lorsqu'on écrit au sujet de l'histoire, il y a toujours des problématiques plus délicates que d'autres ou des sujets dont il est plus difficile de parler. Cela arrive pour plusieurs raisons, selon les différentes époques, mais le problème est souvent dû au fait que le travail porte sur un sujet de recherche déjà très discuté. La célèbre madame du Châtelet appartient à ce type d'enquêtes historiques où l'on risque d'être accusé de ne pouvoir rien écrire de nouveau. Mais ce danger constitue aussi une raison d'être attiré par un volume comme celui de Silvana Bartoli, car le lecteur est curieux de savoir si l'auteure a pu découvrir des documents inédits. Émilie du Chatelet est, en effet, une figure emblématique pour plusieurs branches de l'histoire. L'auteure, qui est une historienne italienne, veut parler d'Émilie comme d'une femme contemporaine, proche de nous. Tout en restant dans l'exactitude des données historiques, l'auteure a l'air de décrire un personnage actuel, avec des attitudes reconnaissables aujourd'hui, même si cette modernité reste ancrée dans les conventions du XVIII<sup>e</sup> siècle. Ce cadre toujours en équilibre entre le livre d'histoire et la réflexion contemporaine reste, à mon avis, la valeur et le défaut de *La felicità di una donna : Émilie du Châtelet tra Voltaire e Newton*. Cette impression générale est sûrement le résultat du profil de Bartoli, qui est experte de l'histoire des femmes et de l'émancipation féminine au cours du temps, ainsi tous ces intérêts personnels revivent dans son regard sur la vie et les œuvres de M<sup>me</sup> du Chatelet.

Grâce à ce regard, il nous arrive de voir « dialoguer », dans la même page, Tolstoï et de Beauvoir (p. 24). L'auteure, en fait, n'hésite pas à se déplacer dans une sorte d'atemporalité, où plusieurs héroïnes se rencontrent dans leurs comportements communs, leurs passions, leurs vies, et de ce point de vue Anna Karenina partage quelques choses avec Émilie. Cela explique bien l'idée directrice de Bartoli, à savoir que Madame du Châtelet nous parle encore : sa nature toujours en contraste entre rationalité et contrôle des passions (p. 13) est quelque chose qui nous concerne de près. Chaque épisode rapporté dans l'ouvrage est

l'occasion d'un parallèle avec des époques différentes, voire de références à des lieux très loin de ceux où a vécu du Châtelet (Bartoli mentionne par exemple l'Iraq à la p. 48). Toutes ces références ont l'avantage de donner beaucoup de stimulus à rechercher par soi-même la référence correspondante et à approfondir les noms ou les événements mentionnés.

La narration est chronologique : on part de son enfance pour suivre son éducation, maître après maître (Maupertuis, Clairaut, König, etc.). On se réjouit de sa chance d'un mariage avec un homme discret qui reconnaît la supériorité d'esprit de sa femme et on se passionne dans les coulisses de sa rencontre avec Voltaire, décrit comme un investisseur habile. Tout est présenté de façon étendue, sans vides, la seule phase obscure concerne la fille Gabrielle Pauline, qu'elle marie à 16 ans avec un duc napolitain de 15 ans plus âgé. Elle mourra à 28 ans, après une dizaine de grossesses. Bartoli met l'accent sur cette fille qui, selon les témoins, avait le même talent que sa mère pour la conversation érudite, mais qui a été condamnée au plus rétrograde des destins féminins. Malgré cela, trois chapitres portent sur *comment décorer le paradis*, c'est-à-dire Cirey, la résidence d'amour et d'études d'Émilie et de Voltaire, où Bartoli laisse apparaître tous les invités illustres comme Algarotti.

Grâce à cet ouvrage, on connaît les dernières découvertes sur la production scientifique de M<sup>me</sup> du Châtelet, par exemple beaucoup d'espace est dédié au débat sur la contribution réciproque de deux amantes aux *Institutions de physique*, mais la contribution de M<sup>me</sup> du Châtelet à la connaissance scientifique n'est pas le centre de la narration. Dans cette sorte de communauté atemporelle de femmes rebelles, sa particularité était d'agir, de se faire connaître par les moyens de la science, comme l'ont fait Rossella O'Hara (p. 84), Juana Inés de la Cruz, Sara Copio Sullam, Yourcenar (p. 154) par d'autres moyens.

Si on regarde la quantité de femmes auxquelles l'auteure a consacré de l'espace, on est plutôt en face d'une fresque de la condition féminine aristocratique au XVIII<sup>e</sup> siècle, où Gabrielle Suchon devient précurseur des « célibataires par choix » des années 2000 (p. 63). Toutefois, les femmes citées étaient aussi des précurseurs dans l'incitation à dire du mal des autres afin de remplir leurs journées (p. 71), et encore une fois Émilie est exemplaire comme destinataire de l'ouvrage de Voltaire intitulé *l'Épître sur la calomnie* (1733). À plusieurs reprises, Bartoli souligne que ne pas donner d'importance aux calomnies a été la clé du succès de nombreuses savantes et cela reste un très bon conseil aux lecteurs.

Bartoli essaie de nous offrir le portrait le plus complet possible de cette femme unique et c'est pour cela qu'aux mots d'admiration divine de Voltaire (« vaste et puissante génie, Minerve de la France », p. 80) s'accompagnent des descriptions humaines, trop humaines, comme celle de Madame du Deffand.

Bartoli nous présente M<sup>me</sup> du Châtelet comme l'incarnation de toutes les contradictions de son temps avant d'être une scientifique. En effet, Bartoli ne voit pas du Châtelet comme une scientifique, mais nous invite à interpréter sa réussite dans le domaine comme la démonstration qu'il n'y avait aucun sens à vouloir éloigner les femmes de l'étude des sciences dures. C'est pour cela qu'elle a considéré comme nécessaire de traduire Newton.

La fin est accablante, car du Châtelet est consciente de n'avoir pas beaucoup de temps pour terminer son immortelle traduction des *Philosophiae naturalis principia mathematica* à cause de sa dangereuse grossesse tardive, dont on pourrait penser qu'elle n'était pas très

rationnelle de la part de quelqu'un qui recherchait la rationalité scientifique. Cela résume l'effort de l'auteur qui semble vouloir décrypter Émilie du Châtelet comme un mystère irrésolu et, surtout, comme une citoyenne de chaque siècle.

CORINNA GUERRA

*Laboratoire d'excellence HASTEC (Paris)*

ALEMBERT (Jean Le Rond d'), *Mélanges de littérature, d'histoire et de philosophie* / édition critique par Martine GROULT. – Paris : Classiques Garnier, 2018. – 1245 p. – (Lire le dix-huitième siècle ; 2). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 76,00 €. – isbn 978-2-406-06362-9.

Qui vraiment pourrait se plaindre de disposer d'un ensemble aussi riche de d'Alembert, quatre tomes de *Mélanges de littérature, d'histoire et de philosophie*, parus en 1759 reprenant en particulier les deux tomes parus six années plus tôt — d'Alembert avait alors 42 ans — et un cinquième paru en 1767 ? D'autant que dès le premier tome se trouve le « Discours préliminaire des éditeurs de l'Encyclopédie » (allant ici de la page 71 à la page 172), et les divers textes qui s'y rattachent, notamment la querelle avec Jean-Jacques Rousseau sur l'article « Genève ». On sait que le discours préliminaire, qui fut un temps au programme de la classe de philosophie dans les lycées français et a donc connu de nombreuses éditions critiques, reste un incontournable de tout dix-huitiémiste bon teint. De la même façon, on sera heureux de pouvoir lire en continu les réflexions sur le calcul des probabilités et l'inoculation de la petite vérole (pp. 1077-1134). Mais, cette fois, je regrette que n'y soient pas joints les textes de Daniel Bernoulli qui ont suscité les textes de d'Alembert. Si l'affaire ne se présente plus du tout scientifiquement sous le même angle, la question de la vaccination et de son refus reste un sujet actuel de société. Si, par contre, je ne suis pas de ceux qui apprécient beaucoup la reproduction des longues « remarques sur la traduction de quelques morceaux de Tacite » (pp. 495-697), latin inclus, je comprends pourtant la nécessité d'un genre, la reproduction d'un ensemble donné de textes. Mais il me semble, qu'en l'occurrence de Tacite, une version sur le Net serait bien préférable et indéniablement plus utile à consulter par les enseignants de latin, grâce à un répertoire électronique du vocabulaire, aussi bien latin que français. D'ailleurs, l'éditeur sait bien l'usage du Net, et ne manque pas de signaler des articles anciens disponibles sur [Persée.fr](http://Persée.fr). Mais j'insiste sur le fait que la reproduction des textes contemporains de Bernoulli sur l'inoculation est indispensable à la compréhension du débat. En tout cas comme je présente cette belle édition des Classiques Garnier dans la *Revue des questions scientifiques*, je ne peux pas me permettre de passer sous silence une véritable minoration des aspects scientifiques, même d'ailleurs sous la forme de philosophie des sciences. J'en veux pour preuve le sort ici fait à l'Éloge historique de Jean Bernoulli, qui est donné aux pages 281 à 306 du présent volume. C'est indéniablement une pièce magnifiquement écrite, dans laquelle d'Alembert explique à plusieurs reprises ses convictions sur le travail scientifique, opposant ou plutôt différenciant avec l'œuvre de nature littéraire. Ainsi quand il écrit :

« Un bel esprit qui ne lit point, n'a pas moins à craindre de passer pour un écrivain ridicule, qu'un Géomètre qui lit trop, de n'être jamais que médiocre » (p. 290).

Martine Groult, entraînée par le ton assez désinvolte de d'Alembert qui n'en dit pas moins ce qu'il pense, ajoute quelques trop rares notes à celles de d'Alembert, qui ne suffisent pas à éclairer le lecteur. Alors que le mot « Socinien » suscite plusieurs lignes de notes, d'Euler ici nous saurons seulement qu'il « critiqua la physique de d'Alembert », et de Brook Taylor qu'il publia, en 1715, un ouvrage cité par d'Alembert. Cela ne peut que faire râler les lecteurs que les mathématiques ne repoussent pas ! On aurait bien aimé par contre que soit précisée la référence de ce qu'affirme d'Alembert comme étant dû à Galilée sur la géométrie (note 13). Au moins il y a apparemment les informations nécessaires à une telle compilation dans les affaires de philosophie ou de religion. Encore qu'aurait pu être évité le lapsus usuel sur l'Aréopage mis en Aéropage (note 28, p. 733). Mais peu importe, comme il n'importe pas plus que vienne se superposer dans les prochaines années la publication très annotée des *Mélanges* dans les *Cœuvres complètes* de d'Alembert, avec le jeu des articles de l'*Encyclopédie*. Il faut prendre les choses avec plaisir comme elles paraissent, d'autant que le présent volume en 1245 pages se présente très joliment dans les classiques Garnier.

JEAN DHOMBRES

Centre national de la recherche scientifique &  
École des hautes études en sciences sociales

VERDET (Cyril), *La physique du potentiel : étude d'une lignée de Lagrange à Duhem*. – Paris : CNRS éditions, 2018. – 378 p. – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 25,00 euros. – isbn 978-2-271-12264-3.

Ce livre couvre plus d'un siècle d'histoire de la physique, de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle à la fin du XIX<sup>e</sup>. L'auteur analyse le développement de la physique moderne du point de vue des mathématiciens et des savants qui ont forgé le concept de *potentiel*. Le choix des titres des trois parties du livre éclaire les trois étapes fondamentales de l'histoire de ce concept : l'étape mathématique, l'étape de la conservation de l'énergie et enfin l'étape des potentiels thermodynamiques et de la mécanique généralisée.

Dès le début, l'auteur met en communication « la physique du potentiel » avec « l'essor de la thermodynamique dans les premières décennies du siècle » et place ce rapport si étroit dans le milieu culturel qui vit l'émergence de nouvelles philosophies de la nature et le développement de la physique mathématique. Autrement dit, la systématisation de la théorie du potentiel se joignit à la systématisation de la thermodynamique dans la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, au moment où la physique théorique émergea en France, en Allemagne et en Grande-Bretagne. « Physique théorique » est le nom qu'on peut donner à l'alliance entre la tradition la plus spéculative de la philosophie naturelle et la physique mathématique la plus sophistiquée (pp. 9-11).

Verdet retrace la naissance du concept de potentiel dans les travaux mathématiques de Lagrange, dans le contexte d'un projet qui réduisait la mécanique à une branche de l'analyse mathématique. Pierre Simon de Laplace poursuivit la tâche de cette réduction de la physique et de l'astronomie à des systèmes d'équations différentielles (pp. 25-30). L'introduction de cette fonction ne fut pas déclenchée par la parution de quelques nouveautés

expérimentales. Elle fut une invention essentiellement mathématique ou « un artifice de calcul » comme le dit l'auteur. Toutes les forces qu'on désirait calculer étaient déduites par différentiation de la fonction potentielle.

Laplace appliqua cette fonction à des distributions continues de matière, en la définissant comme une fonction qui dépendait du corps qui était considéré comme la source de l'interaction plutôt que du couple de corps en interaction (pp. 31-39)<sup>1</sup>. En 1811, le potentiel fut nouvellement utilisé par Poisson dans deux mémoires sur la mathématisation de l'électrostatique de Coulomb. Onze ans plus tard, le mathématicien autodidacte anglais George Green publia un essai sur les applications de l'analyse mathématique aux théories de l'électricité et du magnétisme où les forces pouvaient être déduites mathématiquement par dérivation d'une « fonction potentielle » (pp. 48, 51-55 et 58-59).

Le deuxième chapitre du livre est consacré à une histoire de quelques aspects du concept de force de Newton à Carnot en passant pour Kant, Reech et Boscovitch : c'est un chapitre intéressant, mais qui représente un détour non nécessaire à l'analyse historique et conceptuelle de l'auteur. Globalement, le livre aborde des questions subtiles du point de vue historique et physique. Par exemple, l'auteur souligne que la fonction potentielle « est définie en tout point de l'espace » et donc qu'il « s'agit d'une influence globale » ou d'un *champ* physique, peut-être un pseudo-milieu (pp. 131-132). Mais que dire alors de Oliver Heaviside et de sa simplification mathématique des équations de Maxwell, où les champs sont les grandeurs réellement physiques et les potentiels sont des grandeurs artificielles, même fallacieuses, d'une certaine manière des vestiges du modèle de l'action à distance à l'intérieur du modèle de l'action de contact<sup>2</sup> ?

La solution à *la Mach* que l'auteur semble adapter à ce contexte, c'est-à-dire l'interprétation de la fonction potentielle comme étant la transformation de la cause ontologique en fonction mathématique, ne semble pas totalement convaincante. Cependant, on pourrait partager l'opinion que le potentiel représente une dissimulation des racines métaphysiques du concept de force (p. 143).

En 1834, le mathématicien irlandais William Rowan Hamilton reprit le concept de potentiel d'une façon tout à fait originale. Soit les systèmes mécaniques soit les systèmes optiques pouvaient être décrits mathématiquement par une fonction qui dépendait de la traditionnelle *force vive* et d'une « fonction de force » qui était la généralisation de la fonction  $\Omega$  de Lagrange (pp. 165-167). Contrairement à Hamilton, qui voulait généraliser la portée des outils mathématiques hors des sentiers battus de la mécanique, Helmholtz se limita à une explication mécanique, en utilisant la mécanique des forces centrales attractives et répulsives (pp. 174 et 178). Hamilton aurait mérité toute l'attention accordée à Helmholtz.

- 
1. Il s'agit ici de la distinction entre le *potentiel* et l'*énergie potentielle* qui sont considérés aujourd'hui comme deux concepts physiques distincts : l'énergie potentielle est le produit entre le potentiel généré par un des deux corps (la source de l'interaction) et la masse (ou la charge) du deuxième corps impliqué dans l'interaction.
  2. O. Heaviside, *Electromagnetic Theory*, London : The Electrician Printing, 1893, p. iv.

L'auteur a justement mis en relief la voie entreprise par William Thomson avec sa distinction entre énergie statique et énergie dynamique (pp. 182-183). Thomson dépassa Helmholtz parce qu'il devait tenir compte des flux de chaleur qui représentaient un cas particulier d'énergie dynamique. Une question subtile se pose à propos de Thomson, à savoir l'opposition entre sa conception mécaniste des sciences physiques et la nécessité de tenir compte de l'irréversibilité et de la dissipation, soit des concepts qui étaient au cœur du deuxième principe de la thermodynamique. Autrement dit, le mécaniste Thomson devait associer la tradition théorique de la mécanique avec la physique mathématique extra-mécanique de Fourier.

La figure de William Macquorn Rankine est très importante pour deux motifs fondamentaux : le processus d'intégration théorique entre potentiel et énergie, et la généralisation des concepts d'énergie et de potentiel à toutes les sciences physiques et chimiques. Chez Rankine, la généralisation allait de pair avec la réunification des aspects mathématiques, physiques et philosophiques du concept de potentiel. Verdet signale « l'épaisseur ontologique » de la physique de Rankine. Sans aucun doute, il faut souligner l'engagement unificateur de Rankine : d'ailleurs sa stratégie théorique nous permet de comprendre le grand effort unificateur de Duhem (pp. 186-188).

La valeur de la troisième partie du livre réside dans l'exploration du rapport essentiel entre « la mise aux normes de la thermodynamique aux exigences de l'analyse mathématique » et la nécessité de tenir compte de l'énergie chimique. À juste titre, Verdet signale l'apport de Jules Moutier à la reconnaissance des « liens de famille » entre les phénomènes physiques et chimiques, et à la reconnaissance du rôle joué par la thermodynamique dans la découverte de ces liens (pp. 258, 261, 274 et 278).

L'auteur conduit une analyse détaillée du livre que Duhem publia en 1886, où nous trouvons les premiers pas de son projet scientifique et philosophique. Ensuite, il aborde les textes que Duhem publia en 1902, 1903 et 1911. Peut-être la documentation la plus convaincante de la démarche théorique de Duhem se trouve-t-elle dans les textes allant de la trilogie des *Commentaires aux principes de la thermodynamique* (1892-1894) à la *Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques* de 1896. Dans ce dernier texte, Duhem atteignit sa maturité scientifique, c'est-à-dire la formulation d'une mécanique généralisée qui embrassait la physique et la chimie. Le grand traité du 1911 n'est que l'extension et la réorganisation de l'essai de 1896.

Duhem avait un projet qui allait au-delà de la thermodynamique, qui représentait simplement la base physique d'une théorie plus générale, allant de la mécanique traditionnelle aux processus les plus explosifs de certaines réactions chimiques. Cette théorie générale reposait sur les principes de la thermodynamique du côté physique et sur une généralisation des équations de Lagrange du côté mathématique. Les équations contenaient les potentiels thermodynamiques et des termes dissipatifs, qui correspondaient à la généralisation de la viscosité et du frottement mécanique. Duhem trouva chez Rankine l'aube d'une nouvelle physique fondée sur une généralisation originale du concept de travail, où le rôle de la force et du déplacement pouvait être joué par chaque couple de grandeurs physiques appropriées : la première devait être une grandeur intensive et la deuxième une grandeur extensive.

Dans les dernières pages du livre, nous trouvons quelques considérations philosophiques et/ou métathéoriques sur la notion de « classification naturelle » et sur l'holisme de Duhem (pp. 334 et 348), sur la « similitude flagrante » entre l'idée de potentiel « telle qu'elle s'est manifestée au dix-neuvième siècle » et la physique quantique (pp. 353-355)... Les sujets sont évidemment intéressants, mais ils ne peuvent pas être développés en quelques pages.

En conclusion, je regrette un manque général de références à la littérature secondaire, surtout à la littérature en langue anglaise. Il y a donc peu de dialogue avec les autres historiens de la physique, un dialogue qui aurait pu être plus captivant et fécond.

STEFANO BORDONI  
Université de Bologne

LAMBERT (Dominique), *The atom of the universe : the life and work of Georges Lemaître* / préface by Phillip James Edwin PEEBLES; translated by Luc AMPLEMAN; edited by Karl VAN BIBBER. – 2<sup>nd</sup> edition. – Kraków : Copernicus Center Press, 2016. – 464 p. + XIX p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 44,00 €. – isbn 978-83-7886-225-3.

Nous accueillons avec grand plaisir cette traduction anglaise du magnifique livre *Un atome d'univers* publié en 2000 chez Lessius, en 2002 aux éditions conjointes Lessius et Racines, puis réédité en 2011 par Lessius. Le livre est diffusé par les Éditions du Cerf.

Nous pouvons espérer que cette traduction ait contribué à la récente modification de la dénomination de la « constante de Hubble » devenue « constante de Hubble-Lemaître ».

L'original français de ce livre ayant déjà été analysé dans cette revue par Jean-François Stoffel (vol. 171, 2000, n°3, pp. 282-283), je m'attacherai à commenter plus particulièrement la belle et nouvelle préface de Phillip James Edwin Peebles qui accompagne cette traduction. Stoffel ayant insisté sur la maestria avec laquelle l'auteur de cette biographie souligne la cohérence et la dichotomie de la pensée de Lemaître et Peebles se restreignant ouvertement à la réflexion scientifique de Lemaître sur l'évolution du cosmos, nous aurons ainsi deux regards sur ce livre.

Peebles est un astronome et cosmologue américain d'origine canadienne de renom qui a joué un rôle important dans le développement des idées de Lemaître. Il fut, entre autres, lauréat du prix Georges Lemaître en 1995 pour ses nombreuses contributions importantes à la théorie du « Big Bang » que ce dernier nommait « atome primitif ». Cette dernière expression explique le titre du livre de Dominique Lambert.

Dans son introduction, Peebles réussit un résumé, non pas du livre, car il laisse tomber l'aspect philosophique, mais bien de cette partie de l'histoire de la cosmologie à laquelle il a lui-même participé. Ce résumé à la fois succinct et complet est remarquable.

Sa préface et donc le livre s'ouvre sur ces mots : « La démonstration que notre univers physique s'est développé à partir d'un état très différent est née des progrès réalisés dans les années 1920 et 1930, qui étaient, dans une mesure frappante, l'œuvre d'une seule per-

sonne, Georges Lemaître. » Il souligne ensuite un fait avéré que la biographie de D. Lambert permet de mieux comprendre : comment sommes-nous arrivés à la compréhension actuelle de l'évolution cosmique à partir de conditions initiales de très grande densité que Lemaître appelait « atome primitif » et que Fred Hoyle a rebaptisé « Big Bang ».

Peebles part du fait que Lemaître suit une idée d'Einstein qui n'est alors qu'une hypothèse. Ce dernier estime que l'univers est le même partout à l'exception d'irrégularités à petite échelle. Partant de là, Peebles parcourt, à grands pas certes, le chemin suivi par Lemaître. D'abord via la solution mathématique des équations de la relativité générale d'Einstein pour un univers homogène non vide et en expansion correspondant à la description que nous venons de donner. Il évoque ensuite les travaux de Hermann Weyl qui connaissait le phénomène primordial du décalage vers le rouge de la lumière provenant des galaxies lointaines. Ce dernier pouvait être attribué à un mouvement d'éloignement croissant de ces galaxies. Weyl découvre à l'aide de travaux de Willem de Sitter qu'une distribution homogène de particules sans masse peut se déplacer d'une manière qui sera observée *a posteriori*. Mais l'univers de de Sitter ne contient pas de matière massive contrairement à celui d'Alexandre Friedmann que Weyl ne connaissait malheureusement pas. En 1925, Lemaître redécouvre les résultats de Weyl et, en 1927, il retrouve indépendamment la solution de Friedmann pour un univers plein en expansion. L'article qu'il publie à cette occasion porte un titre explicite : *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques*. Il y montre aussi que si cette solution décrit bien notre univers alors le taux de séparation des galaxies doit être proportionnel à leur séparation, comme Weyl l'avait montré dans le cas d'un univers intergalactique vide. Ces résultats sont confirmés par les nombreuses observations récentes du télescope spatial Hubble. Ce dernier doit son nom à Edwin Powell Hubble qui avait annoncé deux ans plus tard la première observation de cette relation entre vitesse de récession et éloignement.

Mais, remarque Peebles, le principal travail de Lemaître, dont le titre a été donné *supra*, sur l'expansion d'un univers contenant de la matière avait été publié dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles* qui n'avait pas une large audience et Lemaître dû attendre, pour être reconnu, qu'Arthur Eddington fasse sa publicité. Cet article a connu, outre sa traduction anglaise, deux rééditions en français.

Peebles lui-même n'a lu la traduction anglaise de l'article de Lemaître que quelques années plus tard dans *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

C'est dans cette traduction qu'une note de bas de page a été omise, retirée par Lemaître lui-même, et qui commente la relation déjà évoquée,  $v = Hr$ , entre  $v$  la vitesse de récession de la galaxie et  $r$  son éloignement et où la constante de proportionnalité  $H$  est très proche de la constante que Hubble donnera deux ans plus tard.

Nous l'avons dit, Peebles occulte les problèmes philosophiques liés à la confrontation d'idées sur les débuts de l'univers vus par le cosmologue et par le religieux qu'était Lemaître. Cette confrontation donne par contre à D. Lambert la matière de, à mon avis, son plus beau chapitre : *Science et foi : la théorie des deux chemins*.

Pebbles déroge pourtant à une unique occasion à sa décision de se cantonner à la physique. Il termine sa préface par une citation tirée d'un article de Lemaître intitulé *La culture catholique et les sciences positives* : « En un sens le chercheur fait abstraction de sa foi lors de ses recherches. Il fait cela non parce que sa foi pourrait le conduire à des difficultés, mais parce qu'elle n'a rien de commun avec son activité scientifique. Après tout, un Chrétien n'agit pas différemment de n'importe quel non-croyant en ce qui concerne marcher, courir ou nager. »

PATRICIA RADELET-DE GRAVE  
*Université catholique de Louvain*

BALIBAR (Sébastien), *Savant cherche refuge : comment les grands noms de la science ont survécu à la Seconde Guerre mondiale*. – Paris : Odile Jacob, 2019. – 252 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 23,90 €. – isbn 978-2-7381-4657-1.

L'auteur, professeur à l'École normale supérieure et membre de l'Académie des sciences (Paris), est connu internationalement dans le domaine de la physique des états condensés, spécialisé en physique des basses températures. Ceci explique, dans une large mesure, la sélection qu'il a bien dû faire parmi les centaines de scientifiques et les dizaines de savants éminents (le plus souvent d'origine juive) cherchant à fuir la montée du nazisme et de l'antisémitisme en Allemagne et ailleurs en Europe dans les années 1930-40. Malgré cette sélection, Balibar fait preuve, dans son ouvrage, d'une grande érudition sur les circonstances scientifiques, politiques et humaines de cette période tragique de l'histoire de l'Europe.

Balibar organise son récit autour de l'un d'entre ces savants, le physicien hongrois Laslo Tisza (1907-2009), physicien théoricien de la « seconde génération », celle suivant immédiatement les créateurs de la mécanique quantique de 1924 à 1928, Heisenberg, Schrödinger, Dirac et quelques autres. Il travailla avec Heisenberg à Leipzig où il rencontra plusieurs jeunes théoriciens, destinés eux aussi à s'enfuir, dont Edward Teller, Rudolf Peierls, Victor Weisskopf, Felix Bloch. Tisza a présenté sa thèse en 1930 à Budapest sur la symétrie en physique et chimie quantiques, un sujet cher à son compatriote Eugène Wigner, plus tard lui aussi réfugié en Amérique. Mais quelques années après cette thèse, il s'est intéressé aux manifestations macroscopiques de la mécanique quantique, particulièrement à l'explication de la superfluidité de l'hélium à basses températures découverte par Piotr Kapitza et d'autres en 1938. C'est lui qui, en premier, conçut le modèle des deux fluides interpénétrés, l'un normal et l'autre superfluide, condensés dans un état du type prédit par Bose-Einstein (1924-25). D'où la filiation scientifique avec Balibar qui eut encore le privilège de rencontrer Tisza personnellement en 2007 et de l'interviewer à l'occasion d'une conférence pour célébrer le centième anniversaire du savant au Massachusetts Institute of Technology où Tisza trouva son refuge définitif et poursuivit sa longue carrière.

Dans ses études et dans sa fuite, Tisza a côtoyé bon nombre de grands physiciens et chimistes occupés à appliquer la théorie quantique à partir des années 1930. Il fut collègue d'Edward Teller, déjà mentionné, chez Heisenberg à Leipzig, puis de nombreux autres théoriciens chez Lev Landau à Kharkov, le grand physicien soviétique connu surtout pour ses théories sur les transitions de phase, celle de l'hélium superfluide en particulier. Balibar

raconte les pérégrinations de Tisza de ville en ville, et finalement à Paris où il rencontra le théoricien Fritz London lui aussi réfugié du nazisme et auteur d'une thèse à Paris sur la supraconductivité et la superfluidité. Dans ses quelques premiers chapitres, grâce à des vignettes plus ou moins développées, le livre de Balibar est fort instructif pour le lecteur qui veut se remémorer ou prendre connaissance rapidement du profil et des contributions scientifiques de tous ces grands noms de la science avant et au début de la guerre, ainsi que des circonstances de leurs fuites et de leurs accueils en France, en Angleterre ou en Amérique.

Deux remarques mineures. Au chapitre 5 consacré à une brève histoire de la science et des techniques des basses températures, Balibar attribue la découverte de l'élément hélium dans la couronne solaire au seul astronome français Jules Janssen. Les anglo-saxons, eux, l'attribuent plutôt à l'astronome britannique Norman Lockyer. C'est une tendance assez répandue que plusieurs des grandes découvertes plus ou moins simultanées en science sont ainsi attribuées à deux auteurs au moins, selon leurs nationalités (comme Coulomb et Cavendish). Lockyer est celui qui, en plus de donner son nom à l'hélium, créa le journal *Nature* en 1869 dans lequel allaient être publiées d'innombrables découvertes comme celles dont Balibar parle dans son récit et qui restera, pendant 150 ans, le journal de très haut prestige que nous connaissons aujourd'hui.

Une autre petite remarque, qui pourrait être amusante si elle n'était pas sinistre, à propos de Teller. Balibar le présente, suivant en cela une tradition malencontreusement bien implantée, comme « le père de la bombe-H ». Pour la vérité historique sur cette invention, il est important d'adopter l'avis autoritaire de Hans Bethe, théoricien allemand, réfugié à Cornell en Amérique, qui élucida les mécanismes des réactions thermonucléaires dans les étoiles (1935-1938). Bethe qualifie Teller non pas de père, mais de « mère de la bombe-H qui porta l'enfant pendant 9 mois à Los Alamos ». Le père fut en réalité Stanislaw Ulam, mathématicien polonais réfugié à Harvard après l'invasion de la Pologne en 1939, inventeur de la méthode de Monte Carlo. En 1951 à Los Alamos, Ulam conçut la géométrie cylindrique pour la compression du mélange deutérium-tritium par l'onde de choc thermomécanique de la bombe-A primaire. Cette idée essentielle de la bombe-H étagée fut aussitôt récupérée par Teller et convertie en implosion radiative cent fois plus rapide et plus efficace que la compression hydrodynamique. Le processus est aujourd'hui connu sous le nom de configuration Ulam-Teller, dans cet ordre. Par la suite, Teller n'eut de cesse de réclamer pour lui seul la « paternité » de l'idée. Rendons à César...

Le chapitre 10 concerne la bombe-A américaine et la contribution des savants réfugiés à sa construction tandis que le chapitre 11 porte sur le programme avorté de bombe nazie. Il faut admirer l'auteur pour avoir réussi à synthétiser toute cette histoire en une quarantaine de pages. Ici, forcément, son livre comporte quelques omissions et l'une ou l'autre imprécision qui me paraissent intéressantes à signaler.

En p. 159, Balibar fait état des efforts de Frédéric Joliot pour se procurer le minerai d'uranium du Katanga nécessaire pour ses recherches avec ses collaborateurs Hans Von Halban et Lew Kowarski qui allaient bientôt devoir quitter Paris pour se réfugier en Angleterre. L'omission ici est le rôle absolument crucial d'Edgar Sengier, Directeur de la firme belge Union minière du Haut Katanga, pour assurer la livraison du minerai non seulement

à la France, mais surtout aux États-Unis pour les bombes lancées 5 ans plus tard sur le Japon. Joliot avait rencontré secrètement Sengier le 8 mai 1939 à Bruxelles et avait obtenu de l'industriel la promesse de quelques centaines de tonnes de pechblende qui furent partiellement livrées avant l'occupation allemande en mai-juin 1940. L'autre omission est celle de la rencontre tout aussi secrète de Sengier, le 10 mai 1939 à Londres, avec Henry Tizard, recteur de l'Imperial College, conseiller du gouvernement britannique. Tizard acheva d'instruire Sengier sur la fission de l'uranium récemment découverte et de convaincre l'homme d'affaires de l'immense intérêt stratégique de la pechblende congolaise, mais il ne réussit pas à s'assurer le monopole qu'il réclamait des livraisons du minerai à la seule Angleterre.

Quant au chap. 11 et la bombe nazie (p. 178), il est fait état du fait que  $D_2O$  ralentit les neutrons moins bien que  $H_2O$ , ce qui est correct, mais permettrait « d'optimiser » la fission. Le fait essentiel est que l'eau lourde n'absorbe pas ces neutrons et permet ainsi une réaction en chaîne dans l'uranium naturel ce qui est impossible avec de l'eau légère comme ralentisseur en raison de l'absorption des neutrons. En p. 182, Balibar rapporte qu'un physicien nucléaire allemand, Manfred Pop, affirme que les Allemands ne connaissaient pas la différence entre fission par neutrons lents (le réacteur) et fission par neutrons rapides (la bombe). Ceci est incorrect, car c'est précisément ce que Heisenberg en personne s'efforça d'expliquer, avec diagramme à l'appui, à ses autorités politiques et militaires lors d'une réunion en juin 1942 à Berlin. En p. 184, le même M. Pop prétend que les savants allemands ignoraient l'existence d'une « route ouverte vers la bombe », via la synthèse des éléments transuraniens neptunium et plutonium, par absorption de neutrons par l'uranium 238 dans un réacteur. Ceci est incorrect également, car la conception de cette voie « facile vers la bombe » est attribuée à Carl Friedrich von Weizsäcker et Fritz Houtermans tous deux membres actifs de l'Uranverein, la société allemande pour l'exploitation civile et militaire de la fission de l'uranium pendant la guerre.

Dans les quatre derniers chapitres, l'auteur décrit le destin de Tisza et d'autres réfugiés dans leurs pays d'accueil après la Seconde guerre mondiale. Au chap. 16 qui clôt le livre, il fait état des efforts admirables menés en France pour accueillir des scientifiques étrangers issus de l'immigration grâce à la création du mouvement PAUSE (Programme d'Accueil Urgent des Scientifiques Étrangers) auquel Balibar prend part active.

L'excellent ouvrage de Balibar, écrit de manière claire et dans un style fort plaisant, est le bienvenu car, à ma connaissance, il est un des rares comptes rendus détaillé en français de l'exil des savants européens fuyant le nazisme. Ceci contraste avec l'abondance de récits en anglais sur ce thème, comme par exemple le livre de Jean Medawar et David Pyke, *Hitler's Gift, Scientists who Fled Nazi Germany* (Richard Cohen Group, London, 2000) ou bien les livres de Laura Fermi (l'épouse d'Enrico) dont *Illustrious Immigrants* (University of Chicago Press, 1968) ou encore les nombreux récits autobiographiques ou des biographes des fugitifs eux-mêmes.

AMAND LUCAS  
 Université de Namur &  
 Académie royale de Belgique

GINOUX (Jean-Marc), *Les grandes découvertes de l'histoire de la physique et leurs démonstrations en 128 exercices*. – Paris : Éditions Ellipses, 2018. – 572 p. – 1 vol. broché de 16,5 × 24 cm. – 29,00 €. – isbn 978-2340023437.

Alors que les nouveaux programmes scolaires français introduisent, à partir de la rentrée de 2019 et dès la classe de première, un enseignement scientifique prenant en compte des considérations historiques, le livre de Jean-Marc Ginoux tombe à point nommé. Cet ouvrage volumineux recense de manière très renseignée un grand nombre d'exercices de physique, mais aussi de mathématique au gré d'une présentation chronologique.

À travers quatre périodes que sont l'Antiquité, le moyen âge et la Renaissance, l'époque moderne et l'époque contemporaine, brièvement présentées en début de chaque partie, l'auteur décline les noms importants associés à chacune d'elles. Avant chaque série d'exercices, la présentation du savant ou du scientifique concerné vient compléter la mise en perspective historique.

L'ensemble constitue donc un travail de longue haleine et forcément très méticuleux. Tout enseignant en sciences physiques sait combien il est extrêmement délicat de décliner un problème selon une suite de questions ordonnées permettant de faire émerger un raisonnement chez l'élève. Tout l'enjeu de la rédaction réside dans une énonciation suffisamment détaillée pour accompagner la réflexion et suffisamment large pour permettre à l'élève de prendre une part active au raisonnement. De ce point de vue, l'ouvrage de Jean-Marc Ginoux présente de manière alternée des énoncés très ouverts, comme « Quel est le secret d'un tel empilement ? » (*La clé de voûte et le secret des cathédrales*, p. 29), et d'autres bien plus détaillés permettant à celui qui tente de résoudre l'exercice de ne pas se perdre dans des considérations trop éloignées de ce qui est attendu. En d'autres termes, certains énoncés s'apparentent davantage à des énigmes qu'à des exercices scolaires, et ce point précis participe à faire de cet ouvrage non seulement un outil d'entraînement, mais aussi un support de réflexion plus générale.

L'ouvrage présente l'intérêt extrêmement précieux (et extrêmement risqué) de proposer une « réponse » détaillée, c'est-à-dire un corrigé qui permet de suivre pas à pas le raisonnement attendu. L'auteur a pris soin de détailler et de commenter certaines réponses lorsque des ambiguïtés peuvent se présenter. Les règles en usage au lycée concernant les chiffres significatifs n'ont pas toujours l'heur de plaire à l'auteur, mais c'est une chose qu'on lui pardonne bien volontiers tant les corrigés sont clairs et explicites.

S'agissant des niveaux de difficulté des exercices, ils sont très variables et, en ce sens, c'est un ouvrage qui convient mieux aux curieux ou aux enseignants qu'à un élève qui voudrait se préparer à un examen. Les résolutions peuvent en effet requérir l'utilisation de démonstrations mathématiques élaborées, du produit vectoriel, du calcul différentiel et intégral (équations différentielle et fonction exponentielle) ou de simples règles de proportionnalité. Il faut donc sélectionner les exercices en fonction du niveau d'étude recherché.

Mais avec un tel titre, est-ce vraiment ce qu'on attend d'un pareil ouvrage ? Le véritable enjeu et la grande prouesse de ce manuel est de plonger le lecteur dans la démarche intellectuelle du savant dont on suit la trace du raisonnement. Alors forcément, la contrainte des programmes scolaires passe au second plan et donne par conséquent à l'ensemble un

air de liberté intellectuelle, laquelle restitue un aperçu de celle dont les savants en question ont dû eux-mêmes user. Qu'il s'agisse des expériences de Pascal, des suites de Fibonacci ou de la théorie électromagnétique développée par Ampère en quelques semaines sur la foi des expériences d'Ørsted, on retrouve à travers les pages du livre de Jean-Marc Ginoux les traces d'une aventure intellectuelle qui ne peut que convenir à toute personne — élève, professeur ou simple curieux — désireuse d'éprouver, par le calcul, les difficultés aussi bien que la satisfaction des découvertes de l'esprit scientifique.

CYRIL VERDET

Syrte – Observatoire de Paris

## Philosophie des sciences

GILLET (Carl), *Reduction and Emergence in Science and Philosophy*. – First paperback edition. – Cambridge; New York; Melbourne : Cambridge University Press, 2018. – IX, 389 p. – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – £ 25.99. – isbn 978-1-107-42807-2.

L'ouvrage de Carl Gillett s'avère d'une grande pertinence malgré l'apparente étrangeté de la question de départ. L'auteur affirme, dès l'introduction, qu'il désire savoir si, parmi les diverses positions philosophiques et scientifiques sur l'émergence et la réduction, il en existe une ou plusieurs qui se rapprochent de la vérité concernant la nature de la composition scientifique et les positions actives, vivantes de notre époque (pp. 4-5). En d'autres termes, il cherche à déterminer si, grâce aux preuves empiriques que la science nous propose, il est possible de défendre clairement une position à propos de la structure de composition de la réalité. Toute entité macroscopique composée est-elle réductible à ses éléments fondamentaux ou bien existe-t-il des entités, des pouvoirs ou des processus qui ne soient pas réductibles, pour diverses raisons, et qui seraient par conséquent proprement émergents ? Il va également se demander si, parmi les nombreuses réponses apportées, certaines sont plus pertinentes et proches de la réalité que d'autres. C'est ici que l'étrangeté est la plus manifeste puisqu'il va opposer les visions scientifiques et philosophiques sur ces questions. Nous verrons que cela peut avoir son sens, mais le critère de spécification des visions n'est jamais clairement explicité. Qu'est-ce qui fait qu'une vision sera philosophique et l'autre scientifique ? La différence se situe-t-elle dans la méthode qui serait proprement disciplinaire ou dans la formation des personnes défendant ces opinions ? Nous pouvons comprendre au fil des exemples donnés par Gillett qu'il s'agit de la seconde solution, mais c'est toujours en supposant, en interprétant que l'on arrive à cette conclusion. Il n'affirme rien explicitement sur ce sujet et cela est assez déroutant puisque de cette opposition va naître une partie de son argumentation. De plus, le choix de la formation disciplinaire plus que de la nature de la méthode ou de l'attitude face à la question n'est pas forcément le plus évident. En effet, une scientifique qui se poserait des questions sur la composition du monde et l'existence de propriétés ou d'entités proprement émergentes n'aurait-elle pas par là une attitude philosophique — sans que l'on ne la considère pour autant comme philosophe ? La question est bien évidemment massive et ne constitue pas le cœur de l'entreprise de Gillett, mais elle laisse tout de même un goût particulier tout au long de la lecture et se rappelle sans cesse à la lectrice à chaque usage des termes « philosophique » et « scientifique ».

Cette distinction est d'autant plus étrange qu'elle semble développée en faveur de la posture scientifique, bien que Gillett lui-même soit philosophe. Cela part du constat, bien pertinent, que les philosophes des sciences sont restées pendant longtemps bien trop éloignées des pratiques scientifiques et des scientifiques elles-mêmes. Leur attitude surplombante n'a permis ni dialogue ni compréhension entre ces deux disciplines. Cela a mené à une incompréhension et une caricature des pensées et des pratiques scientifiques. Gillett trouve cela regrettable et souhaite, quant à lui, se rapprocher des sciences afin de rendre justice à leurs positions. Ce choix est tout à fait louable, mais il est légèrement assombri par la foi presque inébranlable de l'auteur dans la capacité des sciences à comprendre le réel et à atteindre la vérité. Il affirme d'ailleurs, et c'est l'une des thèses fortes qu'il défend dans cet ouvrage, que les sciences vont pouvoir trancher la question en apportant des preuves empiriques en faveur de l'une ou l'autre position : émergence ou réduction. Cette thèse cache un réalisme épistémologique fort — voire un scientisme — qui n'est jamais exposé clairement, ce qui est dommage. Au-delà de cela, il y a également une caricature assez forte de l'attitude philosophique qui le précède. Comme cité plus haut, Gillett reproche aux philosophes d'être enfermées dans leur tour d'ivoire et de critiquer des postures scientifiques qu'elles ne comprennent pas. Bien que cela puisse être en partie correct, l'auteur manque ici de nuances et regroupe toutes les philosophes dans le même sac. Ce n'est pas rendre justice aux multiples tentatives d'approche, de compréhension et de construction de ponts entre les deux disciplines qui, même si elles ne sont pas la norme, sont bien présentes dans l'histoire du débat.

Passé ces quelques remarques, nous pouvons nous pencher sur les aspects positifs et pertinents de ce travail. Le traitement qu'il fait de la question de départ relativement étrange se trouve être extrêmement judicieux et capable d'apporter une réflexion neuve à une question déjà maintes fois traitée. En se centrant sur ce qu'il considère être les positions vivantes et actuelles des scientifiques, il nous montre que les postures traditionnelles ne tiennent plus. Les connaissances changeant, plus personne, selon Gillett, ne défend un émergentisme ou un réductionnisme « de votre grand-mère » (p. 310). Maintenant, même les réductionnistes reconnaissent une forme d'existence aux entités (individus, propriétés, pouvoirs, processus) composées, de niveaux supérieurs. Une forme d'indépendance de ces entités est reconnue par rapport au niveau fondamental, ainsi qu'une importance réelle des sciences spéciales. Des réductionnistes radicales ne seraient peut-être pas d'accord avec lui, mais il affirme que leur posture n'est plus tenable. Il va alors proposer de nouveaux concepts permettant de saisir la réalité plus nuancée des opinions actuelles.

De son analyse et de la réactualisation des concepts et positions, Gillett va retenir trois visions qu'il va considérer comme viables : le fondamentalisme simple, le fondamentalisme conditionné et le mutualisme — les deux premières se rapprochant du réductionnisme et la dernière de l'émergentisme. Présentement, aucune de ces trois visions n'est confirmée ou infirmée par les pratiques scientifiques — contrairement aux cinq autres qu'il a développées et rejetées — ce qui assure, selon lui, leur viabilité. Gillett affirme ouvrir la voie à un nouveau travail, plus pertinent et plus proche de la réalité scientifique, qui reste en partie à réaliser.

L'apport de réflexions nouvelles et d'outils mieux adaptés pour discuter la question de la relation de composition du monde se trouve être précieuse, même si l'on n'est pas

prête à accepter l'idée que la science pourra un jour y répondre. La rigueur avec laquelle Carl Gillett déconstruit les positions traditionnelles et en propose des originales est plus que bienvenue, mais c'est surtout l'audace des thèses qu'il défend qui constitue le véritable atout de l'ouvrage. Il confesse être attiré par l'option du mutualisme, et avec celle-ci, par la possibilité d'une émergence d'entités nouvelles, mais souligne tout de même que les deux versions du fondamentalisme sont également valables. Concernant le mutualisme, il va proposer une forme de causalité descendante, la détermination machrétique, ou *machresis* (p. 207), qui va lui permettre de répondre à la critique célèbre de Jaegwon Kim<sup>1</sup> concernant l'inconsistance de l'émergence. Selon ce dernier, le concept d'émergence est inconsistant, car il suppose une auto-détermination de l'entité émergente — elle serait d'une certaine manière sa propre cause. Cela est effectivement contourné grâce à la *machresis*, puisque celle-ci serait une détermination descendante, mais de nature différente de la détermination montante, qui elle produit l'entité émergente. La *machresis* est contraignante, et non productrice. C'est là une des idées les plus intéressantes et possiblement fructueuses du livre de Gillett. C'est également avec cela que le travail de Gillett dépasse la simple approche historique et critique — même si cette partie est déjà pertinente et consistante en elle-même — et s'élève vers la proposition théorique.

Pour conclure, nous pouvons dire qu'au-delà d'une approche assez technique — il faut être déjà rompue au domaine de la réduction et de l'émergence pour entrer dans la lecture de cet ouvrage — et la particularité du traitement de la problématique, le texte de Carl Gillett pose une pierre solide et utile à un édifice majeur de la philosophie des sciences. Il ne résout pas toutes les questions et en amène d'autres en ne justifiant pas certains choix qu'il opère, mais nous offre des outils pour avancer dans ce débat. Son travail cohérent et massif est à mettre dans les mains de toute personne qui souhaite rafraîchir ses idées sur l'émergence et la réduction et qui désire voir autrement leur relation<sup>2</sup>.

ASTRID MODERA  
Université de Namur

WRAY (K. Brad), *Resisting Scientific Realism*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2018. – 224 p. – 1 vol. broché de 15,5 × 23,5 cm. – £ 49,26. – isbn 978-1-108-41521-7.

L'opposition entre réalisme et antiréalisme traverse toute l'histoire de la philosophie des sciences et continue à faire couler beaucoup d'encre aujourd'hui. Ces deux conceptions ont pris, au fil du temps, des formes différentes à mesure que des arguments en faveur de l'une ou de l'autre position étaient proposés. Il est certain que bon nombre des avancées

- 
1. KIM, J. (2014). *Trois essais sur l'émergence* (trad. M. Mulcey). Paris : Éditions d'Ithaque.
  2. Je me suis permise, comme vous l'aurez sans doute remarqué, de suivre l'exemple de Carl Gillett en utilisant la forme féminine comme signe du neutre. Tout au long de son livre, il utilise systématiquement le pronom *she* et le déterminant *her* lorsqu'il présente la position et les arguments des philosophes et scientifiques hypothétiques, indéterminées, défendant les théories qu'il présente. L'invisibilisation des femmes dans la recherche et dans la société en général passant en partie par la structure de la langue, j'ai trouvé cette initiative pertinente et ai par conséquent décidé de la reproduire dans ce compte-rendu.

dans le domaine de l'épistémologie ont été provoquées par ces attaques et défenses successives.

Dans cet ouvrage, K. Brad Wray, professeur associé à l'Université d'Aarhus et spécialiste de Thomas Kuhn, se propose de défendre une position antiréaliste tout en dressant un état des lieux des débats contemporains sur cette question.

Dans sa forme, le livre se divise en deux parties bien distinctes : dans la première, on trouve un examen très complet des principaux arguments contre le réalisme et dans la seconde, Wray montre comment un antiréaliste peut répondre de manière satisfaisante à ces arguments.

Si l'auteur affirme que ce livre n'est pas une introduction ou une revue du sujet, mais bel et bien une contribution à la recherche actuelle en philosophie des sciences, il faut admettre que le texte prend souvent, principalement dans la première partie, la forme d'un exposé assez généraliste. Ce n'est pas forcément un défaut : le lecteur peu familier avec la manipulation des arguments régulièrement utilisés en philosophie des sciences pourra sans crainte comprendre les enjeux primordiaux de l'opposition réalisme/antiréalisme sans avoir à affronter trop de détails techniques ou logiques.

La première partie passe notamment en revue deux des grands arguments qui sont souvent opposés au réalisme : la sous-détermination des théories par l'expérience et l'induction pessimiste. Ces deux arguments visent à attaquer le point de vue réaliste selon lequel la précision et l'adéquation avec l'expérience des théories scientifiques actuelles nous permettraient de déduire qu'elles sont vraies ou, au moins, partiellement vraies.

L'argument de la sous-détermination se base sur l'idée qu'une expérience n'est jamais suffisante pour totalement rejeter ou totalement accepter une théorie. Sur ce point, Wray utilise un exemple historique très parlant : le modèle ptoléméen faisait des prédictions plus précises et mieux vérifiées par les observations astronomiques que le modèle copernicien, du moins à ses débuts. Or, nous avons aujourd'hui totalement rejeté le géocentrisme. On voit donc qu'une adéquation avec des données d'observations ne garantit pas la vérité de la théorie, contrairement à ce que le réaliste dépeint par Wray prétend.

L'argument de l'induction pessimiste, quant à lui, avance le fait que toutes les théories qui étaient largement acceptées dans le passé et qui sont maintenant abandonnées ont, elles aussi, eu leurs heures de gloire. Sur cette base historique, nous pouvons raisonnablement penser que nos théories actuelles subiront le même sort et seront à leur tour remplacées par des théories plus performantes. Nous n'avons donc pas de bonnes raisons de croire en leur vérité, à moins de postuler une sorte de privilège épistémologique des scientifiques actuels, privilège dont il faudrait alors expliquer la nature exacte. Sur la question de l'induction pessimiste, on pourrait par exemple mentionner Einstein qui, après avoir exposé sa théorie de la relativité générale, avait affirmé que le travail des plus jeunes physiciens était maintenant de prouver qu'il avait tort, comme il l'avait lui-même fait avec la théorie newtonienne.

Dans la deuxième partie, Wray part de l'incapacité du réaliste à répondre de manière satisfaisante à ces arguments pour montrer comment un antiréaliste peut prendre en compte, dans son explication du fonctionnement de la science, les remplacements succes-

sifs des théories, le succès jamais égalé de certaines de nos théories actuelles ou le fait que des théories fausses puissent être confirmées par de nombreuses expériences.

La principale force de l'exposé de Wray est l'articulation logique de ses arguments ainsi que la clarté de son exposé. Le recours à de nombreux exemples historiques — on a déjà évoqué la succession des modèles astronomiques, mais on peut aussi mentionner l'établissement du tableau périodique de Mendeleïev — qui illustrent le propos permet de s'éloigner des considérations purement abstraites tout en donnant du corps aux différents arguments présentés.

Il y a toutefois un point sur lequel le livre peine à pleinement convaincre. S'il est admis depuis le début qu'il s'agit d'une défense de l'antiréalisme, on ne peut que constater une asymétrie un peu exagérée qui finit par affaiblir l'ensemble de l'ouvrage. Par exemple, si les arguments utilisés sont tout à fait recevables, il semble qu'ils attaquent surtout une position réaliste quelque peu caricaturale. Les réalistes contemporains sont en effet très au courant de toutes ces justifications et je ne pense pas que l'on puisse encore trouver quiconque pour défendre sérieusement la position critiquée dans l'ouvrage.

On peut donc reprocher à Wray d'attaquer une forme déjà très affaiblie du réalisme, alors que des formes plus évoluées — on pensera par exemple au réalisme structural — sont discutées depuis déjà plusieurs années et apportent bon nombre de réponses aux lacunes pointées dans ce livre. C'est aussi pour cette raison qu'en tant qu'introduction générale à l'épistémologie, cet ouvrage semble un peu trop partial pour constituer un tour d'horizon satisfaisant, ce qui est dommage au vu de la clarté de l'exposé. On conseillera donc au novice en la matière de chercher des points de vue complémentaires. Quant aux personnes déjà familiarisées avec ces problématiques, elles trouveront à n'en pas douter, principalement dans la seconde partie, des éléments de réflexion pertinents.

ANTOINE BRANDELET  
*Université de Mons*

## Sciences et religions

HAWKING (Stephen), *Brèves réponses aux grandes questions* / traduit de l'anglais par Tania DE LOEWE. — Paris : Odile Jacob, 2018. — 240 p. — (Sciences). — 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. — 19.90 €. — isbn 978-2-7381-4567-3.

Le titre modeste de l'ouvrage de Stephen Hawking a valeur de clarification par rapport au précédent ouvrage écrit en collaboration avec Léonard Mlodinov qui prônait ouvertement l'athéisme. Il confirme les positions qui s'y expriment, mais en les plaçant dans une perspective plus large, c'est un document important pour voir la relation entre « science et religion » et pour cette raison pourra servir à l'historien des idées ou au sociologue.

*Brèves réponses aux grandes questions* commence par un témoignage personnel : « Je suis un scientifique. Un scientifique profondément fasciné par la physique, la cosmologie, l'univers et l'avenir de l'humanité » (p. 29). En écrivant « la physique théorique m'a permis d'aborder de grandes questions », il fait de la physique un moment dans une quête qui

relève de ce que l'on appelle traditionnellement « métaphysique ». Le chapitre se poursuit par une présentation personnelle de sa maladie (pp. 31-37) et ensuite de ses travaux scientifiques dont il souligne la valeur : « Nous avons résolu la plupart des grands problèmes de la théorie des trous noirs avant même que l'on ait les premières preuves observationnelles de leur existence » (p. 38). C'est là une clé de la philosophie immanente à ses travaux : le primat de la construction théorique sur les observations. Cette conviction préside à la publication des ouvrages qui ont fait de lui un homme médiatique : « J'ai eu l'idée d'écrire un livre grand public sur l'Univers (*Une brève histoire du temps*). [...] La vraie raison était que je voulais raconter où nous en étions dans notre compréhension de l'Univers, et que nous étions tout près de trouver une théorie complète décrivant l'Univers et tout ce qui s'y trouve » (p. 43). Le succès médiatique du livre montre que ce projet rejoignait un large public fasciné par les résultats de la cosmologie où affleurent des questions métaphysiques. Le présent ouvrage est, d'une certaine manière, la mise en ordre de cette démarche : pointer les questions présentes au cœur du travail scientifique, tant pour la méthode, la théorie ou les applications. Dix questions s'enchaînent : « Dieu existe-t-il ? Comment l'Univers a-t-il commencé ? Y a-t-il de la vie intelligente ailleurs ? Peut-on prévoir l'avenir ? Qu'y a-t-il à l'intérieur d'un trou noir ? Peut-on voyager dans le temps ? Les Terriens vont-ils survivre ? Faut-il coloniser l'espace ? Serons-nous dépassés par l'intelligence artificielle ? Que nous réserve l'avenir ? ». La méthode suivie dans la réponse procède d'un *a priori* rationaliste.

Lorsqu'il aborde la question de l'existence de Dieu, Stephen Hawking donne une définition de la religion comme « une tentative de répondre aux questions que nous nous posons tous : pourquoi sommes-nous là, d'où venons-nous ? ». La référence aux dieux est justifiée selon la tradition épicurienne qui voit dans la peur la source du sentiment religieux : « Comme le monde était un lieu effrayant, les gens [...] croyaient que des êtres surnaturels se cachaient derrière les phénomènes naturels comme les éclairs, les tempêtes ou les éclipses » (p. 49). Stephen Hawking voit dans la religion la marque de l'ignorance : si la science donne des réponses, « beaucoup, qui ne comprennent pas la science et n'ont guère confiance en elle, s'en remettent toujours aux rassurantes explications religieuses » (p. 49). Dans cet esprit, Stephen Hawking fait l'éloge d'Aristarque de Samos qui le premier a dédivinisé les astres et vu que « l'Univers est une machine gouvernée par des lois – lois qui sont accessibles à l'esprit humain » (p. 51). Il ajoute : « Si vous admettez comme moi que les lois de la nature sont éternelles, alors vous devez vous demander quel est le rôle de Dieu » (p. 51). Vient alors l'affirmation : « J'utilise le mot Dieu dans un sens impersonnel, comme le faisait Einstein, en lieu et place des "lois de la nature" » et il explicite : « Pour moi, la question de l'existence de Dieu est une question scientifique » (p. 52). Face à la question de l'origine de l'Univers, la réponse est cohérente avec sa définition de Dieu : « Je pense que l'Univers s'est créé spontanément à partir de rien en obéissant aux lois de la nature. » La suite vient immédiatement contredire ce propos, en parlant de ce rien : « Il semble qu'il suffise de trois ingrédients pour le créer, trois ingrédients pour une recette de cuisine cosmique. Alors quelles sont les trois choses nécessaires pour faire un univers ? La première est la matière – tout ce qui a une masse. [...] Le deuxième ingrédient est l'énergie [...] Le troisième ingrédient pour faire un univers est l'espace. » Comme Stephen Hawking est conscient que c'est insuffisant, il poursuit : « D'où viennent la matière, l'énergie et l'espace ? » (p. 53). Après avoir noté qu'« on en avait aucune idée jusqu'au XX<sup>e</sup> siècle », il se réfère à la théorie du Big Bang considéré comme information sur un « commencement

absolu ». Cette notion, entendue littéralement, le conduit à ce constat circulaire : « Il n'y a rien avant le Big Bang car le temps n'existait pas encore. Nous voilà enfin avec une chose qui n'a pas de cause, puisque la notion de cause n'a pas de sens hors du temps. Pour moi, cela implique qu'il ne peut pas y avoir de créateur : il n'y a pas de temps dans lequel il aurait pu exister. » (p. 60) Ainsi la question de Dieu est vaine !

La question suivante (« Comment l'Univers a-t-il commencé ? ») est l'occasion d'un exposé de la théorie dite Big Bang dont la présentation est attribuée à Einstein. Il est étrange qu'Einstein soit considéré comme l'inventeur de ce modèle, alors qu'il l'a récusé lorsque son « premier inventeur » (Georges Lemaître) lui a présenté ses travaux. Évoquer cet épisode aurait conduit à voir la différence entre conceptualisations scientifique et philosophique.

Les questions suivantes traitent de l'exploration du cosmos. Elles ouvrent logiquement sur des questions d'actualité. Certaines sont scientifiques : l'intérieur d'un trou noir, le voyage dans le temps... D'autres sont sociopolitiques : la survie des Terriens, la colonisation de l'espace et l'avenir. On y voit paraître dans ces analyses l'importance des notions d'aléatoire et d'imprévisible. Ce point, qui aurait demandé un examen théorique, n'est relevé que comme un fait qui invite à la modestie sur les prévisions et les constructions théoriques en contraste avec l'ambition affirmée à propos de la connaissance de l'origine du monde. La vie est réduite à la fonctionnalité, celle d'un « système ordonné qui se maintient contre la tendance généralisée au désordre et est capable de se reproduire » (p. 87). D'autres questions sont plus immédiatement anthropologiques en ce sens qu'elles posent la question de l'intelligence : celle de la « vie intelligente ailleurs », mais aussi de l'intelligence artificielle. Cette étude ouvre sur une définition de l'intelligence. Là encore la vision est réductrice : « Je pense qu'il n'y a pas de différence qualitative entre le cerveau d'un ver de terre et un ordinateur. Et l'évolution a fait qu'il n'y en a pas non plus entre le cerveau d'un ver de terre et celui d'un homme » (p. 191). Stephen Hawking voit alors poindre la peur de voir la machine ou le système prendre le pouvoir ; il fait une mise en garde : « Notre avenir sera une course entre la technologie et la sagesse. Assurons-nous que la sagesse gagnera » (p. 201), mais hélas la notion de sagesse n'est pas définie de manière claire. Tel est sans doute le point aveugle du livre : l'intelligence n'est que puissance de calcul. S. Hawking ne soupçonne pas la richesse exprimée par le terme « esprit » dans la tradition dont il est l'héritier.

Les questions posées restent dans le champ d'une philosophie dont le trait caractéristique peut être appelé le réductionnisme : Toute chose ou phénomène s'explique par l'agencement de ses éléments constitutifs et l'unité n'est jamais posée comme principe d'être. La philosophie de l'émergence est ici souveraine, à partir du modèle standard qui présente la formation de l'univers par analogie avec la théorie de l'évolution des vivants et de l'humanité. Cela conduit vers une inquiétude renouvelée. Ainsi la boucle est bouclée. La religion est définie à l'origine comme née de la peur ; elle est rejetée au nom du savoir conquérant de la science ; mais celle-ci prend sa place et se trouve elle aussi face à l'imprévisible qui fait peur. La solution proposée est la colonisation d'espaces nouveaux, sans soupçonner ce qu'a de désespérant ce passage du pareil au même.

JEAN-MICHEL MALDAMÉ  
*Couvent des Dominicains (Toulouse)*

JAHAE (Raymond), *Von der Formel zum Sein : Der Wahrheitsanspruch des Christentums angesichts der Herausforderung durch die Naturwissenschaft in der Diskussion der Gegenwart*. – Würzburg : Echter Verlag, 2018. – 437 p. – (Religion in der Moderne ; 27). – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 42,00 €. – isbn 978-3-429-04468-8.

Écrit par Raymond Jahae, prêtre, docteur en philosophie et docteur en théologie, ce livre aborde le problème posé par la confrontation entre la revendication d'une vérité des contenus de la foi chrétienne (création, finalité, existence de l'âme, liberté de l'Homme, etc.) et les remises en question issues des sciences contemporaines de la nature (cosmologie, théorie de l'évolution, etc.).

Dans une première partie, l'auteur esquisse un panorama historique concis des relations entre la foi chrétienne et les sciences de la nature, depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours.

Ensuite, dans une deuxième partie, il donne des exemples actuels de la manière dont sont abordées ces relations, en étudiant la pensée de quatre auteurs. Michael Heller, cosmologiste, philosophe des sciences, théologien et membre de l'Académie pontificale des sciences, Hans-Dieter Mutschler, philosophe de la nature, Thomas Nagel, célèbre philosophe analytique, et Bela Weissmahr, philosophe jésuite, influencé par l'École de Joseph Maréchal (thomisme transcendantal). Le choix des auteurs est ici original et intéressant, car il rend bien compte des différentes positions et discussions sur les rapports « sciences-théologie ».

Finalement, les analyses des deux premières parties conduisent Raymond Jahae à un troisième moment de sa réflexion dans lequel il soutient que les résultats des sciences de la nature ne touchent pas les contenus de la foi. Pour comprendre les affirmations sur Dieu et la création, formulées par les philosophes ou scientifiques qu'il a convoqué, une réflexion métaphysique s'impose réfléchissant sur les conditions de possibilité de l'existence des étants.

Cet ouvrage est très intéressant. Il redonne une place à une véritable et profonde réflexion métaphysique qui souvent manque au sein des études actuelles sur les rapports entre sciences et foi chrétienne. On pourrait cependant se demander s'il est légitime, philosophiquement, d'immuniser complètement les sciences de toute portée métaphysique. Les sciences sont peut-être porteuses, en creux, d'une profonde « charge ontologique », d'une « métaphysique en esquisse » dont les traits indiqueraient un horizon qui, quant à lui, ne pourrait être atteint que par une authentique métaphysique non réductible aux sciences. La « forme » exhibée par les lois de la nature pourrait peut-être révéler quelque chose de « l'être », par la médiation d'une articulation, légitimement fondée, évitant tout concordisme réducteur.

Le livre a le grand mérite d'ouvrir à un débat, par-delà les positions naïves et réductrices concernant les relations entre sciences et religions, que l'on peut lire aujourd'hui, y compris sous la plume de grands scientifiques ou philosophes.

DOMINIQUE LAMBERT  
*Université de Namur*

THAYSE (André), *Science, foi, religions : irréductible antagonisme ou rationalités différentes ?* / avec la collaboration de Marie-Hélène THAYSE-FOUBERT ; préface de Jacques NEIRYNCK. – Louvain-la-Neuve : Academia-L'Harmattan, 2016. – 162 p. – (Sciences et enjeux ; 7). – 1 vol. broché de 13,5 × 21,5 cm. – 16,50 €. – isbn 978-2-8061-0304-8.

Cet ouvrage, dont les deux membres de l'alternative donnée en sous-titre renvoient respectivement aux points de vue de Jean Bricmont et d'Henri Atlan, est composé de deux parties totalement indépendantes : l'une, intitulée « Science et foi », plaide pour l'ouverture des sciences exactes aux autres formes de pensée dès lors que la démarche scientifique ne suffit pas à épuiser le réel ; l'autre, titrée « Évangile et religion », opère une confrontation (plus courte) entre les textes fondateurs du christianisme et la religion chrétienne. C'est bien sûr la première qui retiendra exclusivement notre attention.

Tributaire de l'interprétation de la mécanique quantique délivrée par Bernard d'Espagnat qui constitue son unique point de référence en la matière<sup>1</sup>, partisan de ce qui est en réalité une conception phénoménaliste de la science, adepte de la distinction entre une « réalité empirique » et une « réalité en soi » inaccessible à la démonstration scientifique, mais dont l'existence est hautement probable, l'auteur cherche à montrer ou du moins à suggérer : 1°) que cette distinction est pertinente ; 2°) que le dévoilement de cette réalité en soi n'est que partiellement opéré par la science (seulement susceptible de nous dire ce qu'elle n'est pas), de sorte qu'il convient de faire appel à des rationalités différentes pour poursuivre ce dévoilement ; 3°) que cette réalité en soi, située hors de l'espace et du temps, cause de tout ce qui existe dans la réalité empirique et indépendante de notre existence, peut être mise, par ses caractéristiques, dans une relation d'analogie avec le Dieu des chrétiens ; 4°) qu'à la distinction « scientifique » entre réalité empirique et réalité en soi correspond la distinction religieuse entre « Dieu de notre côté » et « Dieu de son côté ».

S'il paraîtra à certains suggestif et s'il a le mérite d'aborder des questions extrêmement profondes et délicates, cet ouvrage, qui avec sincérité mais sans doute naïveté met tous ses espoirs dans la mécanique quantique, semble méconnaître à quel point il est dangereux de se rendre tributaire d'une théorie scientifique, nécessairement passagère, et à quel point il est important non seulement de maîtriser en profondeur les sciences, la philosophie et la théologie, mais encore d'avoir intensément réfléchi à la manière de les articuler.

JEAN-FRANÇOIS STOFFEL  
Haute école Louvain-en-Hainaut

## Sciences et société

*Ce que la science sait du monde de demain : intelligence artificielle, transhumanisme, menace climatique, surpopulation... Notre vie en 2050* / sous la direction de Jim AL-KHALILI ; tra-

1. En l'occurrence ses ouvrages *Un atome de sagesse : propos d'un physicien sur le réel voilé* (1982), *Le réel voilé : analyse des concepts quantiques* (1994) et enfin *Traité de physique et de philosophie* (2002), auxquels vient s'ajouter *Regards sur la matière : des quanta et des choses* écrit en collaboration avec Étienne Klein.

duit de l'anglais par André CABANNES et Lionel POUSAZ. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2018. – 336 p. – (Quanto). – 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. – 18,50 €. – isbn 978-2-88915-240-7.

De tous temps, l'Homme a cherché à connaître son futur : oracles, devins, prophètes pullulent dans toutes les sociétés. Dans son domaine, le scientifique échantillonne, examine, décrit, expérimente, analyse, discute les résultats et interprète. Ses conclusions sont, à divers degrés, considérées comme une base de discussion dans les prises de décision : les travaux du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) demeurent une base de travail pour les (non) décisions du futur. Mais le scientifique est-il capable de prévoir les contours de la société du futur ? Est-il crédible et légitime pour le faire ? Vaste débat qui nous amène souvent à des positions variées, entre implication concrète des scientifiques dans la société et devoir de réserve, en passant par la « nécessaire neutralité ». Les prédictions quant à la façon dont les progrès de la science et de la technologie affecteront nos vies couvrent un vaste registre, depuis le certain jusqu'au totalement hypothétique. Imaginez-vous, il y a 20 ans, pouvoir être connecté en permanence, retrouver votre chemin sans une carte-papier, recevoir l'intégralité de votre ADN, discuter de panneaux solaires et d'éoliennes, ... ? Bien des domaines sont concernés. Le titre complet de l'ouvrage dresse quelques sujets potentiels : *Ce que la Sciences sait du monde de demain : intelligence artificielle, transhumanisme, menace climatique, surpopulation... Notre vie en 2050*.

Après une introduction concise, l'ouvrage s'articule en cinq chapitres : « L'avenir de notre planète », « L'avenir de l'humain », « L'avenir en ligne », « Créer l'avenir » et « L'avenir lointain ». Chaque chapitre contient quelques sous-chapitres, chacun écrit par un expert mondial, scientifique spécialiste dans son domaine.

« L'avenir de notre planète » traite de démographie, biosphère et changement climatique. Cela commence par quelques prédictions catastrophiques : « actuellement 750 millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable [...] elles pourraient être au nombre de trois milliards en 2025 » (p. 17). On pourrait d'emblée considérer cela comme une prophétie de malheurs, l'annonce de l'effondrement de la civilisation et de la fin du monde. N'est-ce pas plutôt un défi politique et technologique à relever ? Le scientifique étale ses hypothèses, ses résultats et ses interprétations. Il propose ensuite un constat, voire propose des pistes de solutions : « il s'agit plutôt d'un rappel de ce que devront être nos priorités à l'avenir. Certes la médecine personnalisée, les robots intelligents, l'exploitation minière des astéroïdes et la régénération d'organes sont des sujets passionnants (ou effrayants, selon le point de vue). Mais la disparition des besoins essentiels de l'humanité [...] n'est pas pour demain » (p. 17). Là est sans doute l'atout subtil de l'ouvrage : à côté des prédictions, peut-être vraies, sans doute fausses, le lecteur envisage ses priorités dans son futur mode de vie. Il lui faudra boire et manger, être en bonne santé, sûrement aimer, vraisemblablement rire, épisodiquement s'émerveiller... Il fera tout le reste si son futur le permet...

« L'avenir de l'humain » s'intéresse à l'avenir de la médecine, de la génomique et de l'ingénierie génétique, à la biologie de synthèse et au transhumanisme. En médecine, il est certain que, même en améliorant nos défenses face aux maladies actuelles, d'autres maux viendront les remplacer. De nouvelles idées, approches inédites, recherches originales à l'échelle mondiale permettront de relever le défi. « En définitive, notre salut dépendra de

l'interconnexion mondiale et de la collaboration qui en résultera » (p. 89). Et cela, quel que soit le futur annoncé !

« L'avenir en ligne » envisage notre monde connecté : cloud, internet des objets, cybersécurité, intelligence artificielle et ordinateurs quantiques. Cela facilitera notre vie et générera des avancées significatives dans de nombreux domaines, y compris en médecine. Cela est-il nécessaire ? Chacun aura son avis : « l'intelligence artificielle [...] sera omniprésente et incontournable » (p. 177), selon l'expert consulté... Préparons-nous donc ! Dans les années 1980, les ordinateurs commençaient juste à être des objets utilisés dans des cercles circonscrits. À cette époque, pas de distributeurs de billets, pas de smartphones, pas d'internet. De nombreuses tâches quotidiennes qui, aujourd'hui, semblent aller de soi n'existaient pas. De nos jours, les ordinateurs conventionnels sont partout : ils ont bouleversé nos vies. Les scientifiques et les responsables politiques ont inventé un qualificatif pour les technologies qui bouleversent nos vies : on les dit « disruptives ». Les ordinateurs ont radicalement et rapidement transformé nos vies. Il semblerait que les ordinateurs « quantiques », nouvelle version informatique, soient amenés à un futur similaire...

Le chapitre « Créer l'avenir » se focalise sur les matériaux intelligents, l'énergie, les transports et la robotique. Les objets autour de nous seront capables de sentir, bouger, réagir, s'adapter, changer de forme. L'énergie, service de base pour certains d'entre nous, est déjà un défi pour beaucoup d'humains sur la planète. À l'avenir, une certitude : notre relation à l'énergie va évoluer. La recherche d'une énergie *illimitée et propre* sera (est) un défi majeur ! Sans doute est-ce le chapitre dans lequel l'expert est le moins enclin aux certitudes, tant les incertitudes sont nombreuses, les voies multiples. Par ailleurs, bougerons-nous en véhicules autonomes ? Nos relations avec les robots seront-elles augmentées ? Si oui, comment ?

Dans un évident souci de continuité temporelle, le dernier chapitre dresse les grandes lignes des voyages interstellaires, de la colonisation du système solaire, avant de conclure par l'apocalypse et la téléportation dans le temps. Science-fiction ou réalité ? En 1968, dans *2001, l'Odysée de l'espace*, S. Kubrick décrivait-il correctement le monde futur ? Sans doute que marcher sur la lune, au début du XX<sup>e</sup> siècle, demeurait inenvisageable...

La quatrième page de couverture du livre conclut en toute modestie : « L'avenir, imprévisible par principe ? Détrompez-vous. Les scientifiques savent déjà à quoi ressemblera notre monde en 2050 ». Heureusement, le conditionnel, gage du nécessaire doute, est souvent utilisé dans le livre. Seule certitude : on aimerait être présent en 2050, un brin nostalgique (?), livre en poche ou tablette quantique à la main, pour vérifier tout cela...

JOHAN YANS  
Université de Namur

KAKU (Michio), *L'avenir de l'humanité : terraformage de Mars, voyages interstellaires, notre destinée en dehors de la Terre* / traduction de Paul DEPOVERE. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2019. – 384 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 20,00 €. – isbn 978-2-8073-2232-5.

Cette traduction de *The future of Humanity : Terratransforming Mars, Interstellar Travel, Immortality, and our Destiny beyond Earth* (Doubleday, NY, 2018) nous transporte dans le futur afin de « quitter la Terre, voyager vers les étoiles, chercher la vie dans l'Univers » de Michio Kaku. C'est un physicien (un des auteurs de la théorie des cordes), diplômé de Harvard. Il nous initie à son interrogation sur la façon dont l'humanité doit se préparer à quitter la Terre et à développer une nouvelle civilisation dans l'espace, avec pour premier objectif Mars, voire ensuite le franchissement de notre système solaire.

Des hommes ont quitté la Terre pour la première fois il y a 50 ans, l'occasion pour Michio Kaku, physicien de formation, spécialiste de la théorie des cordes, mais aussi futurologue, de s'interroger sur la façon dont l'humanité doit se préparer à quitter la Terre. Il annonce même : « Nous devons sérieusement envisager devoir un jour nous échapper de notre planète ou disparaître » (bande-annonce). Dans une première étape, il se pose les questions : comment les recherches avancées en robotique, en nanotechnologie et en biotechnologie nous permettraient-elles de terraformer et de construire des villes sur Mars ? (chap. 5) et pouvons-nous, ensuite, aller au-delà des frontières de notre système solaire ? (chap. 6).

Michio Kaku avait 22 ans en 1969 : il appartenait à l'armée américaine et s'entraînait dans l'infanterie, attendant un éventuel ordre pour combattre au Vietnam. Il introduit son ouvrage par une série impressionnante de remerciements : plus de 200 pionniers et précurseurs, dont 12 lauréats du prix Nobel, mais un seul des 12 marcheurs sur la Lune. Ces pionniers et précurseurs sont des astronomes, chimistes, futurologues, généticiens, informaticiens, médecins, physiciens, psychiatres, vulcanologues, ... mais aussi des écrivains, éditeurs de revues et politiciens. Il consacre les 50 premières pages à l'histoire de la conquête spatiale avec un point de vue plus politique et économique que scientifique ou technique. Puisque la Lune est notre plus proche voisine dans l'espace, il s'intéresse à elle comme destination de voyage à titre privé (il en évoque le coût et la préparation nécessaire !), puis comme base permanente pour aller plus loin. Il nous propose d'abord une description physique de l'origine et de l'évolution de notre satellite naturel. Viennent ensuite des informations sur l'exploitation minière du sol lunaire et des astéroïdes.

Aller plus loin, c'est obligatoirement tenter d'abord d'atteindre Mars et citant Buzz Aldrin : « Mars est là, attendant qu'on y mette le pied ! » (p. 79). Un projet qu'il choisit pour cette destination est celui d'Elton Musk, créateur de SpaceX, pour qui le but final est de « réduire le risque de l'extinction humaine en créant une vie multi-planétaire par l'établissement d'une colonie humaine sur Mars » (p. 79). Kaku tempère pourtant cet optimisme en signalant les multiples difficultés : comment prévenir les défaillances (il y en eut pas mal lors des expéditions lunaires) d'autant que le choix du type de fusée pour y aller n'est pas encore décidé et que l'assemblage de la fusée pour le retour (dans une station spatiale autour de la Lune ?) n'est pas prévu avant 2026. Comment d'autre part les organismes pourront supporter la durée de ce voyage en apesanteur ?

Au chapitre suivant, nous vivons sur Mars : « un jardin planétaire », on y fait du sport, on cultive pour se passer d'être approvisionné par les terriens. Utilisant les propositions de la science-fiction, mais aussi nos connaissances du sol et du sous-sol de Mars, Kaku aborde alors le terraformage (ou terraformation), une science qui étudie la transformation

de l'environnement naturel de cette planète afin de la rendre habitable, en réunissant les conditions d'une vie semblable à celle que nous connaissons sur terre. Après une éventuelle découverte de la vie sur Mars, ou après l'avoir importée, pourquoi pas rêver à pouvoir aller au-delà ? D'abord sur les lunes de Jupiter, ensuite sur celles d'Uranus et de Neptune ou sur une comète ? Kaku nous promène ainsi dans le système solaire à la lumière des informations qui nous sont fournies par les sondes spatiales. Nous achevons ici de lire le sixième chapitre d'un ouvrage qui en comporte 14 !

Dans les trois chapitres suivants, Kaku nous propulse vers les étoiles. Se référant toujours aux films de science-fiction, pas seulement ceux qui nous envoient vers des sites lointains, mais aussi ceux qui nous invitent à un « voyage au centre de la mémoire ». Il se base ici sur *Total Recall*, sorti en 1990, où le héros (incarné par Arnold Schwarzenegger) accepte de subir une transformation de son cerveau pour lui permettre de réaliser son rêve : vivre sur Mars. C'est l'occasion de nous introduire à l'intelligence artificielle, de penser à la création de robots superpuissants (qui risquent sans doute de devenir incontrôlables) et de machines apprenantes (dotées d'une autoconscience ?). La réalisation de ces rêves d'évasion passe par la conception de vaisseaux et de fusées d'un type nouveau (fusées à fusion nucléaire ? fusées à antimatière ?). Rien que ça ! Toutes ces étapes donnent l'occasion à l'auteur de faire allusion aux notions qu'il utilise dans son activité de physicien : trous de ver, équations d'Einstein, effet Casimir. Pour terminer cette deuxième partie, Kaku nous invite à méditer la citation de Nikola Tesla : « Le désir de connaître des choses à propos de nos voisins dans les étendues immenses de l'espace ne découle pas d'une curiosité gratuite ni d'une soif de savoir, mais bien d'une motivation plus profonde. Il s'agit en fait d'un sentiment solidement ancré dans le cœur de chaque être humain pour autant qu'il soit tout simplement capable de réfléchir. » (p. 187). Cette réflexion porte sur des questions comme : existe-t-il des systèmes solaires autres que le nôtre ? Comment détecter des exoplanètes ? Où sont les autres mondes habitables ?

Toutes ces spéculations nous amènent à imaginer la « vie dans l'Univers » avec pour idée directrice l'apophtegme de Sir Martin Rees (cosmologiste et astrophysicien anglais) : « Les siècles qu'impliquerait une traversée de notre Galaxie ne seront pas insurmontables pour des êtres immortels » (p. 205). Aborder l'immortalité passe par la manière de retarder le vieillissement, mais *quid* alors de la surpopulation si on visait à rendre les hommes immortels ? Ce sont des thèmes que Kaku a développés dans diverses émissions en radio et télévision. Il discute en particulier de l'immortalité numérique qui résulterait d'une numérisation du cerveau.

Pour augmenter nos performances, il faudra penser transhumanisme : mouvement culturel et intellectuel prônant l'usage des sciences et des techniques afin d'améliorer la condition humaine par l'augmentation des capacités physiques et mentales. Pour y parvenir, faut-il modifier notre ADN ? Faut-il chercher à éliminer les gènes létaux ? Les aspects éthiques de ces pratiques conduisent à d'importantes controverses.

Moins polémique est la recherche d'une vie extraterrestre avec les télescopes les plus puissants afin de saisir les transmissions éventuelles émanant de civilisations extraterrestres, même plus avancées que la nôtre. Peut-on envisager le portage par laser vers les étoiles, les voyages à vitesse supraluminique ? À la fin de son ouvrage, Kaku revient sur ses activités de

physicien théoricien et nous parle du flou quantique, de la théorie des cordes, de l'hyperespace, de la matière noire.

La dernière citation de Stephen Hawking s'inscrit dans les espoirs de Michio Kaku : « Notre seule chance de survie à long terme n'est pas de nous voiler la face sur notre planète Terre, mais d'atteindre l'espace... Mais je reste optimiste. Si nous réussissons à éviter un désastre durant les deux siècles à venir, notre espèce sera en sécurité pour autant que l'on se disperse dans l'espace. Dès l'instant où nous y aurons établi des colonies indépendantes, notre avenir tout entier sera assuré » (p. 335).

Pour passer du rêve à la réalité, le premier effort ne devrait-il pas venir des généticiens pour allonger la vie moyenne des humains d'un ordre de grandeur ! Mais avons-nous le droit de nous engager dans pareille démarche ?

GUY DEMORTIER  
Université de Namur

BATTU (Daniel), *L'histoire et l'économie du monde accompagnées par les TIC*. – Londres : ISTE éditions, 2018. – 220 p. – (Histoire des sciences et des techniques). – 1 livre électronique. – 9,90 €. – isbn 978-1-78406-366-5.

Ce livre se veut un cri d'alarme. En effet, dès l'avant-propos, l'auteur, consultant en réseaux et en technologies de l'information, pose la question suivante : « Qui aujourd'hui, dans ce monde en désordre, qui dispose pourtant d'un réseau de communication unifié et performant, peut faire entendre la voix du bon sens et ramener à la raison les acteurs économiques inconscients et divisés ? » (p. 14).

Dans son introduction, Battu précise que sa démarche « consiste à procéder à l'analyse des faits marquants de l'histoire de l'information et de la communication afin de mettre en évidence leurs caractéristiques immuables dominantes » (p. 17).

Dans le premier chapitre, le consultant retrace, entre autres, l'histoire du langage puis de l'écriture et celle des bibliothèques. Puis, il évoque le passage de l'analogique au numérique. Ensuite, il tente de relever certaines constantes et aussi certaines limitations des TIC.

Le chapitre suivant a pour thème : « Les TIC à travers l'histoire ». Il est subdivisé en dix paragraphes, respectivement qualifiés comme suit : « Les dynamiques sous-jacentes », « Savoirs et économie », « Élitisme », « La vie sociale face aux diversités », « Évolution des métiers », « L'innovation, une démarche constante de l'Humanité », « Distribution des richesses au cours du temps », « La révolution industrielle », « Le mythe de l'équilibre par la réglementation », « Les constantes relevées » (cf. table des matières, p. 7).

Le chapitre 3 passe en revue et commente les innovations récentes apportées par les TIC. C'est ainsi qu'il décrit de façon très intéressante, notamment, les plateformes informatiques. Il évoque aussi des nouveautés qui se profilent. Et il « se termine par un bilan et une liste de souhaits de réalisations supposées capables de résoudre les contradictions sociales de ces innovations » (p. 18).

Dans le chapitre 4, Battu commence par analyser les rapports entre le numérique et la mondialisation. Ensuite, il détaille l'état actuel du numérique selon différentes localisations : l'Europe, l'Afrique, la Chine (en 8 pages passionnantes), l'Inde et la Russie.

Le dernier chapitre concerne « La problématique des TIC ». L'auteur en propose lui-même la synthèse suivante : « La mondialisation des échanges et la couverture mondiale d'Internet imposent des décisions d'ordre technique et réglementaire qui devraient être mises en œuvre de façon urgente et concertée » (p. 19). Pour justifier cette affirmation de Battu, je me permets d'épingler ici le détail de ses préoccupations que je trouve percutantes : « La disponibilité de fonds financiers sans affectation, de taux d'intérêt très bas, la concurrence entre de nombreuses unités de recherche, font que probablement des projets frisant l'utopie sont pris en considération par des investisseurs irresponsables. La science ne peut pas permettre de réaliser les rêves les plus fous. La mission des technologies devrait se focaliser en priorité sur les solutions des problèmes les plus urgents, dont ceux liés à l'aide aux plus démunis, à la réduction de l'inégalité entre les citoyens, à la survie de l'espèce humaine sans dégradation de la planète et à une meilleure connaissance de notre monde » (p. 180). Je note aussi l'importance potentielle accordée par Battu à l'Unesco : selon l'auteur, cet organisme a, en effet, « un rôle complémentaire à jouer dans le renforcement des fondations pour une paix et un développement équitable et durable. [...] Il semblerait nécessaire que l'Unesco ait, de par sa mission générale, vocation à intervenir auprès des instances de normalisation [...] » (pp. 184-185).

Ce livre présente de grandes qualités pédagogiques : il est très structuré et pourvu de précieux outils, tels que des annexes (avec notamment des tableaux récapitulatifs) et un glossaire. Mais il est, me semble-t-il, plus propice à la consultation ou à l'accompagnement d'un cours magistral (dont il pourrait d'ailleurs être le syllabus) qu'à une lecture continue et suivie. D'autre part, la façon dont l'ouvrage est structuré me paraît améliorable. (À titre informatif, j'ai délibérément repris ci-dessus les subdivisions du chapitre 2 : au lecteur donc de se faire une opinion personnelle à ce sujet.)

Par ailleurs, le texte est très bien documenté en ce qui concerne les réseaux de télécommunications et les événements actuels ou appartenant à un passé proche. En revanche, il est plus faible au niveau de l'histoire plus ancienne (cf. notamment chapitres 1 et 2), ne recourant à ce sujet qu'à des références peu nombreuses et généralement peu récentes. Il contient même une grossière erreur lorsqu'il affirme que « l'être humain s'est campé sur ses deux jambes » il y a seulement 300.000 ou 50.000 ans (p. 21). *Homo erectus* qui a émergé il y a environ deux millions d'années était, en effet, déjà doté d'une bipédie exclusive parfaite. Il est vrai que Battu lui-même plaide coupable dans son avant-propos : « Compte tenu de l'ampleur du thème, l'auteur compte sur l'indulgence du lecteur » (p. 14).

MARIE D'UDEKEM-GEVERS  
*Université de Namur*

## Mathématiques

COLLION (Stéphane), *Voyage dans les mathématiques de l'espace-temps : trous noirs, big-bang, singularités*. – Les Ulis : EDP sciences, 2019. – 208 p. – (Une introduction à). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 29,00 €. – isbn 978-2-7598-2279-9.

Depuis 2015, la relativité générale a connu un formidable regain d'intérêt, dans la communauté scientifique, mais également dans les médias généralistes, avec la détection expérimentale des ondes gravitationnelles et la captation de la première image d'un trou noir par les expériences LIGO et *Event Horizon Telescope* respectivement. Il est dès lors compréhensible que des auteurs contemporains s'essaient à vulgariser cette théorie : Stéphane Collion en fait partie et nous propose un *Voyage dans les mathématiques de l'espace-temps : trous noirs, big-bang, singularités*.

Pour tout physicien désireux de présenter un pan de cette science au grand public se pose une question à résoudre d'emblée : quelle place donner aux mathématiques ? En effet, si la mécanique newtonienne fait majoritairement appel à des outils « classiques » — rencontrés dans un parcours scolaire scientifique —, les développements du XX<sup>e</sup> siècle font intervenir des concepts beaucoup moins répandus (tenseurs, formes différentielles, etc.). La plupart des ouvrages de vulgarisation consacrés à la physique moderne omettent les formules mathématiques, ce qui, on le comprend, est une source de frustration pour leurs auteurs : ne ment-on pas au public en lui cachant ce qui constitue le cœur de la physique ? La consolation viendra de ce qu'en se focalisant plutôt sur des aspects graphiques ou sur des analogies pertinentes, un nombre maximal de lecteurs pourra tirer du texte l'information souhaitée et un enrichissement intellectuel. Stéphane Collion, pour sa part, a choisi une autre option : « [...] je n'ai pas cherché à cacher les formules... Je trouve cela malhonnête » (p. v), déclare-t-il dans l'avant-propos. Le pari est risqué : l'auteur et le lecteur en sortent-ils gagnants ?

*Voyage dans les mathématiques de l'espace-temps* débute par une indispensable introduction à la relativité restreinte, abordée sous l'angle du calcul vectoriel et de la représentation dans un diagramme d'espace-temps de nombreux phénomènes au parfum de science-fiction (dilatation des temps, contraction des longueurs, perte de la simultanéité, etc.). Cette approche graphique est élégante et réussie. Tout au plus peut-on regretter un manque d'uniformité dans les notations : le symbole  $\cdot$  désigne aussi bien le produit usuel entre deux nombres que le produit scalaire en espace euclidien ou de Minkowski, et la norme d'un vecteur est notée tantôt  $|\vec{v}|$  tantôt  $\|\vec{v}\|$ . Cette multiplication des conventions d'écriture peut rapidement introduire de la confusion chez les lecteurs les moins familiers avec les mathématiques. Mentionnons en complément d'information les premiers chapitres d'un ouvrage tel que celui de C. Semay et B. Silvestre-Brac (*Relativité restreinte*, Dunod, 2016), adoptant la même approche que S. Collion, mais de manière plus précise et détaillée.

La relativité générale vient ensuite, accompagnée d'une introduction à la géométrie riemannienne qui en constitue la base formelle. Sont plus spécifiquement abordées, dans la deuxième moitié du texte, les fascinantes solutions de l'équation d'Einstein que sont les trous noirs, l'Univers en expansion et le big-bang, ainsi que les trous de vers. S. Col-

lion se risque même à aborder les fameux théorèmes de singularité de Penrose et Hawking, montrant de manière générale, grâce à des outils topologiques, que l'existence de ce type de singularités n'est pas un artifice mathématique, mais bien une propriété inhérente à la relativité générale. La démarche est ambitieuse, mais, malheureusement, se heurte à la complexité des outils mathématiques, malgré tout bien trop grande pour un texte destiné au grand public. Pour rester fidèle à son principe d'honnêteté intellectuelle, S. Collion est amené à écrire des phrases pour le moins déroutantes. Un exemple résume parfaitement l'impasse dans laquelle cet ouvrage emmène son lecteur (figure 4.14) : « Pour se donner une idée de la complexité de la courbure, voilà sa "formule" dans une carte :

$$R^{\alpha}_{\beta\mu\nu} := \frac{\partial\Gamma^{\alpha}_{\beta\nu}}{\partial x^{\mu}} - \frac{\partial\Gamma^{\alpha}_{\beta\mu}}{\partial x^{\nu}} + \Gamma^{\alpha}_{\sigma\mu}\Gamma^{\sigma}_{\beta\nu} - \Gamma^{\alpha}_{\sigma\nu}\Gamma^{\sigma}_{\beta\mu} \quad \text{avec} \quad \Gamma^{\nu}_{\mu\nu} = \frac{1}{2}g^{\sigma\nu}\frac{\partial g_{\sigma\mu}}{\partial x^{\mu}}.$$

Cette formule est à apprécier ici comme un tableau... » (p. 100). Comment un lecteur découvrant la relativité générale peut-il réagir face à une telle déclaration, qui sonne comme un aveu d'échec ? Au mieux, il passera à la ligne suivante, espérant trouver une description plus littéraire des notions présentées. Au pire, il sera irrité par cette exhibition mathématique qui accentue son sentiment d'ignorance — l'auteur, *lui, sait* ce que signifie cette formule.

Le texte se termine par des réflexions de S. Collion sur la nécessité de développer la culture scientifique du grand public et quelques vituperations sur l'inaction des gouvernements français dans ce domaine. Ce dernier chapitre, s'il n'est pas inintéressant, aurait été plus pertinent dans une carte blanche adressée à un quotidien national qu'en conclusion du présent ouvrage.

Au final, il semble que S. Collion ait perdu son pari : montrer les mathématiques est sans doute plus exact, mais conduit à un livre ardu, imprécis, ne pouvant appartenir à une collection qui se targue de « faire connaître à un large public les avancées les plus récentes de la science » (4<sup>e</sup> de couverture).

FABIEN BUISSERET  
Haute école Louvain-en-Hainaut

WILLEM (Michel), *Les diagonales de l'infini*. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2019. – 72 p. – (L'Académie en poche). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 7,00 €. – isbn 978-2-8031-0670-7.

Voici un petit livre — 65 pages —, justement dans une collection de l'Académie qui se veut de poche, mais qui en vaut de bien plus épais parce qu'il donne à réfléchir en douceur, aussi bien aux mathématiciens chevronnés qu'à tous ceux simplement curieux des choses de science. Avec l'avantage d'un titre mystérieux pour les non habitués : il se décline en trois « diagonales », avec peut-être une allusion à Lewis Carroll lorsque son Alice s'ennuyait : « *what is the use of a book without pictures or conversations ?* ». Il y a bien des figures, et même un tableau ; la conversation se fait avec l'auteur qui mène la danse : je laisse à chacun le plaisir de découvrir comment l'on démontre géométriquement l'irrationalité

de la racine carrée de 2 juste en insérant sur deux angles opposés deux carrés de mêmes aires dans un carré d'aire double. Soyons aussi sage qu'Alice en évoquant les trois noms associés à une diagonale, celui de Pythagore, le célèbre auteur du VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère, celui de Georg Cantor (1845-1918), l'inventeur de la théorie des ensembles, et enfin celui de Kurt Gödel (1906-1978), le logicien qui a démontré en 1931 qu'il existait dans tout système axiomatique formalisé un peu riche des propositions vraies, mais indémontrables par les seules règles dudit système. La première diagonale est donc tout simplement celle d'un carré de côté de longueur unité, et elle sert pour l'irrationalité déjà dite. La deuxième diagonale est celle de Cantor, à partir d'un tableau de nombres où l'on aurait placé ligne après ligne les nombres réels entre 0 et 1 supposés numérotés et écrits en écriture décimale illimitée. Enfin, une dernière diagonale vient de Gödel, sur sa preuve, exhibée en quelques lignes. Bref, c'est cette très belle concision qui fait la grande valeur de ce livre de Michel Willem que je recommande sans la moindre réserve.

Je me permets juste de dire qu'il aurait été judicieux, quitte à alourdir, d'expliquer combien la belle preuve géométrique de l'irrationalité bluffe d'autant plus qu'elle est relativement récente, et en tout cas ignorée des Grecs anciens. Un rien d'histoire aurait fait l'affaire. Il me semble que la même question se pose pour la preuve de Cantor, qui était en premier une preuve géométrique à partir de ce qu'on a appelé les segments emboîtés, et non le procédé dit diagonal. Il est passionnant qu'Alan Turing ait, dans un célèbre article de 1936 sur sa machine, utilisé le procédé diagonal au profit des nombres dits calculables, ou sortis de sa « machine ». Plus exactement, Turing montre que le procédé diagonal ne peut pas être utilisé pour conclure que les nombres calculables ne peuvent pas former un ensemble dénombrable. Se pose donc la question de savoir pourquoi le simple ne vient pas toujours d'abord ? Avec bien sûr la difficulté de définir ce qu'on appelle simple, et de lui associer le beau. Mais au moins le lecteur est convaincu à cette lecture qui, je le répète, est bien douce, de l'existence pratique de cette simplicité.

JEAN DHOMBRES

*Centre national de la recherche scientifique &  
École des hautes études en sciences sociales*

## Physique

PETRINI (Michela) - PRADISI (Gianfranco) - ZAFFARONI (Alberto), *A Guide to Mathematical Methods for Physicists : Advanced Topics and Applications*. – London : World Scientific, 2019. – 296 p. – (Advanced Textbooks in Physics). – 1 vol. broché de 15 x 23 cm. – 40,00 £ – isbn 978-1-78634-704-6.

Dans un premier volume, que j'ai analysé récemment dans cette revue (vol. 190, 2019, n°1-2, pp. 237-238), les trois auteurs avaient décrit les méthodes mathématiques de base dont ont besoin les physiciens pour maîtriser la mécanique quantique. Ce volume comportait, d'une part, l'analyse complexe, d'autre part, les espaces fonctionnels, en particulier l'espace de Hilbert de dimension infinie et les opérateurs qui y vivent. Dans ce deuxième volume, les auteurs poursuivent leur entreprise à un niveau plus avancé. Alors que le pre-

mier volume visait un public d'étudiants, physiciens ou ingénieurs, de niveau deuxième ou troisième bachelier, celui-ci s'adresse au niveau master.

L'ouvrage comporte trois parties : analyse complexe, équations différentielles et espace de Hilbert. Dans la première (chap. 1 à 3), qui se base sur la section du même nom du premier volume, on commence par étudier les transformations conformes des fonctions holomorphes. On passe ensuite à la transformation de Laplace, qui peut être vue comme une généralisation holomorphe de la transformation de Fourier, puis à une étude très fouillée des développements asymptotiques et de leur multitude d'incarnations : intégrales de Laplace et de Fourier, méthodes de la phase stationnaire et du point de selle.

La seconde partie (chap. 4 à 7) démarre avec le problème de Cauchy pour les équations différentielles ordinaires, suivi par les problèmes liés aux conditions aux frontières, problème de Dirichlet et équations de Sturm-Liouville. On retrouve ici les polynômes classiques (Hermite, Legendre, Laguerre) et les harmoniques sphériques. Vient ensuite une étude systématique des fonctions de Green, traitées correctement comme des distributions. Comme toujours, la théorie est illustrée par de nombreux exemples classiques d'équations différentielles linéaires : équations de Poisson, de Laplace, de Gauss, équation de la chaleur, équation des ondes, fonction de Green avancée ou retardée. Au chap. 7 enfin, on étudie la résolution d'équations différentielles par développement en série autour d'un point critique et on retrouve les cas classiques, Hermite, Legendre, Bessel, équation hypergéométrique (normale ou confluyente).

La troisième partie, intitulée « Espaces de Hilbert », comporte deux chapitres (chap. 8 et 9). Le premier présente la théorie des opérateurs compacts et des équations de Fredholm. Quant au second, c'est un mini-cours de mécanique quantique : équation de Schrödinger, formalisme probabiliste, problèmes classiques (oscillateur harmonique, atome d'hydrogène, effet tunnel, ...), approximation WKB.

L'ouvrage se termine par deux appendices : d'abord un bref rappel des notions vues dans le premier volume, ensuite la résolution explicite de tous les exercices proposés.

On retrouve ici les qualités rencontrées dans le premier volume : clarté, pédagogie, rigueur mathématique. Comme le précédent, il est orienté davantage vers la compréhension et les applications, présentées tantôt dans le texte, tantôt dans les exercices, plutôt que sur le développement de la théorie elle-même. Ici aussi, je ne peux que me féliciter de trouver un ouvrage de cette qualité, et donc de le recommander sans réserve, y compris aux enseignants des méthodes mathématiques de la physique.

JEAN-PIERRE ANTOINE  
*Université catholique de Louvain*

GAO (Shan), *The Meaning of the Wave Function : In Search of the Ontology of Quantum Mechanics*. – First paperback edition. – Cambridge : Cambridge University Press, 2018. – 190 p. – 1 vol. broché de 18 × 25.5 cm. – 31.78 \$. – isbn 978-1-108-46423-9.

Shan Gao est un philosophe de la physique, professeur de philosophie, Research Center for Philosophy of Science and Technology, Shanxi University, et Visiting Profes-

sor, University of Chinese Academy of Sciences. Auteur prolifique de nombreux livres et articles tant spécialisés que destinés à un large public, sa recherche se situe principalement en philosophie et en histoire de la physique et porte en particulier sur les fondements et l'ontologie de la mécanique quantique.

Dans le présent ouvrage, il aborde la question, ô combien délicate et controversée, de la « signification » de la fonction d'onde, question qui a fait, et fait encore, l'objet de vifs débats depuis les débuts de la mécanique quantique.

Pour répondre à cette question, il a développé une approche originale basée sur l'idée que la fonction d'onde décrit le mouvement discontinu et aléatoire de particules « réelles » (*Random Discontinuous Motion (RDM) of Particles*).

Ce modèle est développé dans les chapitres 6 et 7 (« Ontology of Quantum Mechanics » (I) et (II)), mais au préalable, Gao brosse un vaste panorama, pédagogique et bien argumenté, des différentes manières dont la question de la nature de la fonction d'onde peut être posée et replace son approche RDM dans un contexte plus large.

Ainsi, dans le premier chapitre (« Quantum Mechanics and Experience »), un exposé standard du formalisme de la mécanique quantique est rappelé ainsi que le lien entre ce formalisme et l'expérience. Il est à noter que la notion de « mesure protectrice », introduite par Aharonov, Anandan et Vaidman et qui joue un rôle clef dans la suite de son exposé, y est déjà présentée.

Dans les chapitres 2 (« The Wave Function : Ontic versus Epistemic ») et 3 (« The nomological view »), Gao aborde de plain-pied la question de la nature de la fonction d'onde : représente-t-elle la réalité ( $\Psi$ -Ontic) ou plutôt notre connaissance de la réalité ( $\Psi$ -Epistemic), comment interpréter sa « multidimensionnalité », la réduction du paquet d'ondes et les théorèmes  $\Psi$ -Ontologiques ?

Au chapitre 4 (« Reality of the Wave Function »), l'auteur invoque un critère de « réalité » assez faible basé sur la notion de « mesure protectrice », mesure durant laquelle le système mesuré n'est pas perturbé, la fonction d'onde déterminant le résultat de la mesure. Ceci le conduit, après un bref chapitre 5 (« Origin of the Schrödinger Equation »), à affirmer que la fonction d'onde d'un système quantique représente l'état physique d'un système unique. Fort de ce résultat, il pose au début du chapitre 6 (« The Ontology of Quantum Mechanics (I) »), la question : comment en mécanique quantique la charge de l'électron est-elle distribuée ? À la lumière des résultats obtenus auparavant, il arrive à la conclusion que le principe de superposition de la mécanique quantique impose que la distribution de charge d'un système quantique tel que l'électron soit effective, qu'à chaque instant il n'y ait qu'une particule localisée portant la totalité de la charge du système et que, durant un intervalle de temps infinitésimal, le mouvement aléatoire de la particule soit à l'origine de la distribution effective de la charge (*Picture of Random Discontinuous Motion of Particles*).

Au chapitre 7 (« The Ontology of Quantum Mechanics (II) »), cette description d'une particule par mouvements aléatoires discontinus est généralisée aux systèmes composés de  $N$ -particules et Gao défend l'idée que la fonction d'onde d'un système quantique

à  $N$ -corps représente l'état de mouvement aléatoire des  $N$  particules dans l'espace physique à trois dimensions et, en particulier, que le module au carré de la fonction d'onde soit la probabilité que les particules apparaissent dans chaque groupe possible des positions dans l'espace.

Remarquons en passant qu'en bon historien des sciences, il consacre un paragraphe de ce chapitre à l'histoire des modèles basés sur le mouvement aléatoire et discontinu des particules, depuis Épicure jusqu'à la théorie d'Everett (revue par Bell) en passant par Bohr et Schrödinger.

Dans le chapitre 8 (« Implications for Solving the Measurement Problem »), Gao étudie comment son modèle RDM peut contribuer à éclairer le problème de la mesure, autre problème emblématique et controversé dans le domaine des fondements de la mécanique quantique. La réponse apportée est un modèle de réduction spontanée de la fonction d'onde, mais, alors que les autres modèles de réduction spontanée postulent l'ajout d'un terme aléatoire à l'équation de Schrödinger, dans le cas du modèle de Gao, c'est le caractère aléatoire des mouvements des particules qui est à l'origine de la réduction du paquet d'ondes. Il est à noter qu'un des avantages de son modèle est de préserver la conservation de l'énergie.

Le chapitre 9 (« Quantum Ontology and Relativity ») aborde brièvement un autre grand problème de la physique contemporaine, à savoir la compatibilité entre la mécanique quantique et la relativité. La confrontation avec la relativité pose problème, car elle provoque une forte « distorsion » de l'image RDM des particules, ce qui conduit Gao à faire appel à la solution bien connue qui consiste à introduire un référentiel privilégié.

Enfin, le livre se termine par un agréable épilogue où l'auteur retrace son cheminement philosophique en le situant dans une perspective plus large.

Pour conclure, s'il est clair que le modèle RDM des particules ne va pas clore les débats sur l'ontologie de la mécanique quantique, le livre de Shan Gao n'en demeure pas moins un très bel exemple de texte de philosophie de la physique, parfois assez déroutant et éloigné des préoccupations des physiciens « non-philosophes », mais qui a le très grand mérite de donner un compte rendu « pointilleux », voire « pointilliste », des arguments et contre-arguments que l'on peut trouver dans la littérature. À ce titre, cet ouvrage peut être recommandé à toute personne s'intéressant aux fondements de la mécanique quantique.

De plus, et ce n'est pas le moindre attrait de ce livre, la plupart des chapitres contiennent d'excellentes introductions pédagogiques et bibliographiques aux questionnements, sans cesse renaissants, de ce domaine clef de la philosophie de la physique. À cet autre titre, l'ouvrage peut aussi être recommandé comme une très bonne introduction au monde de la philosophie de la physique quantique.

ANDRÉ NAUTS  
*Université catholique de Louvain*

COHEN-TANNOUJDI (Claude) - DIU (Bernard) - LALOË (Franck), *Mécanique quantique*. – Nouvelle édition. – Paris : CNRS Éditions ; Paris : EDP Sciences, 2018-2019. – xxi, 930 p. ; xix, 776 p. ; xix, 797 p. – (Savoirs actuels - Physique). – 3 vol. reliés de 16,5 × 24,5 cm. – 64 € + 64 € + 64 €. – isbn 978-2-7598-2287-4 + isbn 978-2-7598-2286-7 + isbn 978-2-7598-2335-2.

Dans les années 1960, la « bible » en français pour la mécanique quantique (MQ) était l'ouvrage en 2 volumes de A. Messiah. En 1973, ce rôle fut repris par la première édition du traité de Cohen-Tannoudji, B. Diu et F. Laloë, en 2 volumes également. Et voici maintenant la nouvelle édition de ce dernier, passée à 3 volumes, pour un total impressionnant de 2400 pages !

Dans cette nouvelle version (très attendue, selon l'éditeur), les auteurs ont conservé la structure originelle. Chacun des 21 chapitres est suivi de plusieurs compléments, en nombre variable, qui illustrent les méthodes et les concepts qui viennent d'être introduits. Ces compléments, qui sont indépendants les uns des autres, présentent différentes applications et des prolongements intéressants. En outre, à chaque chapitre, ils sont précédés d'un guide de lecture. Les auteurs insistent beaucoup sur le fait que les compléments ne doivent en aucun cas être étudiés systématiquement.

Le tome I présente d'abord une introduction générale du sujet, suivie d'un chapitre détaillé sur les outils mathématiques nécessaires. Viennent ensuite la description des postulats de la MQ, puis les grandes applications classiques : spin  $\frac{1}{2}$  et systèmes à deux niveaux, oscillateur harmonique 1-D, moments cinétiques, atome d'hydrogène. Ce premier tome diffère peu de celui d'origine.

Le tome II poursuit selon la même ligne, à un niveau un peu plus élevé : théorie des collisions, spin, composition des moments cinétiques, calcul des perturbations indépendantes ou dépendantes du temps, particules identiques et statistique. Ici, plusieurs nouveaux compléments ont été ajoutés, consacrés aux perturbations aléatoires et à la relaxation.

Le tome III, entièrement nouveau, est essentiellement une introduction à la théorie quantique des champs. Les chapitres 15 à 17 donnent les bases : opérateurs de création et d'annihilation, opérateur de champ,  $\gamma$  compris en présence de particules identiques. Les chapitres 18 à 20 sont consacrés à la physique atomique. Après un bref rappel d'électromagnétisme classique, on passe en revue sa quantification, puis les interactions photon-atome. Le dernier chapitre, plus inattendu, mais bienvenu dans un cours de base, introduit la notion d'intrication quantique (*entanglement*) et les inégalités de Bell.

Les tomes I et II diffèrent relativement peu de l'ouvrage original et constituent toujours un bel outil pour un cours de base de MQ, destiné aux étudiants de deuxième ou troisième bachelier. En particulier, l'articulation chapitre/compléments offre de nombreuses extensions intéressantes, sans alourdir exagérément le texte. Quant au nouveau tome III, destiné plutôt aux étudiants de master, il complète harmonieusement l'ouvrage en ouvrant la porte à de nombreuses applications, en particulier en physique atomique. Il pave ainsi la voie à des textes plus élaborés, par exemple, *Advances In Atomic Physics : An Overview*, par (le même) C. Cohen-Tannoudji et D. Guery-Odelin, World Scientific, 2011. Nul doute

que ce nouveau cours jouera dans l'avenir le même rôle central dans l'enseignement de la MQ en milieu francophone que son prédécesseur.

JEAN-PIERRE ANTOINE  
*Université catholique de Louvain*

## Sciences de la Terre

LÉVÊQUE (Christian), *La biodiversité : avec ou sans l'homme ? Réflexions d'un écologue sur la protection de la nature en France*. – Versailles : Éditions Quæ, 2017. – 127 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 20,00 €. – isbn 978-2-7592-2687-0.

Décapant comme toujours, cet ouvrage de Lévêque interpelle d'emblée le lecteur par son titre cataclysmique. Car, à l'évidence, les systèmes écologiques sont, du moins en métropole française, tous anthropisés depuis longtemps et nécessitent une approche systémique qui tienne compte de l'ensemble des changements tant positifs que négatifs qu'a connu et continue à connaître notre nature, qui n'a plus rien de « pristin ». D'ailleurs que signifie biodiversité, mot-valise, à ne pas confondre avec diversité biologique, dans lequel chacun projette sa propre vision de la nature, en en stigmatisant le plus souvent sa destruction et en annonçant la catastrophe imminente, la sixième extinction massive pourtant bien mal étayée du point de vue scientifique. En conséquence, le paradigme des systèmes à l'équilibre (climax, bon état écologique) confortablement apprécié des gestionnaires doit faire place au paradigme des systèmes écologiques dynamiques aux trajectoires spatiales comme temporelles qui ne sont pas toujours prévisibles.

Le décor est planté et en 10 chapitres, allant de « Évaluer la diversité biologique, véritable casse-tête » à « Peut-on piloter les trajectoires de la nature ? », en passant par « Qu'en est-il de l'érosion de la diversité biologique en métropole ? » jusqu'aux « Limites floues de la naturalité », ..., Lévêque nous démontre que l'histoire de la diversité biologique est naturellement sans cesse renouvelée, qu'elle est le produit du changement (5 extinctions massives, multiples glaciations, etc.), le résultat du hasard et de la conjoncture, de la nécessité et de l'adaptation et qu'elle continuera à se modifier avec ou sans l'homme.

La diversité biologique en France métropolitaine doit autant aux hommes qu'aux processus spontanés naturels (ex. : bocages, Camargue, lac de Der, forêt de Tronçais) : les hommes ont transformé les habitats et introduits certaines espèces, d'autres sont même arrivées spontanément, résultat d'une reconquête post-glaciations.

La conservation de la nature doit passer par la démonstration qu'elle est utile aux hommes alors que la restauration des systèmes écologiques vise à revenir à un état plus naturel, originel, ce qui va à l'encontre de leurs trajectoires évolutives. Pour être efficace, la protection de la nature devrait s'appuyer sur les ressources sociales, culturelles et politiques locales et tenter de piloter les paramètres physiques, biologiques et sociaux qui la déterminent en vue de co-construire une nature à venir avec bénéfices réciproques.

Pour améliorer la protection de la nature, ce grand capharnaüm qui débouche actuellement sur une véritable gabegie, il faut accepter le changement et l'accompagner en pilotant,

dans la mesure du possible, les trajectoires de nos systèmes anthropisés, ce qui implique des suivis réguliers et des réajustements permanents.

Tout lecteur intéressé par la nature et sa protection, tout écologiste, tout gestionnaire et tout étudiant du domaine aura avantage à s'imprégner de cette approche cataclysmique de la biodiversité pour déboucher sur une meilleure prospective de la protection de la nature et de sa biodiversité.

JEAN-CLAUDE MICHA  
*Université de Namur*

REY (Freddy), *Restaurer les milieux et prévenir les inondations grâce au génie végétal*. – Versailles : Éditions Quae, 2018. – 114 p. – (Matière à débattre & décider). – 1 vol. broché de 14,5 × 21 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-7592-2777-8.

Voici un petit ouvrage spécialisé et limité aux têtes de bassin versant, mais bien intéressant par sa perspective qui vise à valoriser le résultat de quinze années de recherche en vue de restaurer les rivières, dont la Durance, et limiter les effets négatifs des inondations. Il s'inscrit dans la Directive Cadre sur l'eau en Europe, recommandant de maintenir les cours d'eau dans un bon état écologique, ce qui implique une gestion intégrée de leurs bassins versants. De plus, en France, la nouvelle compétence des services de Gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (Gemapi) implique de concilier restauration des milieux et prévention des inondations. Ce livre vient donc à point pour nous démontrer que la solution réside dans l'ingénierie écologique et plus particulièrement dans le génie végétal, ce qui conduit à de multiples bénéfices pour le bassin versant et ses multiples usages.

Le premier chapitre « Pourquoi et comment végétaliser les terrains érodés » procède d'une approche systémique inventoriant toutes les problématiques liées à l'érosion des versants et à la sédimentation fine dans les rivières. Ainsi, le génie végétal, via l'installation de cordons en bois avec ou sans garnissage de boutures d'espèces adaptées dans les ravines, pourrait résoudre le problème. Mais faut-il encore expérimenter dans divers types de situation et en vérifier les multiples bénéfices.

Le second chapitre « Recherches sur les interactions entre végétation, érosion et sédimentation fine » permet de cerner les seuils d'efficacité de la couverture végétale, de vérifier la dynamique de la végétation dans la restauration écologique, la résistance aux crues ainsi que le contrôle de l'érosion.

Le dernier chapitre « De la recherche à l'ingénierie et à la décision » conduit à des solutions pratiques pour des bassins versants torrentiels de 0,1 à 3 ha, basées sur des règles d'ingénierie appliquées dans un modèle « Simulfascine », outil interactif permettant de déterminer les solutions les plus efficaces et les plus rentables économiquement. Bien que les approches développées dans ce contexte soient limitées aux petits sous-bassins versants marneux de la Durance, elles sont certes applicables à d'autres régions et d'autres pays.

En conclusion, recherches et résultats sont bien rédigés, bien vulgarisés, très bien illustrés avec graphiques et photos très pertinents, ce qui intéressera, sans nul doute, décideurs,

gestionnaires et aménagistes de territoires, parties prenantes des syndicats et contrats de rivières ainsi que tout formateur et étudiant en environnement et aménagement du territoire.

JEAN-CLAUDE MICHA  
*Université de Namur*

## Sciences paramédicales

OGDEN (Jane), *Psychologie de la santé / avec la collaboration de Cécile DANTZER, Estelle FALL, Marie IZAUTE, Emmanuelle LE BARBENCHON, Carine MESLOT, Lisa MOUSSAOUI, Laurent MULLER, Sonia PELLISSIER, Caroline POULET et Jean-François VERLHIAC*; traduction d'Olivier DESRICHARD, Anaëlle BLUM et Aurélie GAUCHET. – 3<sup>e</sup> édition. – Louvain-la-Neuve : DeBoeck Supérieur, 2018. – 606 p. – 1 vol. broché de 27,5 × 21 cm. – 45,00 €. – isbn 978-2-8073-1939-4.

Il s'agit d'un cours de psychologie de la santé destiné à des étudiants de l'enseignement supérieur. L'introduction le justifie de la manière suivante. Le XIX<sup>e</sup> siècle a identifié une place pour l'homme dans la nature en suggérant que nous étions une partie de cette nature, que nous nous développons à partir d'elle, que nous étions des êtres biologiques. La médecine moderne s'appuie sur cette conception. Au XX<sup>e</sup> siècle, un rôle plus important a été donné à la psychologie de la santé. S'appuyant d'abord sur un modèle biomédical, elle a dû relever le défi de la médecine psychosomatique et de la médecine comportementale qui mettent en cause la séparation du corps et de l'esprit.

Ce livre considère les facteurs psychologiques intervenant dans les causes, la progression et les conséquences de l'état de santé d'un individu.

La psychologie de la santé utilise dans sa démarche une variété de méthodes. Celles-ci peuvent être quantitatives (enquêtes, essais contrôlés, expériences, étude de cas témoins) ou qualitatives (entretiens, *focus group*, analyse du discours...). L'outil statistique est fréquemment utilisé. Il ne s'agit pas d'une approche scientifique « dure » et le lecteur habitué à une approche purement moléculaire du fonctionnement de l'organisme humain pourra trouver des longueurs et répétitions au fil des chapitres.

Quatre grandes parties sont proposées au lecteur. La première, dénommée « l'environnement de la psychologie de la santé », inclut les origines de cette démarche « psychologie de la santé » et les inégalités de santé en fonction du lieu géographique, du niveau économique, du genre des personnes. La deuxième concerne les croyances, les connaissances sur la santé, les comportements qui influencent la santé (dépendances, alimentation, exercice physique). Elle se termine par un essai de définition de ce que représente « être en bonne santé » ou « être malade ». La troisième partie, qui me paraît plus structurée que les autres, aborde les différents aspects du « devenir malade » avec l'importance pour le patient d'avoir un modèle cohérent de son problème. La quatrième partie, intitulée « être malade », examine d'abord la question de la douleur puis présente, par différentes approches, des pathologies précises (VIH, cancer, obésité, maladies coronariennes) ainsi que

leur occurrence chez la femme et l'homme. Le tout dernier chapitre pose la question de la qualité de vie avec ses dimensions psychologique, sociale, occupationnelle et physique. On y trouve une analyse fouillée de la manière de la mesurer.

Il s'agit d'un syllabus de qualité. Le fait que sa traduction française soit largement utilisée en est la preuve. Les nombreuses approches descriptives de symptômes et comportements donnent de temps à autre l'impression de reprise de mêmes développements d'idées dans un contexte différent. S'il y a beaucoup (trop) de subdivisions dans la structure des chapitres, ils se terminent par un résumé clair et concis accompagné de questions qui ouvrent à la réflexion et à la discussion.

PIERRE DEVOS  
*Université de Namur*

*Guide du diagnostic en ergothérapie* / Bénédicte DUBOIS, Sarah THIÉBAUT SAMSON, Éric TROUVÉ, Marine TOSSER, Géraldine PORIEL, Leïla TORTORA, Karine RIGUET, Jérémy GUESNÉ. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2017. – XIII, 81 p. – (Ergothérapie). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 19,90 €. – isbn 978-2-35327-439-0.

Ce petit livre (81 pages) nous présente un élément encore peu abordé et pourtant essentiel dans la pratique de l'ergothérapie : le diagnostic ergothérapique. À travers un travail collectif et rigoureux, les auteurs nous proposent de modéliser cette étape du processus mis en place lors de nos interventions en nous permettant de comprendre et de maîtriser l'ensemble des concepts qui sous-tendent le diagnostic. De nombreux exemples concrets émaillent les différents chapitres, afin d'appuyer et d'illustrer la théorie présentée.

Dans le premier chapitre, une recension des écrits a été effectuée afin de présenter des ressources bibliographiques (anglophones et francophones) traitant de ce qu'est le diagnostic — que cela soit au point de vue étymologique, appliqué au domaine de la santé en général ou à celui de l'ergothérapie en particulier — pour aboutir à une proposition d'éléments en vue d'une définition consensuelle du diagnostic ergothérapique.

Le concept d'occupation, élément essentiel à la compréhension de notre pratique, est développé dans le deuxième chapitre, en pointant l'intérêt d'utiliser l'occupation comme « centre de gravité » du diagnostic ergothérapique.

Le troisième chapitre s'intéresse à l'objet du diagnostic : l'état occupationnel d'une personne. Comme dans le premier chapitre, les auteurs nous présentent des définitions issues des écrits recensés. Les domaines d'occupation présents dans différents modèles de pratique ergothérapique sont ensuite détaillés afin de préciser la définition.

La place du diagnostic dans le raisonnement clinique de l'ergothérapeute est précisée dans le quatrième chapitre. Les différentes étapes du diagnostic (recueil et interprétation d'indices, validation des hypothèses) sont exposées à l'aide de cas cliniques.

Le diagnostic s'inscrit dans une démarche de rédaction indispensable pour « mettre en valeur les compétences professionnelles spécifiques de l'ergothérapeute tout en traduisant la pertinence de son accompagnement » (p. 41). C'est cette responsabilité, cet enga-

gement professionnel qui nous est rappelé dans le cinquième chapitre, notamment par les obligations légales.

Le sixième chapitre explique, concrètement, comment s'y prendre pour rédiger le diagnostic : quels éléments doivent y figurer ? Comment les structurer ?

Dans leur conclusion, les auteurs insistent sur l'importance de nourrir leur réflexion sur l'élaboration du diagnostic en tenant compte des retours des praticiens et des étudiants stagiaires. De nombreux exemples concrets sont, une nouvelle fois, présentés afin d'illustrer de manière très claire la rédaction du diagnostic.

Sans aucun doute, cet ouvrage permettra à chaque ergothérapeute de mieux comprendre sa pratique et d'améliorer ses compétences grâce à une démarche scientifique basée sur des données probantes.

FLORENCE TERRIER

Haute école Louvain-en-Hainaut

## Divers

TOMASELLO (Michael), *A Natural History of Human Morality*. – Cambridge (Mass.); London : Harvard University Press, 2016. – 194 p. – 1 vol. relié de 24,5 × 16 cm. – 28,24 €. – isbn 978-0-674-08864-1.<sup>1</sup>

Michael Tomasello est un psychologue cognitif et développemental américain. Il est « considéré comme le "spécialiste" mondial de l'étude comparative des capacités cognitives »<sup>2</sup> des grands singes (qu'il a testé et étudié au *Wolfgang Köhler Primate Research Center* de Leipzig) et des enfants humains. Il fut le co-directeur de l'Institut Max Planck d'anthropologie évolutionnaire à Leipzig<sup>3</sup> de 1998 à 2018. Il est, depuis 2016, professeur de psychologie à *Duke University* (USA).

Ce dernier livre de Tomasello sur l'origine de la moralité humaine est le pendant exact de celui qu'il a publié en 2014 sous le titre : *A Natural History of Human Thinking*. Il est très bien structuré et est agrémenté d'excellents schémas et de synthèses : il présente de grandes qualités pédagogiques. Cependant, il n'est pas d'un abord facile pour le non spécialiste et il est très dense.

L'auteur y fait trois hypothèses. La première, fondamentale, en est que les grands singes sont interdépendants et coopèrent par sympathie, c'est-à-dire par « pure coopération, ba-

1. Une synthèse détaillée de ce livre, assortie de commentaires, peut être trouvée à l'adresse : <https://researchportal.unamur.be/en/publications/synth%C3%A8se-comment%C3%A9e-dun-livre-phare-sur-lorigine-de-la-moralit%C3%A9>
2. Plateau S. (2006; 2009 en ligne), M. Tomasello. Aux origines de la cognition humaine, *L'orientation scolaire et professionnelle*, 35/4; <https://osp.revues.org/1232>.
3. Fondé en 1997 pour répondre à la question : « Qu'est-ce qui rend l'homme unique ? », ce centre occupe actuellement plus de 400 chercheurs.

sée sur le souci du bien-être des autres » et dépourvue du sens de l'obligation (p. 1). La source évolutive de la sympathie, explique l'auteur, sont les soins parentaux à leur progéniture. Elle se retrouve chez tous les mammifères (cf. régulation de l'ocytocine) mais, chez certains d'entre eux seulement, s'étend aussi à des amis.

La deuxième hypothèse est que l'*Homo sapiens* est le seul primate à être « moral ». La moralité des humains est une forme de coopération, qui se décline en terme non seulement de sympathie mais aussi d'équité. Cette dernière est définie par Tomasello comme « une sorte de "coopérativisation" de la compétition dans laquelle les individus recherchent des solutions équilibrées aux problèmes nombreux et conflictuels de multiples participants » (p. 2); elle est motivée par ce qui est juste et elle se traduit par des actes posés après un jugement (impliquant des valeurs) et pourvus de sens de l'obligation.

Et la troisième hypothèse est que la « moralité humaine comprend un ensemble clé de mécanismes proches et propres à l'espèce — processus psychologique de cognition (intentionnalité), d'interaction sociale et d'autorégulation — qui rend les individus humains capables de survivre et de prospérer dans leurs dispositions sociales spécialement coopératives » (pp. 2-3).

Le cheminement suivi par le scientifique pour son analyse est le suivant : sur base expérimentale, commencer par mettre en évidence ce qui distingue la coopération au sein des humains de celle existant au sein des groupes de primates qui leur sont proches ; ensuite « construire un scénario évolutif plausible pour expliquer comment un tel degré de coopération uniquement humain a débouché sur la moralité humaine » (p. 3). Ce scénario évolutif est celui d'un accroissement de l'interdépendance en deux étapes. La première étape date, selon l'auteur, de - 400.000 ans environ et concerne ceux qu'il désigne par le vocable « premiers hommes » ; elle est celle d'un accroissement de la collaboration imposé par des challenges écologiques : changements climatiques impliquant, pour les humains, le recours obligatoire à la chasse pour pouvoir survivre. La seconde qui, toujours selon Tomasello, commence avec l'émergence de l'*Homo sapiens* aboutit à la culture : elle résulte d'un accroissement de la population et de la complexité de la division du travail.

Le résultat actuel de cette évolution est, selon le psychologue, qu'il existe, chez l'être humain, au moins trois couches de moralités superposées : la première est la tendance à la coopération basée sur la sympathie et existant chez tous les grands singes et qui s'adresse à la famille et aux amis ; la deuxième est une collaboration commune où apparaissent des responsabilités spécifiques, envers des individus spécifiques et dans des circonstances spécifiques. Elle est qualifiée ici de moralité « à la seconde personne » ; et la troisième est désignée ici par les termes de « moralité culturelle et objective », dictée par un groupe.

« Les êtres humains sont naturellement enclins à avoir de la sympathie et à être équitables envers les autres même s'ils sont parfois égoïstes » souligne l'auteur (p. 162). Et il termine son ouvrage avec la phrase suivante : « la moralité semble être, d'une certaine façon, bonne pour notre espèce, notre culture et nous-mêmes — du moins jusqu'à présent » (p. 163).

Quel jugement porter sur cet ouvrage ? Il faut tout d'abord noter qu'il vient en quelque sorte prolonger certaines thèses sur l'origine de la moralité formulées auparavant par l'étho-

logue Frans de Waal<sup>1</sup> qui se focalisent quant à lui sur l'étude du comportement des singes. Mais, solidement étayé par de nombreuses observations empiriques également sur les humains et suggérant un scénario évolutif, l'ouvrage de Tomasello apporte certainement un éclairage nouveau et original à la question de l'origine de la moralité proprement humaine. Il apparaît donc comme fondamental et incontournable. Il est d'ailleurs très fréquemment cité dans la littérature.

D'autre part, il s'attaque à un sujet qui se révèle être comme un nœud important d'un réseau d'éléments divers interconnectés : dès lors, il est digne, me semble-t-il, de susciter l'intérêt et la réflexion de spécialistes de nombreuses disciplines, notamment l'anthropologie, la sociologie, la psychologie, l'éthologie, l'économie, la philosophie, le droit et l'histoire des religions. Et par là même, il incite à des études interdisciplinaires.

Et les résultats largement concordant des études de de Waal et de Tomasello, basées sur des observations et des expériences récentes, sont de nature à modifier profondément l'image que beaucoup de scientifiques, influencés par les idées passées, dressent encore aujourd'hui du « propre de l'espèce *Homo sapiens* » et de la rationalité humaine.

MARIE D'UDEKEM-GEVERS  
*Université de Namur*

---

1. Voir notamment le livre de F. De Waal intitulé *Le bon singe : les bases naturelles de la morale* (Éditions Bayard, 1997).