

MODÈLES ET THÉORIES

«Il s'enquit de la cause et de l'effet, et de la raison suffisante qui avaient mis Pangloss dans un si piteux état. Hélas, dit l'autre, c'est l'amour...» (Voltaire, *Candide*, 1759, chap. 1).

Intr.

Pluralisme explicatif: le rêve unificateur et la réalité épistémologique. Approches montante ('bottom-up') et 'descendante' (top-down) de l'explication (Simon). Ingrédients d'une explication.

«the goal of science is to discover, by observation and experiment, and to describe real-world phenomena, and then to provide explanations (i.e. theories) of these phenomena» (Simon, 1998).

«Science advances our understanding of nature by showing us how to derive descriptions of many phenomena, using the same patterns of derivation again and again, and, in demonstrating this, it teaches us how to reduce the number of types of facts we have to accept as ultimate (or brute)» (Kitcher, 1989, p. 432).

«the notion of explaining the variety of the world ... by non-variety was quite absurd. How is variety to come out of the womb of homogeneity; only by a principle of spontaneity, which is just that virtual variety that is the first» (Peirce, 1, §3, 373).

«besides Facts, Ideas are an indispensable source of our knowledge» (William Whewell, lettre à John Herschel, 11 avril 1844).

«Soudain apparaissent des raisons où il n'y avait que des faits. Et les raisons sont explicatives...» (Bachelard, 1953, ch. 4).

«Les deux composantes fondamentales d'une explication sont, d'une part la générativité d'un formalisme, d'autre part une ontologie d'entités réelles ou virtuelles (imaginaires scientifiques) reliées par des relations» (Largeault, 1990, 931-932).

Bachelard Gaston, *Le matérialisme rationnel*, Paris: PUF, 1953.

Grantham Todd A., 'Explanatory pluralism in paleobiology', *Philosophy of Science*, 1999, 66 (3) suppl.: S223-S236.

Kitcher Philip, 'Explanatory unification and the causal structure of the world', in: Kitcher P. & Salmon W., eds., *Scientific Explanation*, Minneapolis: Univ of Minnesota Press, 1989, p. 410-505.

Largeault Jean, 'Explication', in: *Encyclopédie philosophique universelle*, II. Les notions philosophiques, Paris: PUF, 1990.

Margolis Joseph, 'Puzzles regarding explanation by reasons and explanation by causes', *The Journal of Philosophy*, 1970, 67 (7): 187-195.

Merleau-Ponty Jacques, *Leçons sur la genèse des théories physiques. Galilée, Ampère, Einstein*, Paris: Vrin, 1974.

Simon Herbert A., 'Discovering explanations', *Minds and Machines*, 1998, 8: 7-37.

Stereley Kim, 'Explanatory pluralism in evolutionary biology', *Biology & Philosophy*, 1996, 11 (2): 193-214.

Skiper Rob A., Jr., 'Selection and the extent of explanatory unification', *Philosophy of Science*, 1998, 66 (3) suppl.: S196-S209.

1. Pouvoir explicatif des théories, rôle des modèles.

On explique une structure par (analogie avec) une autre (Peirce, Hanson), le particulier par le général (Mill, Popper, Hempel, Scheffler), le tout par ses éléments (Descartes, ou 'réductionnisme' génétique), l'effet par sa cause (où est la théorie?). Est-ce que 'tout s'explique'? Qu'attend-on d'une explication 'scientifique'? Comment juge-t-on qu'une explication (i.e. une théorie) est meilleure qu'une autre (Lipton: meilleure = plus plausible? plus jolie?)? Modèles et théories. Qu'est-ce qu'un 'bon' modèle? Pouvoir explicatif vs. pouvoir prédictif. Variabilité des modèles, écarts entre théorie et réalité.

[abduction] «Upon finding himself confronted with a phenomenon unlike what he would have expected under the circumstances, he looks over its features and notices some remarkable character or relation among them, which he at once recognizes as being characteristic of some conception which his mind is already stored, so that a theory is suggested which would explain (that is, render necessary) that which is surprising in the phenomena» (Peirce, CP, 2: 776).

«Scientific theories enable us to understand perplexing phenomena precisely because they enable us to see on the page some of the same structures which are there in the phenomena themselves. The theory allows us to comprehend what makes things 'go' - and to work our ways into the phenomena, along the dynamical structures (as it were) by way of inferences through the algebra which itself has the same structure as the phenomena, or at least a structure compatible with the phenomena» (Hanson, 1989, p. 273).

«La science explique le particulier en le soumettant à des principes généraux appropriés. Ces principes ne sont explicatifs que s'ils sont intelligibles, ils ne sont scientifiques que s'ils peuvent être confrontés à l'expérience» (Scheffler, 1966, p. 7). [Note: «expliquer c'est déduire d'un principe» (Kant, C *Just* § 78)]

«in the appraisal of theories and hypotheses, what does (and what should) principally matter to scientists is not so much whether those hypotheses are true or probable. What matters, rather, is the ability of theories to solve empirical problems - a feature that others might call a theory's explanatory or predictive power» (Laudan, 1997, p. 306).

«It is important to distinguish two senses in which something may be the best of competing potential explanations. We may characterize it as the explanation that is most warranted: the 'likeliest' explanation. On the other hand we may characterize the best explanation as the one which would, if correct, be the most explanatory or provide the most understanding: the 'loveliest' explanation. The criteria of likeliness and loveliness may well pick out the same explanation, but they are clearly different sort of standards. Likelihood speaks of truth; loveliness of potential understanding» (Lipton, 1993, p. 61).

Chaisson Eric, *Cosmic Evolution. The Rise of Complexity in Nature*, Cambridge, Mass.: Harvard Univ Press, 2001.

Duhem Pierre, *Sauver les phénomènes. Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, Paris: Hermann, 1908; réimpr. Paris: Vrin, 1990.

Feigl Herbert & Brodbeck May, *Reading in the Philosophy of Science*, New York: Appleton-Century-Crofts, 1953. [includ: IV. The logic of scientific explanation and theory construction: Pierre Duhem, Albert Einstein, Gustav Bergmann, Norman R. Campbell, Rudolf Carnap, Carl G. Hempel and Paul Oppenheim, William Kneale, Lewis White Beck, Herbert Feigl].

Hankinson R.J., 'Explanatory powers', *Apeiron. A Journal of Ancient Philosophy of Science*, 1988, XXI (1): 181-197. Laudan Larry, 'How about bust? Factoring explanatory power back into theory evaluation', *Philosophy of Science*, 1997, 64: 306-316.

Hanson Norwood Russell, 'A picture theory of theory meaning', in: Colodny Robert G., ed., *The Nature and Function of Scientific Theories*, Pittsburgh: UPPress, 1970, 233-274.

Harman Gilbert, 'The inference to the best explanation', *Philosophical Review*, 1965, 74 (1): 88-95. Thagard Paul R., 'The best explanation. Criteria for theory choice', *The Journal of Philosophy*, 1978, 75 (2): 76-92. Achinstein Peter, 'Inference to the best explanation: or, who won the Mill-Whewell debate?', *Studies in the History and Philosophy of Science*, 1992, 23: 349-364. Lipton Peter, *Inference to the Best Explanation*, London: Routledge, 1993. Rappaport Steven, 'Inference to the best explanation: is it really different from Mill's methods?', *Philosophy of Science*, 1996, 63: 65-80.

Scheffler Israel, *The Anatomy of Inquiry. Philosophical Studies in the Theory of Science*, New York: Alfred A. Knopf, 1963; tr. fr. (partielle) P. Thuillier, *Anatomie de la science. Etude philosophique de l'explication et de la confirmation*, Paris: Seuil, 1966.

Sober Elliott, 'Screening-off and the units of selection', *Philosophy of Science*, 1992, 59: 142-152.

Dundr M., Hoffmann-Rohrer U., Hu Q., Grummt I., Rothblum L.I., Phair R.D., Misteli T., 'A kinetic framework for a mammalian RNA polymerase in vivo'; Couzin J., 'Chaos reigns in RNA transcription', *Science*, 22 Nov 2002, 298: 1623-1626 et 1538-1539.

Kerr R.A., 'A trigger for the Cambrian explosion?', *Science*, 22 nov 2002, 298: 1547.

Nathan Carl, 'Catabolic antibody bridges innate and adaptive immunity'; Wentworth Paul Jr., et al., 'Evidence for antibody-catalyzed ozone formation in bacterial killing and inflammation'; Bernasconi N.L., Traggiai E., Lanzavecchia A., 'Maintenance of serological memory by polyclonal activation of human memory B cells', *Science*, 13 Dec 02, 298: 2143-2144, 2195-2202.

Wajeman Henri & Kiger Laurent, 'L'hémoglobine, des micro-organismes à l'homme: un motif structural unique, des fonctions multiples', *C.R. de l'Académie des sciences de Paris. Biologies*, 2002, 325: 1159-1174.

2. Théories causales 'intermédiaires', modèles et 'mécanismes'

Ici expliquer c'est relier: tel trait phénotypique à tel facteur génétique (ex. retard mental dû à un X fragile), tel événement à tel autre (ex. ce SDF est mort d'une pneumonie). La cause explique/produit l'effet. Mais comment (i.e. par quel mécanisme) cette cause produit-elle cet effet? Hypothèses sur le mécanisme. Importance de l'expérimentation. Modèles animaux des maladies humaines. Essais pragmatiques vs. essais explicatifs (Schwartz). Qu'il est risqué d'intervenir sur la base d'une théorie spéculative (ex. du DES). Qu'il est souvent plus aisé d'expliquer les dysfonctionnements que le fonctionnement normal, et de remonter aux causes que de prédire les effets.

«probabilistic causation is not transitive in general» (Eells, 1991, p. 211). «explanatory power is essentially a pragmatic matter; which link in a causal chain we choose to consider is an artifact of our interests» (Sober, 1992, p. 149).

«causes explain their effects, while effects do not explain their causes and effects of a common cause do not explain one another» (Hausman, 1993). [ex. l'ombre de la tour, voir aussi Barnes]

«Des expériences extrêmement nombreuses, confirmant ce qu'enseigne la pathologie humaine, m'ont montré que la production d'une même lésion, dans une même partie, chez des animaux de la même espèce, peut donner lieu, comme chez l'homme, à une immense variété d'effets» (Brown-Séquard, 1878, in: Berthoz, 1999, p. 220).

«the crucial point is that the 'because' of causation is always derivative from the 'because' of explanation. In learning to talk about causes or counterfactuals we are absorbing earlier generations' views of the structure of nature, where those views arise from their attempts to achieve a unified account of the phenomena» (Kitcher, 1989).

«l'expérimentation ne devient nécessaire et utile qu'à la condition que l'on dispose d'un schéma théorique sous-jacent assez précis, qui permette effectivement d'avancer des prédictions» (Thom, 1991, p. 33).

«Microparasite infections often consist of genetically distinct clonal lineages. Ecological interactions between these lineages within hosts can influence disease severity, epidemiology and evolution. Many medical and veterinary interventions have an impact on genetic diversity within infections, but there is little understanding of the long-term consequences of such interventions for public and animal health. Indeed, much of the theory in this area is based on assumptions contradicted by the available data» (Read & Taylor, 2001, p. 1099).

Aronson Jerrold L., 'Explanations without laws', *The Journal of Philosophy*, 1969, 66 (17): 541-557.

Brown-Séquard Charles-Édouard, 'Doctrines relatives aux principales actions des centres nerveux' (leçon inaugurale, 2 déc 1878), in: Alain Berthoz, dir., *Leçons sur le corps, le cerveau et l'esprit. Les racines des sciences de la cognition au Collège de France*, Paris: Odile Jacob, 1999.

Eells Ellery, *Probabilistic Causality*, Cambridge: CUP, 1991.

Humphreys Paul, *The Chances of Explanation. Causal Explanation in the Social, Medical, and Physical Sciences*, Princeton: PUP, 1989.

Barnes Eric, 'Explanatory unification and the problem of asymmetry', *Philosophy of Science*, 1992, 59: 558-571.

Hausman Daniel M., 'Linking causal and explanatory asymmetry', *Philosophy of Science*, 1993, 60: 435-451.

Monier Roger, 'Aspects fondamentaux: mécanismes de cancérogenèse et relation dose-effet', *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, 2000, 323: 603-610.

Morange Michel, 'The transformation of molecular biology on contact with higher organisms, 1960-1980: from a molecular description to a molecular explanation', *Hist Phil Life Sci*, 1997, 19 (3): 369-393.

Schaffner Kenneth, *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*, Chicago: CUP, 1993.

Valleron Alain-Jacques, 'Mise en évidence des faits et recherche des causes en épidémiologie environnementale: enjeux méthodologiques', *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, 2000, 323: 617-628.

Waters C. Kenneth, 'Causal regularities in the biological world of contingent distributions', *Biol & Philosophy*, 1998, 13: 5-36.

Zimmer Carl, 'Genetic trees reveal disease origins'; 'Wolbachia: a tale of sex and survival', *Science*, 11 May 01, 292: 1090-1095.

Read Andrew F. & Taylor Louise H., 'The ecology of genetically diverse infections', *Science*, 11 May 2001, 292: 1099-1102.

3. Théories structurales et philosophie de la nature

Ici expliquer c'est produire de l'intelligibilité, c'est révéler la réalité étudiée comme répondant à des attentes rationnelles (principes de symétrie, de conservation, de moindre action), cela avec une économie de moyens théoriques (rasoir d'Occam); d'où la double impression de nécessité (c'est comme cela doit être), et d'élégance (c'est simple). Le principe de subordination des caractères (Jussieu, Cuvier) a joué en biologie un rôle heuristique dans le classement des plans d'organisation. Mais avec la découverte des gènes Hox la biologie du développement a molécularisé l'explication, du moins pour les phases précoces du développement.

«Toute connaissance est, subjectivement, ou historique ou rationnelle. La connaissance historique est cognitio ex datis et la connaissance rationnelle cognitio ex principiis» (Kant, *CR pure*, II, III: Architectonique...).

«Expliquer consiste à mettre en correspondance des morphologies, de manière à simuler l'une par l'autre. Notre raison n'est que l'effort pour représenter le monde sur une partie de lui-même» (R. Poirier, 1932). Presque n'importe quoi est possible, au prix de compliquer par des hypothèses auxiliaires ou d'accroître le nombre des paramètres. L'explication véritable s'obtient par réduction de cet arbitraire, elle remplit une exigence de simplicité et d'élégance. [...] La nécessité sous-jacente à l'explication revêt une forme mathématique, elle tient aux concepts: principe de moindre action, de conservation, entrelacement de la réalité physique et de la géométrie. La nature peut être rendue rationnelle parce qu'elle l'est déjà» (Largeault, 1985, p. 58).

«La théorie des catastrophes ... est une herméneutique. Elle n'a rien de démiurgique comme la physique» (Thom, 1991, p. 31).

«the human faculty of language appears to be organized like the genetic code - hierarchical, generative, recursive, and virtually limitless with respect to its scope of expression» (Hauser, Chomsky, Fitch, 2002, p. 1569).

«nous vivons le formalisme linguistique et le formalisme mathématique comme deux domaines disjoints de l'activité psychique. Je serais tenté de dire que c'est le domaine linguistique qui est réellement le domaine fondamental. Le domaine mathématique a un domaine particulier, spécifique, et qui est lié au fond à l'emploi d'images géométriques: la capacité de spatialiser les choses, et d'avoir des groupes de transformation agissant dans ces espaces. C'est cela, au fond, l'essence des mathématiques. [...] La mathématique repose sur une sorte de monotonie intrinsèque, la générativité des structures jouant indéfiniment, et d'un autre côté, de cette monotonie sortent des distinctions qualitatives, un univers qualitatif. Et celui-ci est d'une part celui de l'arithmétique, que je trouve personnellement ennuyeux, mais aussi celui de la topologie, les objets géométriques, topologiques, et ceux-là me semblent passionnants. Connaissant ces objets mathématiques, le problème est de revenir sur les objets mentaux usuels, et d'essayer de trouver une correspondance des opérations mentales dans les opérations mathématiques. Certaines opérations mentales peuvent être modélisées, ou simulées, par des êtres mathématiques» (Thom, 1991, p. 125-126).

Bever T. & Montalbetti M., 'Noam's Ark'; Hauser Marc D., Chomsky Noam, Fitch W. Tecumseh, 'The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve?', *Science*, 22 Nov 2002, 298: 1565-1579.

Hurtley S.M., 'Humpty Dumpty and all that'; Shapiro L., McAdams H.H., Losick R., 'Generating and exploiting polarity in bacteria'; Pellettieri J. & Seydoux G., 'Anterior-posterior polarity in *C. elegans* and *Drosophila* - parallels and differences'; Keller R., 'Shaping the vertebrate body plan by polarized embryonic cell movements'; *Science*, 6 Dec 2002, 298: 1941-1954.

Largeault Jean, *Principes de philosophie réaliste*, Paris: Klincksieck, 1985.

Le Guyader Hervé, 'Le concept de plan d'organisation: quelques aspects de son histoire', in: *Revue d'histoire des sciences*, spécial *Aspects du développement dans la biologie du XXe siècle*, 2000, 53 (3/4): 339-379.

Sheldrake Rupert, *A New Science of Life. The Hypothesis of Formative Causation*, Blond & Briggs, 1981; new edition with an appendix and comments, controverses and discussions provoked by the first edition, London: Anthony Blond, 1985.

Thom René, *Prédire n'est pas expliquer*, Paris: Eshel, 1991.

Zatorre R.J. & Krumhansl C.L., 'Mental models and musical minds'; Janata Petr, et al., 'The cortical topography of tonal structures underlying western music', *Science*, 13 Dec 2002, 298: 2138-2139 et 2167-2170.

4. La théorie de l'évolution

La biologie offre-t-elle une 'grande' théorie explicative de la vie? Peut-elle prétendre à ce titre: la théorie cellulaire (Schwann, 1839; Virchow, 1858) complétée par l'élucidation de la structure de l'ADN (Watson & Crick, 1953) et le déchiffrement du code génétique; et la théorie du métabolisme (ou de l'organisme vivant comme 'système ouvert'). Mais l'expérience de la vie sur terre est un processus historique dont nous ne connaissons pas d'autre exemple: on ne généralise pas à partir d'un cas. La théorie néo-darwinienne de l'évolution élucide-t-elle le 'mécanisme' (blind variation / selective retention) de ce processus? On a douté qu'elle soit une théorie scientifique. Fondée sur l'analogie entre sélection artificielle et sélection naturelle, elle ne désigne pas clairement les cibles de la sélection, et elle se heurte à des faits récalcitrants: symbiose, transfert horizontal de matériel génétique.

«Jusqu'ici les lois générales de l'organisation n'ont pas été établies clairement.» (Cl. Bernard, 1878, IX, p. 357).

«La nutrition est la continuelle mutation des particules qui constituent l'être vivant. L'édifice organique est le siège d'un perpétuel mouvement nutritif qui ne laisse de repos à aucune partie; chacune, sans cesse ni trêve, s'alimente dans le milieu qui l'entoure et y rejette ses déchets et ses produits. Cette rénovation moléculaire est insaisissable pour le regard; mais, comme nous en voyons le début et la fin, l'entrée et la sortie des substances, nous en concevons les phases intermédiaires, et nous nous représentons un courant de matière qui traverse incessamment l'organisme et le renouvelle dans sa substance en le maintenant dans sa forme» (Cl. Bernard, 1878, I, p. 35-36).

«Toute modification de conformation et de fonction, à condition qu'elle puisse s'effectuer par degrés insensibles, est du ressort de la sélection naturelle» (Darwin, 1859, chap. XIV).

«Traditionally, evolutionary biologists have viewed mutations within genes as the major source of phenotypic variation leading to adaptation through natural selection, and ultimately generating diversity among species. Although such processes must contribute to the initial development of gene function and their subsequent fine-tuning, changes in genome repertoire, occurring through gene acquisition and deletion, are the major events underlying the emergence and evolution of bacterial pathogens and symbionts. Furthermore, pathogens and symbionts depend on similar mechanisms for interacting with hosts and show parallel trends in genome evolution» (Ochman & Moran, 2001).

Bernard Claude, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Paris: Baillière, 1878 (posthume). Seconde édition 1885. Réimpr. avec une préface de G. Canguilhem, Paris: Vrin, 1966.

Virchow Rudolf, *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre*, 1858. Tr. fr. *La pathologie cellulaire*, 1868.

Jacob François, *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*, Paris: Gallimard, 1970.

Radnitzky Gérard & Bartley, III W.W., eds., *Evolutionary Epistemology, Rationality, and the Sociology of Knowledge*, La Salle, Illinois: Open Court, 1987. [includ: 2. Donald T. Campbell: 'Evolutionary epistemology' (47-89); 6. Karl Popper: 'Natural selection and the emergence of mind' (139-155).]

Gayon Jean, *Darwin et l'après-Darwin, une histoire de l'hypothèse de sélection naturelle*, Paris: Kimé, 1992.

Ochman Howard & Moran Nancy A., 'Genes lost and gene found: evolution of bacterial pathogenesis and symbiosis', *Science*, 11 May 2001, 292: 1096-1098.

Concl.

Cependant, au moment où nous cherchons dans l'univers des traces de vie, nous aurions bien besoin de critères d'identification de la vie.

Morange Michel, *Qu'est-ce que la vie? Le retour d'une question oubliée*, à paraître.