Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 20 (1967)

Heft: 3

Artikel: La géologie dans la philosophie des sciences : ou la renaisance du phénix

Autor: Shaw, Denis M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739388

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LA GÉOLOGIE DANS LA PHILOSOPHIE DES SCIENCES — OU LA RENAISSANCE DU PHÉNIX

PAR

Denis M. SHAW

En abordant la discussion de n'importe quel sujet, il vaut toujours la peine d'essayer d'être raisonnablement certain que les termes employés veulent dire plus ou moins les mêmes choses aux lecteurs et à l'auteur. Et cela est d'autant plus désirable quand on trouve le mot « philosophie » dans le titre.

En ce qui concerne le terme de *géologie*, il n'y a pas beaucoup à dire; il est vrai que les géologues eux-mêmes discutent de la définition exacte du mot, mais nous croyons qu'à la fin de cet article le lecteur aura une idée assez claire de sa signification. Dans ce qui suit nous espérons en effet préciser l'envergure des études de géologie, ainsi que démontrer leur signification épistémologique et phénoménologique, mais pour le moment nous ne voudrions que déclarer, assez brutalement, qu'il n'existe que deux sciences — la géologie et la biologie.

Après avoir dit cela, je devrais évidemment expliquer tout de suite mes vues hérétiques sur la nature des sciences elles-mêmes, mais cela aussi, qui constitue le but de cet article, sera mis de côté jusqu'au moment où nous aurons préparé les fondations sur lesquelles on peut bâtir la charpente indispensable pour soutenir ces idées.

Mais le mot *philosophie* est quelque chose d'autre, qui demande notre attention immédiate. Pour beaucoup de spécialistes, la philosophie contemporaine comporte des études linguistiques et sémantiques dont le but est de savoir, premièrement, si on peut vraiment exprimer des idées abstraites en utilisant le langage courant, et ensuite de déterminer quelle signification serait à rattacher à de telles déclarations. La plupart des philosophes de ce genre se sont penchés sur la première question et, jusqu'au jour où elle sera résolue, se refusent à aborder la deuxième. Devant ce zèle cartésien et rationaliste, que peut faire le pauvre géologue moyen, qui a des questions urgentes d'ordre scientifique à résoudre, sans rien dire du fait qu'il a une vie à mener et un destin à contempler. La plupart des savants n'ont vraiment pas le temps d'examiner des questions comme:

« Quelle espèce de *si* est le *si* dans la déclaration « Je peux, si je choisis »? Comment peut-on désirer avoir été Napoléon ? »

(*Analysis*, 1952, N° 3 dans SAMUEL AND DINGLE, 1961, p. 83) aussi passionnantes et captivantes qu'elles puissent être. Ils n'ont peut-être même pas le désir de le faire. On a plutôt besoin d'une philosophie qui puisse servir de base pour admettre l'existence des valeurs ultimes, pour permettre l'analyse des déclarations logiques quelles qu'elles soient, pour construire un système moral et pour permettre à la volonté de s'exprimer par des actions; nos spécialistes cependant disent que tout cela peut bien arriver à la fin mais que pour le moment, il nous faut attendre pour être sûr. On peut résumer leur point de vue global dans la question rhétorique d'un collègue: « Qu'est-ce que vous voudriez dire vous-même par le terme *sémantique* ? » (H. P. Schwarcz).

Afin d'éluder ces problèmes fondamentaux, nous pouvons admettre une signification vraisemblablement claire de l'expression *philosophie des sciences*, au moins pour les chercheurs eux-mêmes. Pour nombre d'entre eux cette dernière n'est plus que ce qu'on écrit sur la science sans avoir jamais fait une observation scientifique, et nous nous hâtons d'observer que cela n'est que partiellement une plaisanterie. Parmi beaucoup il y a une sorte de méfiance envers les philosophes de la science qui s'est produite non seulement parce qu'ils prétendent expliquer les énoncés scientifiques des hommes de science, mais aussi parce que ces derniers, assez souvent, ne s'intéressent pas eux-mêmes aux questions philosophiques, et ignorent également que la plupart des philosophes de la science ont reçu une formation scientifique rigoureuse. Il s'agit peut-être de la distinction normale et bien connue, mais sans doute imaginaire et péjorative, entre ceux qui réfléchissent et ceux qui agissent. Mais nous tenons à insister sur le fait que cette distinction est vraiment trop simpliste: les chercheurs les plus doués possèdent toujours l'esprit philosophique, et parmi les observations les plus profondes sur la signification des connaissances scientifiques, il faut remarquer celles des Einstein, des Aristote, des Dirac, des Huxley, des Eddington, des Poincaré et de bien d'autres.

La signification de l'expression *philosophie des sciences* que nous voudrions proposer est donc *l'interprétation des énoncés scientifiques*, ce qui n'est rien d'autre que *l'histoire naturelle* ou la *philosophie naturelle* des écoles philosophiques anglaises de naguère. Nous sommes enclin à ajouter, en outre, que personne se considérant chercheur n'a le droit de prétendre que les questions philosophiques posées par les résultats de son travail ne le concernent pas; et on ne peut jamais dire qu'un résultat scientifique ne pose pas de problèmes philosophiques.

Après ce préambule, considérons comment la géologie se montre être d'une importance particulière dans la philosophie des sciences, comment le Phénix — la géologie — a subi une renaissance des cendres de l'esprit déterministe. La clef de notre thèse se trouve dans les mots de G. de Santillana, historien des sciences renommé (1961): « *Héraclite revient toujours hanter l'esprit des savants* ». Il faut admettre pour l'instant que la clef a l'air d'être à jamais perdue, mais on verra qu'il n'en est peut-être pas ainsi. En bref, nous allons proposer un système qui consistera en un déterminisme tout à fait particulier et à première vue contradictoire en soi, *un déterminisme*

aléatoire. Nous serons amenés à ce système après avoir considéré les trois facteurs les plus importants qui jouent des rôles, dans ce monde d'observation, d'intuition, de théorie, de modèles, de lois, d'interprétation et de prédiction, qui est la science.

Ces trois facteurs s'intitulent les facteurs *d'immanence*, *de configuration* (d'après G. G. Simpson, 1963) et *d'évolution*. L'article de Simpson que nous venons de citer a été écrit pour une collection consacrée aux idées contemporaines sur la philosophie de la géologie, sous le titre « Fabric of Geology » (ed. C. Albritton). Le mot « fabric » ou tissu est très évocateur, et l'analogie avec la fabrication d'un tissu sera très utile dans les paragraphes suivants. Il faut peut-être noter que Simpson ne spécifia lui-même que deux facteurs — ceux de l'immanence et de la configuration — et il n'hésita pas à ajouter un paragraphe avant la rédaction finale dans le but de justifier le choix de tels mots ésotériques, qui nous donnent à vrai dire une impression assez métaphysique. Etant lui-même paléontologue, il apparaît bien vraisemblable qu'il oublia d'expliciter le facteur d'évolution; ses discussions cependant se basent à tel point sur l'idée des changements temporels, qu'il n'a pas ressenti le besoin de proposer l'évolution comme troisième facteur, ce qui est ici mon intention.

Considérons tout d'abord le facteur *d'immanence*, qui est d'ailleurs synonyme de processus naturels. Les corps terrestres tombent sous l'influence de la gravité, les corps célestes (sous la même influence) suivent leurs chemins, les atomes différents se combinent en libérant de l'énergie, la lumière qui arrive d'une source lointaine est réfractée par l'atmosphère, les rayons-X sont émis à la suite d'un bombardement par des électrons, etc... Nous parlons des phénomènes et des événements, ou plus étroitement des *explications* des phénomènes et des événements qui ont attiré l'attention des hommes depuis les jours les plus anciens. Anaximandre et Thalès d'Ionie, au VIe siècle avant Jésus-Christ, se passionnaient déjà pour l'explication des *apparences*, et ils sont à l'origine de la tradition rationaliste qui a été reprise par Pythagore, Eudoxe, Aristote, Aristarque, Buridan, Ockham. Leurs explications furent bien entendu souvent accompagnées par d'autres éléments appartenant plutôt aux domaines de la croyance et des valeurs absolues. Cette tradition nous a conduit aux astronomes et mécaniciens des XVe, XVIe et XVIIe siècles, et enfin, par Newton et Descartes, aux études dites de physique des siècles plus récents [1]. Il est une tradition qui nous enseigne qu'il existe des *raisons* permettant d'expliquer les phénomènes, raisons qu'on peut appeler des *lois* ou *règles* de la nature et qui ne restent pas toujours cachées à l'homme mais peuvent être trouvées par les moyens connus maintenant sous le nom de *méthode scientifique*.

Il est évident que nous parlons d'un système de déterminisme, où le sort ou l'issue de chaque processus, de chaque événement, dépend rigoureusement des lois de la nature qui interviennent. Cela amène non seulement au point de vue qui s'exprime en disant:

[1] Nous ne nous occupons pas ici des développements du rationalisme moral et social qui ont jailli de la même source et de la même tradition.

« en cueillant une fleur, on dérange une étoile » mais également à des conclusions assez embarrassantes sur la nature de Dieu. Comment réconcilier, par exemple, le concept de la nature aveugle avec la proposition que *l'homme propose, Dieu dispose* ?

On pensait avoir trouvé les moyens de mettre fin à cette partie d'échecs avec la mort des théories mécanistiques de la physique du XIXe siècle et la naissance des théories probabilistes sur la nature de la matière et le principe de Heisenberg. Mais à vrai dire les objections contre les vues déterministes se trouvaient déjà ailleurs, et il y en a plusieurs.

Premièrement, nous prétendons nous-mêmes, avec bien d'autres, qu'il existe des choses qui, jusqu'à présent, n'ont de toutes façons rien à faire avec la physique. Les réactions esthétiques, émotionnelles et spirituelles de l'homme peuvent se trouver à la base d'un acte spécifique, qui aura lieu dans le monde de la physique sans pouvoir y être expliqué de manière déterministe: un coup de pied au récepteur de télévision, par exemple. Il y a ceux, bien entendu, qui disent qu'un tel acte a lieu sous l'influence d'un déterminisme aussi rigoureux que celui qui règle la chute d'un projectile, mais à l'heure actuelle on peut remarquer que le « behaviorisme » demande un acte de foi aussi fort que l'admission d'un miracle.

Deuxièmement, tout physicien admet que la physique ne peut donner qu'*un rapport provisoire* sur les lois de la nature: chaque loi, chaque théorie ne règne que comme un roi, afin que le peuple puisse dire « la loi est morte, vive la loi » ou selon les mots d'Einstein: « *si c'est vrai ce n'est pas de la physique, si c'est de la physique ce n'est pas vrai* ». Si l'on admet que nos connaissances sont encore imparfaites, où donc réside le déterminisme?

Troisièmement, nos connaissances du monde extérieur ne sont pas complètes; il y a une dizaine d'années on ne connaissait presque pas la structure du DNA, une trentaine l'existence des ceintures de radiations Van Allen, une centaine la radioactivité.

Si le déterminisme admet que tous ces phénomènes jouent, ont joué et joueront un rôle dans le plexus de l'immanent (et peut-il le nier?), comment va-t-on tenir compte des choses encore inconnues ou incomprises qui peuvent arriver à bousculer n'importe quelle théorie? Finalement, il a été proposé par J. Fourastié — dans un petit livre (Les Conditions de l'esprit scientifique) qui est en partie attirant, en partie tout-à-fait déficient en ce qui concerne la compréhension de la science — que cette dernière n'a rien à voir avec les événements très rares, par exemple ceux qui n'ont lieu que tous les 10.000 ans. Bien que ce soit une hérésie pour les géologues, il y a une certaine part de vérité dans ces mots. Car la science traite des observations reproductibles, même en géologie, et un événement qui n'aurait eu lieu qu'une fois ne se prête pas à être le sujet d'autre chose que d'une description scientifique tout-à-fait superficielle. Les théories cosmologiques qui essayent d'expliquer la naissance des étoiles, la genèse des *novae*, etc... ne peuvent être qu'extrêmement spéculatives à cause de la rareté de ces événements et de leur courte durée. Au même titre, un événe-

ment qui est supposé avoir eu lieu une fois seulement — comme par exemple l'Immaculée Conception — ne peut être ni confirmé, ni infirmé par la science: le raisonnement qui dirait qu'une telle chose est impossible parce qu'on n'a pas pu faire une étude objective de l'événement est empreint de parti pris. Cela ne veut pas dire, bien entendu, qu'il existe des sujets, des questions où la science ne doit pas pénétrer; étant donné que la science est la vie contemplative des jours contemporains, il faut avoir l'esprit ouvert et admettre la possibilité d'événements uniques et inattendus. Mais n'anticipons pas; on reviendra sur ce point plus tard. Pour le moment, il suffit de nous méfier du déterminisme préarrangé, c'est-à-dire de la vue qui prétend que l'univers est une horloge mise en mouvement selon un plan prédéterminé.

Cessons de nous attarder plus longtemps sur ce facteur de l'immanence et sur les questions qui s'y rattachent. Nous avons assez expliqué ce concept pour commencer à dévoiler l'analogie du monde des phénomènes avec la machine à tisser.

On peut imaginer que le monde visible, tangible, temporel est un tissu; un tissu de complexité immense, à trois dimensions, dont nous faisons partie nous-mêmes et dont nous ne voyons jamais que la portion en train d'être tissée à chaque instant du temps. Le tissu existe à nos yeux, ainsi que pour nos autres sens, et se prête à nos mesures scientifiques: il est le *monde perceptuel*, ce monde qui est pour la plupart des gens de la civilisation post-chrétienne de nos jours — pour autant qu'ils s'en rendent compte — le monde du réel; selon les mots de Lord Kelvin: « *si vous n'arrivez pas à mesurer quelque chose, votre connaissance en sera faible et insatisfaisante* ». Pour bien d'autres, non seulement des esprits religieux ou philosophiques mais également des esprits sceptiques. le monde perceptuel ne présente que des apparences et des illusions, et la réalité est à trouver dans les connaissances de l'âme et de l'esprit (ou, pour les sceptiques, peut-être nulle part). Quoi qu'il en soit, c'est le monde perceptuel qui constitue l'objet de l'étude des chercheurs et qui forme notre tissu.

La partie essentielle du concept de tissage est la possibilité de créer un dessin par la répétition d'opérations simples selon une séquence prédéterminée. Ce sont nos processus de la nature qui jouent ici ce rôle et qui constituent les différentes parties de la machine. Il y a néanmoins une différence importante étant donné qu'il manque à notre machine une séquence d'opérations immuables: chaque opération individuelle reste disponible à la nécessité du moment et le dessin est en changement continuel, comme nous allons le voir.

Considérons maintenant le fil à tisser, autrement dit le *facteur de configuration*. Voici le domaine des sciences descriptives, de l'histoire naturelle, des observations curieuses ou banales, à petite ou à grande échelle, portant sur des régions proches ou lointaines, du vivant ou de l'inanimé. C'est le domaine non seulement des savants, mais également des explorateurs, des géographes, des astronautes, des alchimistes, des collectionneurs, des amateurs de toutes sortes de constatations étranges et rares, des conservateurs de musée. Dès le temps d'Aristote (qui aurait pu devenir lui-même, sous le patronage d'Alexandre le Grand, le premier conservateur du musée du

monde ancien), et même auparavant en Babylonie, en Chine, en Angleterre à Stonehenge des catalogues d'observations de la nature ont commencé à paraître; leur volume et leur envergure sont devenus, depuis, de plus en plus grands. La description, l'appellation et la classification de ces observations sont devenues, petit à petit, le domaine des sciences telles que la biologie, l'astronomie et la géologie dans les sens classiques de ces mots. Par exemple, un des géologues contemporains (W. H. Bradley) a dit que « *la plupart des géologues se contentent d'explorer et de décrire* », et il est évident que les travaux habituels en géologie consistent en la description des observations faites sur les roches — macroscopiques ou microscopiques — à la boussole ou au spectrographe, qu'il s'agisse de faciès de métamorphisme ou d'espèces de fossiles, dans une région quelconque soit de 10 cm², soit à l'échelle d'un continent, suivie par des classifications détaillées et les généralisations qui en découlent.

Normalement, le contenu d'arguments abstraits et déductifs est beaucoup moins important que ce n'est le cas en physique, mais il n'y a pas de raison pour reprocher cela au géologue: après tout c'est la nature brute qu'il étudie, certainement pas un système de raisonnement mathématique créé par l'homme pour ses besoins et plus facile à comprendre que la nature qui le contient. Comme nous l'avons fait remarquer d'ailleurs, *il est plus difficile de décrire quelque chose que de l'interpréter*. Néanmoins les divers processus opérationnels groupés sous le nom générique de *classification* sont toujours supposés, par la plupart des savants, exiger moins de sagesse et de souplesse d'esprit que le raisonnement appelé « abstrait ». Grâce à un tel point de vue, le physicien éprouve assez souvent du mépris pour le géologue qui ne peut pas arriver à donner une réponse nette et sans ambiguïté à des questions comme les suivantes:

Qu'est-ce qu'une espèce paléontologique?
Qu'est-ce qu'un granite?
Est-ce que les gîtes de nickel de Sudbury sont d'origine hydrothermale?
Pourquoi n'y a-t-il pas un accord général, parmi vous géologues, sur le sens d'un mot simple comme « recristallisation » ?

En réalité, la classification est un système d'induction multivariée, qui se déroule de la façon suivante. L'observateur est une sorte d'enregisteur de perceptions sensibles qui arrivent aux yeux, aux doigts, à la bouche, etc... Dès l'enfance, il apprend d'une manière plus ou moins inconsciente à répartir ces perceptions parmi des *catégories adjectivales* — ceci est grand, rouge, pointu, de forme géométrique quelconque, tendre, etc. En face d'un ensemble de perceptions provenant d'un objet naturel, il remplace l'ensemble adjectival, nombreux et détaillé, par un nom: une fleur, un professeur, une étoile, etc... A un niveau plus élevé, plus sophistiqué, on fait la même chose dans les sciences descriptives. Cependant il est très important de réaliser qu'il s'agit maintenant d'un processus d'idéalisation, d'induction, de statistique descriptive; en remplaçant l'ensemble adjectival (par exemple noir, dur, solide, pesant,

magnétique, à lustre sub-métallique, etc...) par un nom (magnétite), on passe de l'individu au concept, en perdant quelques qualités individuelles (ce morceau a un diamètre de 2 cm, n'est pas homogène, a été poli sur une surface pour mieux l'étudier, etc.). Ensuite le mot magnétite existe pour remplacer les propriétés adjectivales et générales qui appartiennent à tout individu de ce genre: mais magnétite ne peut évidemment constituer une description complète de l'individu, qui possède toujours ses qualités entièrement individuelles et non comprises sous la rubrique « magnétite ». Il paraîtrait donc que nous avons dans la science une *idéalisation* tout-à-fait différente de celle de Platon, qui aurait dit que c'est seulement la table idéale qui possède toutes les qualités d'être « table », tandis qu'une table particulière n'appartient à cette catégorie que dans un sens un peu diminué; pour le géologue, l'idée de « roche » est *l'ensemble minimal* qui sert à caractériser la catégorie, et toute roche individuelle a quelque chose en plus de cela. En somme, nous voici arrivés à l'affirmation de John Stuart Mill que « *toute définition n'est que celle d'un nom.* Et ce qui est d'importance suprême est que plus le niveau d'appellation est élevé — autrement dit, plus l'ensemble adjectival qui sert à définir le nom est grand — plus on perd l'individualité des choses.

L'idée d'un grain de sable nous donne une impression bien plus individuelle et unique que l'idée d'un grain de plagioclase, même en acceptant que le dernier terme nous donne plus de précision, car le concept « sable » est quelque chose de plus immédiatement reconnaissable que celui de « plagioclase ». Le premier est basé sur des perceptions d'enfance, tandis que le dernier nous invite à contempler toute une série de généralisations sur les idées de solide, d'homogénéité, d'éléments chimiques en général, d'éléments chimiques qui font partie de ce grain, de règles de combinaison chimique, de formule chimique, d'isomorphisme, de solution solide, etc... C'est en cela que résident, côte à côte, l'une des grandes forces de la méthode scientifique et l'une de ses faiblesses. La force se manifeste dans l'idée de remplacer un amas énorme de constatations faites, dépouillées et généralisées, par un seul mot, un terme qui flotte comme un iceberg sur la mer, nous permettant seulement de voir la surface, le dessus, en oubliant les six septièmes en dessous de la surface. La faiblesse réside dans le fait qu'on risque d'oublier totalement ces six septièmes, c'est-à-dire d'oublier que tout individu a ses attributs personnels qui ne font pas partie de la signification du nom: le grain de plagioclase peut contenir du fer, être impur dans plusieurs autres sens, être hétérogène, ne pas avoir la formule dite « correcte », autrement dit peut posséder des caractères qui ne font pas partie de l'idée de « plagioclase ».

Quand nous sommes confrontés avec une catégorie bien plus abstraite que celle de minéral, le concept d'« atome » par exemple, nos problèmes deviennent formidables. En vérité, on n'a pas du tout le droit de parler d'un atome unique, et cela était bien le cas, avant même Heisenberg, pour la seule raison que le concept d'« atome » est une combinaison de propriétés mesurées sur la matière en masse et de l'idée abstraite de la subdivision répétée d'un corps solide jusqu'au point où cela n'est plus

possible. Bien entendu, il n'y a rien de nouveau ici et il y a beaucoup d'avantages pédagogiques à continuer d'employer l'idée d'*un* atome mais, pour la plupart des gens qui n'ont pas de formation scientifique, un atome donné existe sans aucun doute en l'année 1967.

Si l'on peut dire que les idéalisations, qui servent comme noms de catégories d'objets, assez empiriques sont des *abstractions concrètes*, on peut aller plus loin et dire également qu'un terme comme « atome » est une *abstraction abstraite* sans aucune relation avec le concept d'individu. Atome, électron, photon, toute particule élémentaire se prête à une telle définition.

L'idée de processus a quelque chose de tout-à-fait semblable. Le concept de la gravité exprime le concept de l'attraction réciproque entre deux corps. Mais afin de préciser cette idée, il faut parler des échelles de mesure, d'accélération, de masse, des coordonnées de référence; pour arriver ensuite à une expression plus quantitative de la loi de gravité, il nous faut faire des expériences avec des corps ou des appareils individuels en tenant compte des effets dits « extérieurs » comme le champ magnétique, la résistance de l'air, les perturbations quelconques qui consomment de l'énergie, etc... La loi obtenue finalement est une idéalisation construite en supposant que ces effets externes, ces *accidents* des circonstances entourant les expériences n'existent pas. La loi repose en effet, comme la partie supérieure d'un nouvel iceberg, sur un énorme ensemble d'observations particulières et individuelles qui la soutiennent mais qui sont supposées ne pas en faire partie. Le résultat en est que la loi pure et simple n'a aucun rôle à jouer dans la nature sans une série interminable de spécifications.

Les idées de Platon et d'Aristote — d'où provient même le mot « accident » synonyme de « qualité » ou d'« attribut — nous ont tant impressionnés qu'on risque de perdre toute idée de l'individu.

Où donc se trouve la réalité dans la science? Les observations ont été généralisées et sont incontestablement incomplètes; les lois de la science, fondées sur de telles généralisations d'observations, sont elles-mêmes des idéalisations qui ne s'appliquent même pas aux conditions dans lesquelles elles ont été décelées. Nos facteurs d'immanence et de configuration existent encore, sans doute, mais il est évident que la machine à tisser et le fil à tisser ont tous les deux quelque chose d'éphémère; peut-être le tissu qui sort n'est-il même qu'une image du monde de la perception, comme Platon lui-même nous l'apprend dans l'allégorie de la caverne.

Il faut peut-être insister sur le fait que tout ce que nous venons de dire s'applique seulement à l'interprétation philosophique des énoncés scientifiques, et le tissu — imaginaire ou réel — qui sort de la machine infernale est le monde perceptuel de la science. Evidemment, dans le monde habituel, les données et les lois de la science constituent une combinaison très puissante, soit pour prédire l'issue d'une expérience fondamentale, soit pour fabriquer — ou plutôt donner les bases nécessaires pour fabriquer — un ordinateur électronique, une sonde donnant des renseignements

sur la surface de la planète Mars ou une bombe à hydrogène. Le monde habituel (peut-être celui de la réalité?) doit ressembler de quelque manière à la description qu'en donne la science.

En abordant le sujet de notre troisième facteur — *facteur d'évolution* — il faut signaler qu'il ne s'agit pas que de l'évolution biologique, aussi importante qu'elle soit, mais d'une évolution plus fondamentale. C'est le *mouvement* dans le sens d'Aristote, l'idée des changements de position, de forme et de nature qui accompagnent l'écoulement du temps et qui, une fois accomplis, ne se manifesteront plus jamais. Il va de soi, alors, qu'on ne peut jamais faire une seconde fois une expérience, une observation, une mesure; chaque événement est unique, seul, singulier, qu'il s'agisse de la naissance d'un prophète ou de la mort d'un moustique. Pour le géologue de terrain, il n'est presque jamais nécessaire d'insister sur ce point; il sait bien, lui, que les affleurements ne restent pas constants d'un jour à l'autre, qu'ils sont détruits par l'érosion et même par le marteau (il y a de nombreux gisements de minéraux rares qui ont été totalement épuisés par les collectionneurs), et qu'ils sont également modifiés dans un sens métaphorique par l'état psychologique de l'observateur, qui peut obtenir des mesures et des constatations différentes en fonction de sa propre évolution récente. La nature et l'observateur réagissent entre eux, non seulement au niveau « Heisenbergien » de l'électron, mais même en plein air. Le père Teilhard de Chardin dit à ce propos qu'« *aucun fait n'existe dans un isolement absolu* ».

Même dans le laboratoire du chercheur une expérience ne peut pas se répéter, et la précision diminue à la suite d'une nuit blanche de notre aimable savant. Cela évidemment se reconnaît, mais, même avec les expérimentateurs les plus soigneux, il existe toujours le facteur personnel: d'habitude on l'assimile au concept du fond, du bruit, des parasites, c'est-à-dire à des erreurs aléatoires. En effet, il faut reconnaître qu'un des aspects les plus admirables de la physique est qu'on arrive par des moyens techniques formidablement ingénieux à presque anéantir l'effet de l'imprévu; mais nous tenons à insister sur ce « presque » comme une restriction absolument essentielle. Un changement de température, le mode d'utilisation des appareils, quelques grains de poussières, etc... peuvent exercer un effet imprévu sur la mesure à faire. Il faut se souvenir d'une vraie loi de la nature, établie depuis longtemps et bien connue de ceux qui s'occupent des analyses fastidieuses de minéraux: « *everything interferes with everything else* » *(toute chose dérange les autres)*. Il faut ajouter en outre que nous ne parlons pas seulement des petites variations dans l'environnement de l'expérience; même les erreurs globales, les accidents, les fautes de manipulation jouent tous un rôle semblable du point de vue philosophique, il s'agit d'événements uniques. Si on laisse tomber une lame mince, un tube à rayons X, il nous semble raisonnablement évident qu'on ne peut plus examiner l'une ou utiliser l'autre.

Nous voici finalement sur la piste d'Héraclite qui a dit: « *on peut et on ne peut pas se tremper deux fois dans la même rivière* »; cet apophtegme éclaire les mots de De Santillana cités plus haut. Malheureusement, on peut douter de l'exactitude

de ces mots; actuellement l'esprit d'Héraclite ne revient que rarement obséder les savants. Nous insistons quand même pour répéter cette citation aussi souvent que possible, avec l'espoir qu'elle deviendra petit-à-petit un peu plus vraie.

Si nous contemplons encore une fois notre machine à tisser, on voit maintenant que le facteur d'évolution se manifeste comme un changement perpétuel des motifs, des dessins, du tissage. A chaque instant, le tissu de notre monde perceptuel se fabrique en fonction des processus agissant et des matériaux disponibles à cet instant, héritiers eux-mêmes de tout ce qui a déjà paru, ou plutôt c'est ainsi qu'il doit nous apparaître, à nous qui faisons nous-mêmes partie de l'ensemble.

Peut-être s'aperçoit-on du paradoxe qui se cache parmi ces fils de tissu entrelacés. C'est que malgré toutes nos protestations, on a l'air d'être en présence d'une machine inéluctablement déterministe; on peut quand même échapper à ce Minotaure en se souvenant que nous venons d'utiliser le terme « aléatoire ». Expliquons ce que nous voulons dire.

Au fond, les événements ont lieu et nous interprétons leurs associations, liaisons, interactions comme des processus quand leur déroulement est assez constant. Certains événements sont rares, isolés, en dehors de l'immanent; d'eux nous disons que c'est un phénomène à expliquer (par exemple un séisme), ou que c'est un acte de volonté (le coup de pied à la télévision), ou que c'est une faute (casser une lame mince) ou encore que c'est un miracle. Quoi qu'il en soit, il y a de tels événements, totalement imprévus, qui influencent et modifient le déroulement des processus dits normaux. Si vous affirmez que nous ne pouvons vraiment pas dire qu'un miracle est un événement aléatoire, il reste tout de même vrai que le résultat aurait été le même, en ce qui concerne les objects inanimés, s'il s'était agi d'un événement aléatoire.

Le domaine de l'aléatoire, en parlant toujours de la science, correspond à l'impossibilité de faire une prédiction exacte. Tant de facteurs interviennent dans n'importe quel événement ou phénomène naturel que toutes les connaissances physiques ne suffiraient jamais pour faire une prédiction complète, détaillée. A titre d'exemple de ce que nous voudrions exprimer, considérons la trajectoire d'une balle. On connaît depuis le XVIIIe siècle les principes de mécanique, l'analyse mathématique nécessaire à la situation, l'effet de résistance de l'air, l'effet du vent, etc... Cependant, on ne peut pas s'attendre à toujours atteindre le centre de la cible, même en établissant la ligne de tir sans intervention humaine sauf le réglage d'un appareil de contrôle. Ou encore, tout le monde sait que les altitudes des sommets alpins vont diminuer du fait de l'érosion, à longue échéance bien entendu; on étudie les formes mathématiques des pentes des glaciers, leurs propriétés physiques et leur vélocité d'écoulement. On peut calculer leur capacité d'érosion et de transport des débris des hautes cimes vers les vallées, mais qui peut calculer le moment où un caillou va se détacher du sommet du Mont-Blanc?

Autrement dit, nous ne doutons pas que des phénomènes aient des causes assez bien définies et que l'on puisse établir une chaîne d'événements consécutifs. Mais s'il

s'agit là d'un déterminisme — et nous avons déjà indiqué plusieurs raisons d'en douter — ce doit être un déterminisme qui ne se prête pas à une interprétation avant que l'événement ait eu lieu; c'est un *déterminisme rétrospectif ou aléatoire*. Selon les mots de Fourastié (ibid.), *on ne peut observer l'avenir*.

Il n'est pas sans intérêt, au point où nous nous trouvons maintenant, d'examiner un peu l'idée de *probabilité*, parce que c'est un concept qui dérive immédiatement du fait que l'on a admis l'existence d'événements aléatoires. Dans les sciences, on se sert énormément des idées probabilistes, souvent sans tenir compte du fait que la probabilité est quelque chose de très difficile à préciser en termes philosophiques. Même la loi de Gauss, la loi normale, reste encore dans l'état décrit par Poincaré il y a plus de soixante ans: *tout le monde accepte la loi normale ; les mathématiciens car ils croient qu'elle a été établie par des observations scientifiques ; les chercheurs car ils croient qu'elle repose sur des preuves mathématiques.*

Le problème le plus difficile présenté par l'idée de probabilité est le suivant. Supposons que dans un petit sac se trouvent 21.600 grains de sable, dont 216 de grenat; on dit que la fréquence relative du grenat est de 1 pour cent. Après avoir compté les grains dans un certain nombre de tels sacs, et en trouvant toujours qu'il y a à peu près 1 % de grenat, notre sédimentologue (assez fatigué sans doute) en tire une généralisation. Cependant, ayant le vif désir d'être précis et objectif, il ne dira pas que *la proportion du grenat parmi les grains de sable est d'un pour cent*; en tenant compte des hasards, de l'aléatoire, il déclarera plutôt que *la probabilité de trouver un grain de grenat parmi les autres grains de sable est d'un pour cent*. Assez souvent, les résultats sont exprimés par des mots moins précis que ceux de la déclaration précédente, par exemple on dira qu'*un pour cent des grains de sable est du grenat*, avec comme conséquence que le lecteur ne peut pas savoir si cette proposition est supposée être exacte ou probabiliste, mais cela est une erreur qui n'a rien à faire avec la question du sens de « probabilité ». Alors que voudrait-on exprimer par l'emploi d'un tel mot?

Certains supposent que la probabilité se définit comme la limite de la série infinie des fréquences observées, mais c'est inexact parce qu'on ne dispose pas d'une série infinie d'échantillons. Nous sommes sûrs que le nombre des grains de sable dans le monde est tout-à-fait rationnel et défini; nous ne voudrions pas en donner la preuve, mais nous pouvons également être sûrs que le nombre de grains de grenat est aussi une quantité en principe connaissable. Il n'y a donc rien d'incertain ou d'aléatoire dans la proportion relative des grains; on ne peut arriver à une définition de la probabilité basée sur la notion de série infinie puisque le nombre d'échantillons est fini ou limité.

Si, cependant, on cherche à tourner cette difficulté en supposant qu'après chaque comptage le contenu du sac soit reversé dans le stock mondial de sable, on peut bien envisager alors une série quasi-infinie de prises d'échantillons. Si on essaye sur cette base théorique différente d'établir à nouveau l'idée de probabilité, par la limite des fréquences observées, chacune étant calculée de manière à inclure tous les tirages pré-

cédents, on rencontre encore des problèmes. R. A. Fisher, par exemple, prétendait que nous ne savons pas si de telles limites existent ou non. D'autres, parmi lesquels R. B. Braithwaite, déclarent qu'une telle définition ne permet pas de faire des propositions ou hypothèses probabilistes sur des fréquences expérimentales, parce qu'une partie limitée d'une série infinie n'a aucune relation en soi avec la valeur de la limite. Une définition de la probabilité qui ne se prête pas à être employée avec les données expérimentales ne servirait à rien.

Quoique le problème puisse s'exprimer par l'algèbre des ensembles et la logique symbolique, il revient tout de même au fait que l'on désire avoir un outil pour observer l'avenir (selon les mots de Fourastié déjà cités), tandis que *nous ne pouvons pas sonder l'avenir, si ce n'est à travers le présent*. Un événement pourra ou ne pourra pas avoir lieu dans l'avenir; nous n'en savons rien. S'il a lieu, c'est dans le présent; ensuite il est devenu un élément du dessin du tissu du passé. La probabilité n'est plus qu'un espoir, quelque peu quantitatif, que l'avenir va se dérouler comme nous l'a enseigné le passé; c'est une croyance aux lois d'induction tout en sachant leur péché originel. A vrai dire c'est l'espérance mathématique prise dans un sens allégorique.

Une chose, qui est très importante à reconnaître dans le concept de probabilité, est que ce concept n'appartient pas du tout aux phénomènes ou aux événements eux-mêmes, mais seulement aux propositions que nous faisons nous-mêmes à leur sujet; c'est une expression de confiance en nos pouvoirs de prophète. Si nous disons que l'on peut attribuer une probabilité de 99.999 pour cent à la proposition que le soleil se lèvera demain ou qu'il n'y a pas de diamants dans les roches du Salève, l'incertitude ne se trouve aucunement dans le soleil ou dans le Salève. Dans le monde de la nature, le hasard ou l'aléatoire existe, mais la probabilité est une image anthropomorphique, surimposée à la nature par l'homme.

Nous avons commencé en estimant que la géologie avait encore des contributions à apporter à la philosophie des sciences. Nous l'avons même comparée au Phénix, et nous ne nous permettrons point d'achever cet exposé sans ajouter un mot. Continuons donc avec l'apothéose de la géologie (ou, peut-être, plutôt du géologue).

Les dons de la géologie en matière philosophique semblent, aux yeux de la plupart des savants, s'être perdus vers la fin du XIXe siècle. Parmi les apports philosophiques les mieux connus se trouvent l'idée d'*histoire de la terre* et son corollaire l'*évolution organique*. En ce qui concerne la première notion, le géologue a substitué à l'idée de création à un moment fixé de la terre et de sa charpente de montagnes, de plaines et de mers, de sa flore et de sa faune la vision d'une histoire de durée incroyablement longue, des mouvements lents et continus de l'écorce terrestre, l'arrivée de la mer dans des lieux où se trouvent maintenant des montagnes, des soulèvements de la terre des profondeurs des océans, de telle sorte que, selon les mots de Hutton, « *il n'y a pas trace de début, ni perspective d'une fin* ».

A ces propositions séduisantes, hérétiques, tentations du Diable lui-même, l'Eglise s'opposa avec une grande fermeté. C'est bien par cela qu'on peut expliquer la nais-

sance tardive de la géologie (elle n'est guère plus âgée que la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève, qui fut fondée à l'époque de A. G. Werner), par comparaison avec les autres sciences, une naissance qui a été retardée par la large dissémination de la connaissance de l'Ancien Testament après l'invention de l'art de l'imprimeur. En effet, le système d'Aristote, où la terre imparfaite se situe au centre de l'univers avec le Ciel des Cieux à l'extérieur — système qui avait été incorporé à la philosophie chrétienne par les théologiens anciens — aurait permis des changements de l'écorce terrestre, dont Aristote lui-même avait déjà eu connaissance. Cependant les astronomes ont provoqué une colère bien plus forte de l'Eglise par leurs observations des corps célestes, où aurait dû régner la Perfection Absolue.

D'autre part, on se demande quelles auraient été les conséquences pour tous les aspects de la vie humaine, si le berceau de la civilisation européenne avait été situé sous les cieux nuageux et parmi les rochers gigantesques des environs de Genève, au lieu de se trouver sur les côtes méditerranéennes.

Rétrospectivement, il nous semble inévitable qu'après avoir dû accepter enfin l'idée d'une évolution temporelle de la terre, on aie dû s'attendre à une évolution organique comme conséquence manifeste de la découverte des espèces éteintes; mais il n'en fut pas vraiment ainsi, et les conclusions de Lamarck et surtout celles de Darwin déclenchèrent des combats durs et passionnés, qui continuent même de nos jours. Les discussions détaillées touchèrent à la biologie plutôt qu'à la géologie, mais ce fut cette dernière qui révéla le spectacle impressionnant de la succession des espèces animales à travers les temps géologiques.

Mais après que les discussions sur l'évolution commencèrent à s'éteindre, il a semblé à beaucoup que la géologie elle-même s'éteignait. Après le deuxième accouchement philosophique, elle restait stérile, épuisée, sans plus contribuer au monde intellectuel, à l'exception évidemment de son inventaire toujours croissant de roches, de minéraux, de fossiles et des connaissances structurales de la terre, ainsi que de ses guerres civiles qui, aussi brutales qu'elles soient, n'intéressent pas beaucoup le grand public. Il est rarement fait mention de questions géologiques dans nos journaux, sauf lors d'un désastre naturel.

Nous avons tout de même parlé d'une apothéose, d'une renaissance, et avons même stipulé qu'il n'existe que deux sciences: la géologie et la biologie. Nous aurions même pu dire que la dernière fait partie de la première sauf en une chose, c'est qu'il semble que la question de l'existence du phénomène vital est quelque chose qui se situe en dehors de la géologie. A part cette restriction, nous aurions été tentés de dire que la géologie comprend toute la science. Il ne faut pas en chercher les raisons bien loin, elles résident dans les paragraphes précédents.

Le savant complet doit tenir compte de nos trois facteurs. Afin d'avoir le doigt sur tous les aspects de la science, il faut qu'il connaisse non seulement les processus, les lois et les synthèses puissantes du physicien, avec son esprit expérimental, spéculatif et orienté vers la symbolisation. Il faut qu'il connaisse aussi la « trame enche-

vêtrée » des matériaux, des événements, des phénomènes de la nature brute au-delà du laboratoire, où l'on n'étudie que la science anti-naturelle des systèmes simplifiés, avec la plupart des variables contrôlées ou constantes, et où on ne cultive qu'un jardin presque idéal, sans mauvaises herbes. Il faut finalement qu'il sache l'importance philosophique de l'écoulement du temps, que chaque événement a lieu une fois et une fois seulement, que l'évolution du tissu du monde perceptuel comprend plus que l'évolution organique et plus que l'entropie.

Autrement dit, notre savant complet a besoin d'avoir la tête dans les nuages, les pieds sur la terre et les yeux sur la montre. Ou, pour employer une analogie un peu moins déconcertante et plus proche de la géologie elle-même, considérons nos trois facteurs comme pôles ou composants d'un système ternaire, représenté normalement par un triangle équilatéral. Le savant complet devrait être quelqu'un qui se placerait près du centre du triangle, afin de faire de sa science une synthèse des trois composants. Personne n'a le droit de se situer là, à moins de connaître la géologie et d'avoir l'esprit du géologue, de l'étudiant de la nature « naturelle ». Que le géologue prenne donc cette place !

On peut terminer avec quelques réflexions supplémentaires. Dans cette description du tissu perceptuel, nous avons laissé beaucoup de choses de côté. La vérité, les valeurs ultimes, le réel, la musique, la divinité, le bien et le mal, ne faisaient pas partie de notre tissu. Mais ils n'en sont pas exclus, ni les événements et les expériences de l'esprit, ni même l'intervention divine dans les affaires humaines, que nous ne pourrions pas distinguer des événements aléatoires. Le système que nous proposons, autrement dit, permet au chercheur, au psychologue, au théologien, au poète et au prophète de vivre ensemble amicalement, selon les mots de W. Temple, en traduction libérale « la connaissance scientifique tombe dans le domaine du soushumain; il ne faut pas oublier qu'il y a aussi les domaines de l'humain et du surhumain ». Outre les phénomènes, il existe les noumènes.

* * *

Je tiens à remercier M. le professeur M. Vuagnat pour son aide dans la rédaction de ce manuscrit et M. R. Laurent pour ses bons soins dactylographiques.

BIBLIOGRAPHIE

SAMUEL AND DINGLE, H. (1961). *A threefold cord.* Allen and Unwin, London, 280 p.
SANTILLANA, G. de. (1961). *The origins of scientific thought.* Mentor, 320 p.
ALBRITTON, C. C., editor (1963). *Fabric of Geology.* Addison Wesley, 372 p.
FOURASTIÉ, J. (1966). *Les conditions de l'esprit scientifique.* Gallimard, Coll. Idées, NRF, Paris.

Manuscrit reçu le 9 février 1967.