



Intelligibilité et historicité (Science, rationalité, histoire)

Michel Paty

► **To cite this version:**

Michel Paty. Intelligibilité et historicité (Science, rationalité, histoire). Les grands rendez-vous de la science et de l'histoire, 2000, Paris, France. halshs-00170534

HAL Id: halshs-00170534

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00170534>

Submitted on 9 Sep 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Intelligibilité et historicité (Science, rationalité, histoire)

MICHEL PATY

Conférence à la séance de clôture sur "l'Histoire des sciences dans le patrimoine mondial", du Colloque *Les grands rendez-vous de la science et de l'histoire*, Palais de la Découverte et UNESCO, Paris, 20-25 mars 2000 (le 25.3), et à la séance sur "Science et diversité culturelle - Ciencia y diversidad cultural - Science and Cultural Diversity", *VII Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, Pachuca, Mexique, 26-29 novembre 2000 (le 27.11). (Le second exposé, prononcé en espagnol, avait pour titre: Reflexiones sobre las relaciones entre la inteligibilidad y la historicidad en las transmisiones y las creaciones de conocimientos científicos).

Résumé

L'un des principaux objectifs de la science est de montrer que "le monde est intelligible" par la raison humaine. Cette tentative de compréhension rationnelle a une histoire, laquelle est étroitement liée à celle des sciences, mais aussi à celles des techniques et de la philosophie. Après avoir montré comment la considération des sciences dans l'histoire ouvre ou renouvelle un vaste champ de problèmes philosophiques, nous examinons la question de l'intelligibilité sous divers aspects qui vont de la rationalité (plus large et complexe que la seule logique) à l'action pratique (avec la pensée technique), à l'esthétique et aux choix éthiques, à la communicabilité des connaissances, dans le temps et dans l'espace, et aussi à la création scientifique. Nous analysons ensuite les rapports entre construction sociale et historicité, en faisant ressortir toute l'importance des contenus de connaissance, qui ne se laissent pas dissoudre dans les conditions externes de leur constitution. Toute la richesse de l'historicité se laisse voir dans la manière organique dont ces contenus sont tissés à partir de matériaux du monde empirique assimilés dans des constructions rationnelles. L'historicité elle-même nous devient intelligible, et permet de concevoir les élargissements de la rationalité qui permettent les ouvertures, les inventions et les progrès de la connaissance.

Introduction. Les sciences dans l'histoire, un champ de problèmes philosophiques

Dans cette séance de clôture d'un Colloque de presque une semaine sur l'histoire des sciences au travers des siècles et des civilisations, je voudrais proposer quelques réflexions qui appartiennent à ce qu'on pourrait appeler la philosophie de l'histoire des sciences. Elles appartiennent, en vérité, autant à l'histoire des sciences qu'à la philosophie des sciences. Ces réflexions porteront sur quelques aspects bien circonscrits et je ne reprendrai pas les questions générales traditionnellement débattues sur les relations entre la philosophie des sciences et l'histoire des sciences, sinon pour indiquer d'emblée que ces réflexions veulent témoigner à leur manière de ce que l'histoire des sciences, comme d'ailleurs aussi bien les sciences en leur état actuel, constituent pour la philosophie des sciences un champ très riche et vivant de problèmes. Je dis bien un champ de problèmes (philosophiques et épistémologiques) à inventorier, et non un lieu d'application de thèses à illustrer, comme ce serait le cas pour une philosophie des sciences normative qui serait, en réalité, conçue comme séparée de l'histoire des sciences. Et ces problèmes, saisis sur le vif, concrètement pour ainsi dire, sont susceptibles de renouveler opportunément un domaine où l'on a souvent eu tendance, au long du siècle qui s'achève, à s'enliser dans des débats quelque peu scolastiques, sans doute parce que, précisément, quelque chose d'important manquait à une philosophie des sciences insistant de manière unilatérale sur les questions de langage, de logique des propositions et de significations. De telles questions sont, certes, fondamentales pour parler avec précision, mais elles étaient considérées seulement pour elles-mêmes, dans l'abstrait, et aussi dans l'intemporalité, en délaissant le plus souvent la considération des sciences telles qu'elles existent effectivement, avec leurs propositions, leurs procédures, leurs interprétations et controverses, pour ne retenir que des questions sur la pensée et le langage en général.

Cette philosophie de la connaissance était trop coupée de la vie des sciences et sélectionnait ses problèmes en les idéalisant ; et quand elle s'intéressait effectivement aux sciences et non pas seulement à la pensée dans sa généralité, elle se cantonnait dans la zone pour ainsi dire sans risque des connaissances avérées, laissant de côté celles qui se font et qui se trouvent dans un processus de transformation. Si, d'aventure, changements et controverses étaient évoqués, ils étaient aussitôt renvoyés à d'autres instances que la philosophie, à la psychologie des individus et à l'histoire de communautés sociales, les deux étant supposées porter sur des séries d'événements échappant à la science proprement dite et à la saisie de la rationalité. Ceci valant surtout pour la philosophie des sciences de la tradition anglo-saxonne, dans le courant analytique, qui fut comme on le sait très influente, pour le meilleur et pour le pire, sur la philosophie de la connaissance de notre temps.

C'est que l'histoire des sciences est assez encombrante pour des conceptions qui voudraient ramener la connaissance scientifique à une sorte de système logique plus ou moins fermé, rapporté à des catégories déjà fixées en référence à des

savoirs considérés comme acquis, et que l'on pourrait dès lors analyser en chambre. L'histoire des sciences enseigne immédiatement, en effet, à qui s'y intéresse, non seulement que les connaissances bougent et se modifient sans cesse, mais qu'elles ne sont pas uniformes et de nature semblable les unes par rapport aux autres, si l'on considère tant la variété des disciplines que l'hétérogénéité des systèmes de savoirs dans les différentes civilisations et aux diverses époques.

Est-on sûr, d'ailleurs, que le même mot de *science* convienne à des configurations de savoirs et de pratiques prises dans des cultures très différentes ? Même si l'on trouve des raisons convaincantes de répondre affirmativement (ce qui est mon cas), la question mérite d'être posée. Elle est corrélative de la définition de ce que l'on entend par *science*, et les études comparatives sur des aires culturelles variées, comme celles qui ont été développées depuis deux ou trois décennies,¹ obligent, en vérité, à revoir quelques certitudes simplificatrices: de celles, par exemple, qui feraient peu ou prou de la science au sens que nous connaissons pour le monde contemporain la norme de toute science, nous rendant alors aveugles à des pans entiers d'un riche patrimoine de l'humanité.²

Remarquons, en outre, que l'histoire des sciences, par nature, n'inventorie pas seulement les sciences acquises, elle voit se former des savoirs nouveaux, souvent non conscients encore d'eux-mêmes en tant que tels, car la nouveauté, au moment où elle surgit, ne dispose pour nos yeux que de l'espace de ce qui était connu, où elle était encore à proprement parler impensable. Pour que ces connaissances neuves nous deviennent explicites, il faut que les structures mêmes de nos représentations mentales se soient trouvées transformées à la faveur de leur assimilation progressive.

En bref, l'histoire des sciences est l'histoire des connaissances qui, à travers l'espace et le temps, s'inventent, se transmettent, s'appliquent, se modifient, et aussi qui se réfléchissent sur elles-mêmes, par la pensée critique et philosophique, et par l'interpénétration avec d'autres instances de culture. C'est sous ces aspects divers, non fermés et vivants, que l'histoire des sciences nous donne à saisir ce qu'est, dans sa réalité effective, la science, aussi bien l'une des sciences particulières que l'ensemble des sciences dans leurs manifestations locales et différenciées.

En ayant en vue ce paysage, dont il faudra détailler tant soit peu certains traits, je voudrais proposer les réflexions qui suivent sur quelques enseignements philosophiques de l'histoire des sciences, en les centrant autour de la question de la rationalité, ou du rationalisme - lié à la science par nature -, tout en considérant cette rationalité sous les éclairages qu'en procure l'histoire. Je me concentrerai donc, dans cette perspective, sur plusieurs problèmes des rapports entre science, rationalité et histoire, rapportés au double point de vue de l'intelligibilité et de l'historicité ; autant dire que j'ai modifié, dans le sens d'une explicitation, le titre

¹ Cf. p. ex./ Jami, Moulin & Petitjean [1992], Habib & Raina [1999], et références bibliographiques dans Paty [1999b].

² Cf. Paty[1999aetb].

qu'il m'était initialement proposé de traiter, "La science et le rationalisme", en le faisant glisser vers une formulation plus précise et également plus actuelle, à savoir "Intelligibilité et historicité", avec en sous-titre "Science, rationalité, histoire".

Dimensions de l'intelligibilité

Explicitons donc quelques aspects du paysage qui s'offre à nous si nous tenons compte des travaux des historiens et des philosophes sur les sciences et la pensée scientifique en les rapportant à la question de l'*intelligibilité*, c'est-à-dire de l'*appropriation par la raison, dans les pensées subjectives singulières, de tel élément de connaissance*. Sans intelligibilité, il n'est pas de science, puisque la science est une production humaine, et, bien entendu, il n'est pas non plus d'histoire des sciences, puisque toutes les réceptions, transmissions, remaniements et nouveaux cours de sciences sont le fruit d'expériences vécues par ces mêmes subjectivités, fussent-elles rassemblées en "communautés", et considérant de toutes façons qu'elles participent d'une vie sociale. Il n'est pas de communautés et de société sans sujets individuels, à moins de parler de robots (et même pas de clones). L'orientation des convictions intellectuelles selon des "paradigmes" dans le sens kuhnien,³ caractéristiques d'une époque et d'un contexte social, est une image bien trop schématique et même grossière, que l'on dirait calquée sur celle d'un champ magnétique orientant une limaille de fer au comportement uniforme, pour qu'elle puisse s'appliquer effectivement à des pensées humaines qui sont aussi conscience, raison et volonté. Toute autre est l'idée de "champ intellectuel" ou de "champ scientifique" proposée par Pierre Bourdieu, qui laisse aux individus la possibilité de s'orienter différemment les uns des autres, gardant leur capacité d'originalité créative.⁴

L'histoire des sciences nous apprend que les connaissances ne sont pas transmises de manière uniforme, la compréhension faisant appel à un ensemble complexe de dispositions et d'attitudes, comme les enseignants le savent bien. Elle nous apprend aussi que les savants ou les chercheurs eux-mêmes n'ont pas exactement la même lecture d'un fait, d'un problème, ou d'une proposition scientifiques, bien que ceux-ci soient présentés sous une formulation rationnelle et aussi objective que possible (nous reviendrons sur ces différences, liées aux "styles scientifiques").

Retenons, pour l'instant, que la rationalité, qui fait la science, en ce sens du moins qu'elle caractérise les contenus de science, car il faut tenir compte aussi du donné d'observation ou d'expérience constaté (mais cette constatation résulte elle-même d'un travail dans la rationalité: critique, procédure, vérification, etc.) ; que la rationalité, donc, n'est pas uniforme et univoque pour tous, même si tous ont la capacité de raison. Retenons encore que la rationalité dans la pensée d'un sujet n'est pas isolée et s'accompagne de la capacité d'émotion, du sentiment esthétique, de préoccupations métaphysiques, voire religieuses, de l'exercice de la volonté, de projets, de choix de valeurs, d'une culture, d'une représentation du

³ Kuhn [1962].

⁴ Bourdieu [1966, 1976].

monde, selon des dispositions propres à chaque individu, qui guident d'ailleurs l'"intuition intellectuelle" comme perception synthétique immédiate... Cette "intuition" à laquelle tous les grands savants et philosophes de l'histoire de la pensée se réfèrent, même si les uns et les autres la conçoivent différemment, chacun à sa manière, pour rendre compte d'une constatation sur des faits d'intelligence dont ils ne savent pas donner de description détaillée par l'analyse.

Autrement dit, le rationnel n'est pas univoque et déborde largement le logique ; il peut prendre, dans les modalités de la compréhension, appui sur l'intuition intellectuelle, qui fait intervenir des facteurs dont la complexité résiste à l'analyse. Il joue sur les registres du réel et du possible, et implique la prise en compte de données multiples et de situations compliquées qui multiplient les solutions concevables *a priori*. Et pourtant, malgré cette grande flexibilité, le rationnel peut être qualifié de manière positive, et opposé à l'irrationnel. Il permet de définir l'intelligibilité (l'intelligibilité rationnelle, justement), et constitue le moteur de la démarche scientifique. C'est lui qui donne la possibilité de décrire (et de communiquer) les connaissances scientifiques acquises, et il permet aussi, par sa flexibilité même, de concevoir que l'invention scientifique soit possible comme réponse originale et singulière à une exigence d'intelligibilité posée de manière particulière. Cette intelligibilité particulière elle-même n'est pas fermée dans sa singularité, puisqu'elle peut être transmise et adoptée par d'autres, sans devenir impersonnelle pour autant: elle reste toujours l'objet d'une adaptation idiosyncratique dans l'assimilation par une intelligence singulière. C'est un des traits de la rationalité de permettre la communication (discursive) et le partage des explications. Sans doute l'affirmation que la raison est la chose du monde la mieux partagée n'est-elle pas encore une idée dépassée...

L'idée de science entretient donc avec la rationalité un lien de constitution, et avec elle aussi l'activité technique dont elle est issue, au moins à l'origine: la technique, qui est aussi une pensée (pratique) rationnelle,⁵ est sans doute aussi, comme la science, une pensée qui tient en quelque façon à l'esthétique et aux autres dimensions que nous avons mentionnées. Le lien de la pensée technique à l'esthétique semble attesté dès l'époque paléolithique, si l'on en croit les préhistoriens, qui font valoir que "les pierres taillées (le) sont beaucoup plus [taillées] (...) que leur usage ne le réclamait", et qu'elles présentent "une évidente recherche esthétique", due peut-être, d'ailleurs, à ce que ces outils "étaient investis d'une dimension sacrée". Sans doute est-ce "dans ses gestes d'artisan que l'homme s'est peu à peu découvert artiste...", et peut-être même l'art, qui est apparu indépendamment à peu près au même moment en divers endroits de la planète (de - 40 000 à - 12 000 ans, en Australie, en Europe et en Asie, en Afrique et en Amérique), serait-il antérieur à la pensée conceptuelle.⁶

⁵ Voir, sur le développement de la fabrication des outils, et celui corrélatif de la pensée, les ouvrages désormais classiques d'André Leroi-Gourhan (Leroi-Gourhan [1964, 1971]). Voir aussi Calder [1961]. Sur la philosophie de la technique, voir Simondon [1958]éd. 1989.

⁶ Lorblanchet [1999 a et b].

Soit dit en passant, rien n'oblige à opposer une explication fonctionnaliste classique des formes que nous qualifions d'art et l'attribution à leur propos d'un véritable sentiment esthétique, et l'on pourrait envisager que ce que nous concevons comme *esthétique* est issu de l'histoire de cette pratique primitive déjà très élaborée, qui était à la fois *fonctionnelle* et *signifiante*. La forme exprimait une exigence de sens, d'ailleurs liée à la pratique, à la fonction, et, par là, portait une esthétique. Fonction pratique, sens et esthétique étaient vraisemblablement présents et indistincts à l'origine, dans une pensée de toutes façons symbolique, et n'auront été conçus séparément et de manière réflexive que par la suite, très tardivement sans doute. On en trouverait encore la trace, plus près de nous, dans les temps historiques : le mot art signifiait jusque relativement récemment le travail utile et le savoir-faire par l'outil, dont l'expression, dans la forme, n'était peut-être que secondairement de la beauté.⁷ Il est en tout cas significatif que les arts et les *beaux-arts* aient une même origine (renvoyée par les Grecs à la "*mimesis*").

Il serait assez naturel que la pensée conceptuelle fût advenue bien après la pensée technico-esthétique, qui manifeste d'ailleurs plus directement le lien avec la nature, et même l'immersion dans la nature, pour la reproduire (par l'art), ou pour la prolonger (par l'outil). Quant à la science, elle se caractérise à l'origine (ou plutôt à ses origines, qui sont diverses), comme pratique et comme théorie ; et, d'une certaine manière, du moins dès qu'elle fut réflexive, avec la conscience d'être théorie, c'est-à-dire en admettant de raisonner dans l'abstraction même de la théorie, ayant distendu les liens qui l'avaient initialement formée sur le monde sensible et perceptible, comme on pourrait le reconstituer avec la genèse de la géométrie et l'arithmétique. Pratique ou théorique, la science est une activité qui se produit avant tout dans un univers de formes symboliques (mais déjà, d'ailleurs, chez l'être humain pensant, la sensation et la perception elles-mêmes transposent leurs éléments dans des signes et des formes symboliques).⁸

Les représentations symboliques de la science sont capables d'agir sur le monde. Et, avant elles, celles des grottes ornées, quelle que soit l'interprétation que l'on se donne de l'art pariétal, mais dont la signification était peut-être chamanique, si l'on en croit Jean Clottes et D. Lewis-Williams, dans leur livre sur *Les chamans de la préhistoire*.⁹

⁷ Dans les temps modernes, V *Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert, qui se définit comme *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, établit une distinction entre les arts (c'est-à-dire ce qui a trait à la technique et à l'industrie) et les *beaux-arts* (les arts au sens contemporain). Cf. d'Alembert & Diderot [1751-1780].

⁸ Sur les symboles comme éléments de la pensée et leur rapport à la perception, de nombreuses réflexions ont été développées dès le xv^m siècle (p. ex., Condillac) et surtout à partir du milieu du xix^e, avec von Helmholtz, Hertz, etc. Sur la pensée humaine dans ses différents domaines comme formes symboliques, voir l'ouvrage toujours fondamental d'Ernst Cassirer (Cassirer [1923-1925]). On pourrait aussi évoquer à ce sujet l'histoire de l'écriture (cf., p. ex., Zaiï & Berthier [1997]).

⁹ Clottes et Lewis-Williams [1996], Clottes [1998]. Selon cette conception, l'art rupestre serait la figuration d'expériences d'hallucinations et de trances faites par le chaman pour accéder au monde des esprits et des animaux-esprits. Le chamanisme est sans doute la plus ancienne religion du monde. L'interprétation de Leroi-Gourhan était différente, fondée sur une opposition sexuelle entre des principes masculins et féminins (Leroi-Gourhan [1965]).

Il existe fort probablement, depuis qu'il y a des représentations ou des productions d'objets par les hommes, un lien étroit entre l'action *pratique* (dans la forme et la finalité des instruments), la *connaissance* qui l'accompagne, *l'esthétique* (par la finition des outils, ou le dessin des animaux en mouvement, par exemple), les *significations* exprimées, et la *conscience* qui les explicite et les rend manifestes, et qui les organise ensemble. Ces relations nous sont mieux connues pour la période "historique", notamment par les documents écrits : du moins, pour ce qui est de la pensée des anciens Grecs et de leurs héritiers jusqu'à nous, mais elles le sont moins bien pour les autres civilisations ; il est cependant plus que vraisemblable que ces liens y aient existé aussi, sous des formes certes à première vue différentes de celles auxquelles nous avons nous-mêmes été initiés, et donc qu'ils aient été et soient universels.

Notre science procède de plusieurs origines. Son caractère abstrait la rattache de façon privilégiée à la "source grecque", qui la fonde explicitement sur la raison, le *logos*, défini comme tel par sa fonction intellectuelle et qui lie, en les fondant ensemble, la science et la philosophie.¹⁰ Ce lien de nature et cette fonction, que caractérise l'exercice de la rationalité, s'est établi, ou du moins souvent accompagné, d'oppositions qui se sont succédées au long de l'histoire, selon du moins ce que nous savons des civilisations et des cultures méditerranéennes et européennes. Opposition, tout d'abord, de la science et de la pensée rationnelle contre le mythe (avec les physiciens ioniens, les philosophes présocratiques), puis contre l'opinion, par la philosophie, avec Socrate se heurtant aux sophistes, puis avec Platon, Aristote... Opposition, plus tard, contre l'autorité reçue, qui imposait à l'exercice de la rationalité des limitations étroites, celle de ["Ecriture révélée" des religions, aussi bien que celle des auteurs anciens. En témoignent les affirmations de Galilée, de Descartes, de Pascal, sur la nécessité de juger par soi-même, par l'usage de la raison appuyée sur l'observation, dans les matières profanes et naturelles, et non plus par le recours à l'érudition,¹¹ ce pour quoi on a pu dire, avec Henri Gouhier dans son ouvrage sur la *Jeunesse de Descartes*, qu'ils participaient de ["anti-Renaissance".¹² Opposition contre les abus des pouvoirs politiques et "spirituels", pour la liberté et la tolérance, aux XVII^e et XVIII^e siècles notamment¹³ et, d'une manière générale, pour l'autonomie et la liberté de la pensée.¹⁴

Ensuite, quand la science s'est trouvée intégrée aux structures de la société, avec l'industrialisation et l'avènement de l'âge du capitalisme et des impérialismes, la situation s'est faite plus complexe, et le lien de la rationalité scientifique (et

¹⁰ Vernant [1965], Lloyd [1995].

¹¹ Cf. Paty [1997, 1999a].

¹² Gouhier [1958]. Voir aussi Mandrou [1973].

¹³ "Faites naître, s'il est possible", écrivait d'Alembert dans l'article "Géomètre" de *l'Encyclopédie*, "des géomètres parmi ces peuples [soumis à l'obscurantisme] ; c'est une semence qui produira des philosophes avec le temps et presque sans qu'on s'en aperçoive"; et avec la philosophie, l'idée de liberté... (d'Alembert et Diderot [1751-1780], vol. 7, 1757). Cf. Paty [1998a], p. 142.

¹⁴ Pierre Bourdieu montre, dans *Les règles de l'art*, comment, après des siècles de dépendance des pouvoirs, juristes, artistes, écrivains, savants ont acquis leur autonomie en parvenant à imposer leurs normes propres et leurs valeurs spécifiques, notamment celle de vérité, dans leur univers propre (Bourdieu [1992]). Voir aussi Bourdieu [1998], p. 106.

technique) aux autres "valeurs universelles" (qui sont, en vérité, des conquêtes de l'homme dans son histoire) est apparu moins univoque et s'est distendu. La science (et sa rationalité) put servir aussi à promouvoir ou à justifier des contre-valeurs (de l'exploitation de l'homme à l'organisation de son oppression par des États totalitaires, et à son raval à l'état d'objet mercantile), cela au prix, il est vrai, le plus souvent, de perversions de sens. Pour se protéger de tout lien dans un sens ou dans l'autre, l'on proclama la "neutralité de la science" et, implicitement, celle de la rationalité. Et cependant, par-delà son fonctionnement dans des situations concrètes qui peuvent être les plus diverses, la rationalité (et la raison en général) quand elle se fait réflexive, se saisit comme une valeur, reconnue et librement choisie au même titre que les autres, et donc entretenant des liens avec ces autres valeurs. Par exemple, *comprendre* (dans la profondeur du sens de ce mot) a à voir avec *liberté* et *dignité humaine* (et, soit dit en passant, ce serait un terrible contre-sens de penser qu'il puisse y avoir un lien de nature entre rationalité et coercition).¹⁵

Dans ce sens, la rationalité, considérée dans sa dimension essentielle de valeur, ne manque pas de susciter aujourd'hui, comme elle le fera également demain, des oppositions en continuité avec celles dont nous venons de parler. Par exemple, contre les pouvoirs économiques sans partage qui visent à l'utilité ou au profit immédiat de quelques uns, sans égard pour l'intérêt général et le long terme, et mettent ainsi la planète en coupe réglée et en danger pour sa survie. Ce combat est aussi philosophique, contre les doctrines qui s'avèrent congruentes à cet état de choses, par exemple un certain pragmatisme nominaliste moderne qui rejette les notions générales et à vocation universelle comme celles d'humanité (et d'unité du genre humain), de vérité, de réalité, voire même, d'ailleurs, de rationalité, bien au-delà de ce qui est requis par la critique nécessaire de ces notions et de leur part d'idéalisme ou d'idéologie...¹⁶ (Mais il s'agit bien, au vrai, d'une autre idéologie, adéquate à une conception purement mercantile de la civilisation dont la valeur première et absolue, régulatrice des autres, serait le libre-échange au niveau mondial, à quoi tout le reste serait soumis : faisant du monde une collection d'objets à équivalent numéraire, dont la fonction est d'être acquis ou échangés). Ajoutons, enfin, l'opposition, toujours requise, contre les pouvoirs d'idéologies et *d'ignorabimus* de toutes sortes, fidéistes, sectaires ou fondamentalistes, auxquels on ajoutera, pour faire bonne mesure, les pouvoirs intellectuels et institutionnels des réductionnismes étroits (par exemple, disciplinaires).¹⁷

Ces oppositions rendent manifeste, par la négative, le lien qui existe entre, d'une part, la raison ou la rationalité et, d'autre part, la volonté et les choix éthiques. Notons, d'ailleurs, que la valorisation de la science, l'affirmation du désir de

¹⁵ Cette affirmation, qui m'apparaît fondamentale, demanderait, bien entendu, de plus amples développements, contre de fréquentes allégations contraires.

¹⁶ Est ici visée, en particulier, la philosophie de Richard Rorty (Cf., p. ex., Rorty [1995]).

¹⁷ La catégorie sociale moderne de ["intellectuel"] s'est, pour une part, formée sur une ligne de comportement de l'ordre que nous venons d'indiquer, dans des oppositions qui ont porté sur les valeurs humaines en général, rassemblées autour de l'idée de raison. Sur l'histoire des intellectuels dans la période moderne en France, voir Charles [1990, 1996], Ory & Sirinelli [1992].

comprendre, est elle-même un choix d'ordre éthique.¹⁸ Le choix de la rationalité reste toujours, à chaque étape, une lutte (y compris dans la vie quotidienne, individuelle, sociale, politique) : lutte pour l'affirmation de la capacité de chacun à comprendre, c'est-à-dire pour l'affirmation de l'intelligibilité par les pensées individuelles, de Descartes à Kant, à Husserl, à Ricœur, et pour la liberté de comprendre, c'est-à-dire pour le libre-arbitre dans le jugement. Tant il est vrai qu'il ne peut être de connaissance authentique qu'acceptée de plein gré.

Cette rapide évocation nous incite à nous demander quelles sont, aujourd'hui, /es figures de cette rationalité et à chercher si, bien qu'elle soit de nos jours souvent durement questionnée, à travers les grandes notions générales qui la soutiennent, comme *la vérité, l'universalité, la réalité (du monde)*, et bien que certains de ses traits puissent être remodelés, la *rationalité* ne comporte pas des caractères invariants, qui perdurent sous les transformations et - nous le verrons - sous les élargissements. L'abandon de certitudes anciennes qui, pensait-on, la fondaient, comme l'évidence divine au soubassement du *cogito* cartésien, ou l'ancrage dans le monde réel par l'expérience, ou son inscription dans les structures de la pensée du sujet (l'a *priori* kantien), ne l'annule pas pour autant, car elle continue d'être au cœur de l'expérience de la pensée, et notamment de la pensée scientifique. Mais elle réclame de nouveaux approfondissements.

Des directions relativement neuves d'investigations sur la *rationalité* se présentent, grâce aux leçons de l'histoire des sciences, qui peuvent enrichir nos conceptions sur elle (la rationalité, le rationnel), et l'étayer non comme une hypothèse, optionnelle, mais comme un *fait fondateur*, avec des solidarités inédites pour une grande part. Par exemple, comme nous l'avons rappelé plus haut, que la rationalité n'est pas étrangère à la *volonté*. Et encore, qu'elle entretient des liens, qui commencent à peine à être inventoriés, avec *l'esthétique* (et cela, bien que le vrai ait été dissocié du beau, auquel l'antiquité grecque l'identifiait). Et aussi, qu'elle est féconde, plus encore que par l'explication, par l'invention.

Voici, précisément, un thème plutôt nouveau, qui pourrait enrichir considérablement la philosophie des sciences, celui de invention dans /a *rationalité*, de la *création scientifique*, création de *formes rationnelles* et de *connaissances objectives*. L'invention scientifique, qui a partie liée, évidemment, à la *croissance des sciences*, qui en est, en quelque sorte, l'élément significatif que pourrait saisir une micro-histoire des sciences, en vue de comprendre comment se sont établis les contenus nouveaux des sciences qui se font jour, et rechercher des généralisations possibles. Il serait tentant, ici, de faire un parallèle avec la micro-histoire pour l'histoire sociale au sens de Carlo Ginzburg, qui s'intéresse aux singularités, aux stratégies individuelles à l'intérieur d'un microcosme pour les rattacher à des significations plus larges, voire à des invariants historiques.¹⁹

¹⁸ Plusieurs savants contemporains parmi les plus grands l'ont clairement affirmé: voir, par exemple, Albert Einstein (notamment dans un texte sur "Les motifs de la recherche", et le "temple de la science", en hommage à Max Planck, cf. Einstein [1989-1993], vol. 5, pp. 171-173, et commentaire dans Paty [1993], chap. 8), et Jacques Monod dans *Le hasard et la nécessité* (Monod [1970]), etc....

¹⁹ Ginzburg [1989] ; Levi [1991]; Dosse [1999], p. 74.

La subjectivité, la singularité, des pensées et des actions humaines, demande la communication des unes aux autres pour qu'elles puissent s'inscrire (pour nous) dans l'histoire et, de manière effective, pour qu'elles puissent contribuer à faire l'histoire (l'histoire tout court, ou l'histoire des sciences, mais la seconde est inscrite dans la première, même si elle en constitue un chapitre très particulier, tout comme l'histoire de l'art, d'ailleurs, et sans fermeture, puisqu'elle tient aussi aux sciences elles-mêmes et à la philosophie).²⁰ Ces subjectivités et ces singularités ne sont pas effacées ou abolies par le désir d'objectivité, qui marque le projet même de connaissance scientifique: leur prise en considération est essentielle si l'on veut que notre conception de la connaissance échappe à l'épure d'un schème abstrait, qui rejoindrait d'ailleurs l'idée d'explication universelle par un "consensus social" sur des contenus somme toute secondaires, "sécétés par l'époque", pour ainsi dire, sans point d'application particulier significatif.

Car il est question, fondamentalement, pour ce qui est de la science, d'intelligibilité, et celle-ci n'est réalisée que chez des individus tous particuliers. Cette intelligibilité n'est pas uniforme, puisque les savants eux-mêmes comprennent chacun différemment (la plupart du temps, et jusqu'à un certain point) les questions discutées, les problèmes à résoudre, voire les propositions admises comme résolues. On voit bien, par là, que les inventions, même scientifiques, sont toujours des oeuvres individuelles, des "créations" au sens propre, comme on l'entend pour les arts.²¹ Sans l'aspect créatif, qui tient à la diversité des formulations et des réponses possibles à des questions ou des problèmes, à la diversité des "styles scientifiques" dont la caractérisation est complexe (idiosyncraties personnelles, "programmes épistémologiques" propres, inscription dans des "traditions scientifiques" diverses par l'enseignement, l'expérience ou la culture),²² il n'y aurait pas d'invention, pas de nouveauté, et partant pas de science comme réponse à la demande d'intelligibilité.

Et enfin, pour en terminer avec le paysage qui s'offre à nous, on ferait grand profit de l'étude des formes de la rationalité selon d'autres configurations, qui apparaissent dans les sciences d'autres cultures, ainsi que de la communication entre ces formes différentes et de la possibilité de les traduire l'une dans l'autre, par exemple par leur rapport à l'utilité, à l'abstraction, à la preuve, etc... Il reste intéressant (et réconfortant) de constater que des connaissances formulées dans des cultures très différentes sont en grande partie communicables, et qu'il est possible de les identifier comme appartenant aux mathématiques, ou à la physique, ou à la botanique, etc.. Par exemple, ce qui est mathématique pour le savant jésuite européen qui vient en Chine au XVII^e siècle a un correspondant dans la pensée de son interlocuteur chinois, ce qui fait qu'ils sont conscients de parler sur un même terrain.²³ Cette reconnaissance tacite est en elle-même un fait

²⁰ Paty [1990].

²¹ Sur la création scientifique, voir Paty [1999e].

²² Sur ces notions, voir notamment Granger [1968] éd. 1988, Hacking [1992], Paty [1990, 1993, 1996].

²³ Voir Jami [1992] et d'autres travaux du même auteur. Cf. Paty [1997, 1999aetb].

d'invariance et d'universalité quant à la rationalité, d'une importance sans aucun doute considérable.

Construction sociale et historicité

Les adeptes des conceptions "relativistes" sur la connaissance qui aboutissent, dans leurs versions extrêmes, à considérer les contenus scientifiques comme vides de sens, ont invoqué, pour justifier leurs conceptions, les changements de *la* rationalité, ou dans *la* rationalité, ou de notre *conception de la* rationalité. Mais que de tels changements aient effectivement lieu, comme des philosophes eux-mêmes l'ont indiqué, de Hegel à Bachelard, Granger et d'autres,²⁴ cela ne signifie pas que la rationalité ne soit définie que comme étant "socialement construite", référence faite à une expression si commune en "nouvelle sociologie des sciences"²⁵ que l'on n'attend plus que la parution d'un titre comme "Thé social construction of reason" ; nous venons bien d'avoir *A Social History of Truth*, qui porte quasiment cette interprétation par son titre même.²⁶ L'idée va bien au-delà de celle d'une construction sociale de "la science", sur laquelle on peut argumenter, considérant la diversité des dimensions et des fonctions de cette dernière. Mais les idées de *raison* et de *rationalité*, liées au discernement du vrai et du faux, et qui sont la base de tout raisonnement et constituent l'outil intellectuel de la mise en relation, sont plus centrales, dépouillées, moins flexibles que celle de science, sauf à utiliser ces termes dans une acception laxiste et déjà "social-réductionniste", comme, par exemple, "la raison du plus fort". Mais on voit bien que ce serait là pur sophisme, et faire prendre un jeu de mots pour une démonstration. Le thème des changements de rationalité mérite mieux que de telles variations sur des miroitements de surface. Il est fondamental pour qui se préoccupe de la connaissance en la rapportant à la pensée.

Si nous l'examinons d'une manière plus approfondie, en tentant de caractériser positivement de tels changements, nous pouvons les considérer, en fait, comme des *élargissements de la rationalité*, qu'il sera possible de décrire et de comprendre en les rapportant à des arguments de raison, saisis dans leur historicité même. Il ne s'agit en rien de sauts arbitraires d'un "paradigme" à un autre qui serait imposé socialement. Un tel examen, dont nous esquisserons plus loin quelques éléments, nous assure, malgré la défaite des absolus intemporels qui seraient fondés une fois pour toutes, de la capacité et de la puissance de la pensée à se représenter et à expliquer le monde, et aussi bien à se représenter elle-même. Mais il est utile, au préalable, de nous interroger sur ce que peut signifier, tant au plan de l'histoire qu'à celui de la science, ce que l'on qualifie de "socialement construit". Le sens qui doit être éliminé d'emblée, c'est celui qui nierait la signification propre des contenus, sur les divers plans historiques ou

²⁴ Hegel [1965], Bachelard [1949], Granger [1955].

²⁵ Ian Hacking en a fait récemment l'inventaire dans son livre *Thé Social Construction of What ?* (Hacking [1999]).

²⁶ Shapin [1994].

scientifiques, c'est-à-dire la réduction de tout niveau de signification à un simple constat de fait social, autrement dit le réductionnisme social ou sociologique.

Même "socialement construite", une pensée symbolique possède son niveau propre de signification. Il serait peut-être préférable, à cet égard, de parler de pensée, par exemple, de représentation, socialement "constituée", plutôt que "construite", qui implique une sorte de totalisation et paraît plus susceptible de favoriser les glissements réductionnistes. La notion de construction sociale n'est que faiblement explicative en ce qui concerne les matériaux, l'architecture et la signification propre donnée à la construction en question. *Construite* pour les besoins de la topographie, la géométrie fut, dès ses débuts, une science des figures et de leurs proportions, et non une science de la société qui a éprouvé la nécessité de mesurer des distances et des surfaces sur la Terre. La vérité, c'est que, dès qu'elle s'est trouvée ainsi formulée en référence à cette question, la géométrie définissait par là-même son objet, et celui-ci sortait aussitôt du domaine du social en tant que tel : sa rationalité propre, son *logos*, échappaient à l'opinion et faisaient sens directement. La rationalité ainsi conçue était en même temps consciente d'elle-même, et déterminait une conception précise de la science et de la philosophie.

Lorsqu'on dit qu'une représentation symbolique, une science ou un élément particulier de savoir ont été élaborés ou construits "en société", on exprime, en réalité, l'idée qu'il l'ont été par les moyens et dans les formes propres de la *pensée humaine*, en l'état d'existence d'une société caractérisée dans le temps et dans l'espace, de ses savoirs acquis et de ses valeurs admises. Dire que ces éléments d'une forme culturelle sont "construits socialement" est une affirmation qui n'apporte en elle-même que peu d'éléments de connaissance (sauf quant aux circonstances), prise entre les deux extrêmes de la tautologie ou du sophisme. En d'autres termes, si l'on porte ainsi utilement l'accent sur les relations entre ces représentations et la vie sociale, on ne saurait en tirer grand chose sur ce que sont ces éléments eux-mêmes, à plus forte raison s'ils peuvent être abstraits de significations directement sociales, comme ceux des contenus de sciences exactes ou de la nature, mais aussi, à un certain niveau de profondeur, ceux des productions artistiques.

Or, ce sont pourtant ces éléments qui font la chair même de ces formes culturelles. Constitués, élaborés, construits, par des pensées organisées socialement, leur signification est à prendre à leur niveau propre, portant sur ce qu'ils désignent et sur la manière dont ils le désignent. Etant construits, ils ne sont pas donnés de tous temps, ils ont une origine, se transforment, et ne sont pas voués à l'éternité ou à l'absolu. Ils sont *historiques*.

Il nous faut nous interroger sur ce que signifie cette historicité, étant acquis que le sens *historique* lui-même est un de ces éléments de connaissance qui sont apparus dans l'univers symbolique, historiquement situé comme les autres, et cependant porté, dès que l'on en prend conscience, à un certain rang d'universalité : tout est historique (j'entends, tout ce qui vient des humains est historique), ce qui veut être un écho à la belle définition que Marc Bloch donnait de

l'histoire : "la science des hommes dans le temps".²⁷ Tout ce qui est des humains est historique, même s'ils n'en ont pas conscience. Il semble, par exemple, que les grandes civilisations de l'Inde, si riches philosophiquement et scientifiquement, n'aient pas eu le sens de l'histoire, ce qui se voit à l'exposition même de leurs récits fondateurs et de leurs systèmes de pensée. Il y aurait, bien sûr, beaucoup à dire sur la naissance du sens historique et de la conscience de l'historicité, sur les rivages de la Méditerranée et en Occident. Ce sens est beaucoup plus ancien, à coup sûr, que les prétentions arrogantes du réductionnisme social qui voudrait l'accaparer sous des formes appauvries.

Car enfin, une fois le sens de l'histoire affirmé, tout le travail sur l'historicité reste à faire. Il faut examiner dans le détail, pour une société donnée (une culture, ou une civilisation, entendues dans le sens anthropologique le plus neutre possible), l'ensemble des modalités diverses qui la sollicitent : l'organisation sociale, la production technique, les idéologies et les systèmes de croyances et de valeurs, les formes d'expression, l'esthétique (voir, sur celle-ci, les remarques qui précèdent), les connaissances et les systèmes de savoir et de pensée, c'est-à-dire la science et, sans doute, la philosophie, ou ce qui en tient lieu sous un autre nom ou simplement de fait.²⁸

L'historicité traverse toutes les formes de pensée et d'action humaine, et déjà cette diversité laisse voir que chaque forme possède ses modalités et ses justifications propres, qui non seulement ne se dissolvent pas dans ce caractère historique, mais qui ont pris naissance et se sont développées, se sont constituées, selon ce caractère même, qui a présidé à l'arrangement de leurs "matériaux" (symboliques et concrets). C'est au cours de ce développement que se sont créés et mis en place les éléments (conceptuels) d'intelligibilité qui permettent l'assimilation, à un état donné de connaissance, et ces éléments eux-mêmes informent ceux de l'état qui suivra, le rendant possible. C'est en ce sens que le mathématicien Jean Dieudonné, l'un des membres éminents du mouvement Bourbaki, écrivait : "Je pense qu'il n'est pas possible de comprendre les mathématiques d'aujourd'hui si l'on n'a pas au moins une idée sommaire de leur histoire".²⁹

A cet égard, les mathématiques sont peut-être les plus visiblement historiques des sciences exactes, car le fil de cette histoire peut être suivi sur une longue durée, à la différence de l'astronomie, de la physique, de la chimie, de la géologie, de la biologie, par exemple, dont les développements et les remaniements récents tendent à effacer, vis-à-vis de leur sens actuel, leur histoire précédente. Ce qui, bien sûr, n'atténue en rien le fait qu'elles sont tout autant, elles aussi, le fruit et l'objet d'une histoire, et que les contenus conceptuels ont été constitués à la faveur de cette histoire, par strates d'organisations successives, qu'il est possible de retrouver sous le sol actuel, comme des couches géologiques malgré les

²⁷ Bloch [1949], p. 4.

²⁸ Que ces notions ne soient pas réflexives dans une culture donnée ne signifie pas pour autant qu'elles en soit absentes.

²⁹ Dieudonné [1987], p. 10.

plissements des mouvements (des réorganisations) de terrain qui sont survenus depuis.

Donc, une théorie mathématique (ou autre), comme une cathédrale, a été historiquement construite ou constituée : mais on n'a fait, en en prenant conscience et en l'énonçant, que prendre acte d'un fait, condition nécessaire à la réalisation d'une possibilité, et sa matrice. Cela ne nous amène pas plus loin qu'au seuil de cette construction, dans laquelle il nous faut pénétrer pour en saisir le sens. Il nous faut voir ce que représente, dans la pensée symbolique des hommes (ceux de ce temps-là, mais aussi ceux d'autres temps), cette théorie mathématique, ou cette cathédrale. Quelle en est la signification, *pour eux* et *pour nous* ?

Signification *pour eux* : nous, de notre présent, tentons de comprendre ce que cela signifiait pour les hommes de ce temps-là. Nous tentons d'entrer dans /*es contenus de sens*, entendus selon les systèmes de pensée de l'époque, nous tentons de *comprendre dans l'historicité*, en établissant par là-même ce qu'est la discipline (la science) historique, au-delà du récit descriptif. Car il est question de comprendre, c'est-à-dire d'établir un pont entre nous et cette époque, concernant cet élément de représentation abstrait ou architectural, pour tenter de saisir la pensée des êtres humains de cette époque-là, du moins des créateurs qui construisaient et vivaient ces formes, qui les concevaient (eux-mêmes inséparables des contemporains qui les recevaient ou les habitaient). Il est question de saisir cette pensée en elle-même, selon la "systématique" de ses significations propres, sans projeter sur elle nos exigences ou nos critères d'intelligibilité et de significations. Tel est le problème-clé de la méthode historique, sur lequel nous reviendrons.

Signification *pour nous* : je l'entends de la manière suivante. Par rapport aux *formes de pensée* (mathématique, dans le cas indiqué), *d'expression*, ou de *technique* (architecturale, par exemple) que nous connaissons, en notre temps, quel est /*e lien* (s'il en est, et il est difficile de nier longtemps qu'il y en ait un), qui court de ces formes anciennes aux formes actuelles ; et surtout, quelle *signification neuve* les formes actuelles, qui étaient impensables à l'époque ancienne, confèrent à ces premiers accomplissements ? Nous tentons, autrement dit, de concevoir comment nos contenus de sens, nouveaux par rapport à ceux qui les ont précédés, ont été rendus possibles. Nous tentons de comprendre, par une démarche rétrospective, comment ces formes qui nous sont signifiantes et qui correspondent à notre rationalité et à notre esthétique actuelles, ont pu être effectivement constituées. C'est-à-dire, de comprendre, non seulement les *conditions de possibilité*, mais la *réalisation effective* de telles possibilités, en ces contenus de connaissances ou en formes d'expression qui constituent aujourd'hui même notre univers intelligible et signifiant. La connaissance du passé, dans sa signification même, nous permet de concevoir la possibilité et les modalités de constitution de notre connaissance actuelle et, par là, sa signification, du moins en partie.

Une telle démarche, qui constitue proprement la démarche historique (histoire sociale, histoire des sciences, des techniques, de l'art, des idées), pose en préalable le bien-fondé de s'intéresser aux contenus de sens, pour l'un ou l'autre des "objets" concerné et des disciplines correspondantes (leurs définition et leurs frontières entre elles fussent-elles mobiles et fluctuantes dans le cours de l'histoire).

J'ai évoqué surtout des connaissances, des techniques, ou des arts, mais on en dirait autant des conceptions sociales, des croyances et des valeurs, morales, éthiques ou spirituelles. Toute forme symbolique et tout système de telles formes suscite le regard historique et pose le problème du rapport de *^historicité* et des *contenus de sens*. Je me contenterai dans la suite de considérer la connaissance, et singulièrement la connaissance scientifique, mais il est clair que l'histoire est une, comme la pensée, siège des actions humaines qui sont inscrites dans l'histoire et la tissent.

Historicité des contenus de sens

Représenter le déroulement historique, cela ne peut se faire en temps réel ou en grandeur nature. On connaît ce conte de Jorge Luis Borges dans lequel un géographe minutieux, pris d'un souci de réalisme intégral, se propose d'établir la carte d'une certaine région de la surface de la Terre le plus fidèlement possible : quand elle est achevée, elle vient recouvrir exactement l'étendue représentée. La carte est à la dimension même du terrain. D'un autre côté, comme l'écrivait Henri Poincaré, le cerveau de l'homme, qui est dans l'Univers, ne pourrait à lui seul contenir tous les éléments de l'Univers.³⁰ La représentation de la réalité, de la réalité du monde naturel ou de la réalité historique, ne peut coïncider avec cette réalité (et, d'abord, parce qu'elle est de nature symbolique, transcrite en forme de signes, de mots ou d'images, qui ont, dans la pensée, la fonction de représenter cette réalité, mais qui sont d'une nature totalement différente). Les faits qui serviront de base à nos représentations ne peuvent être exhaustifs et doivent être choisis, en histoire comme en science, pour la signification de leurs contenus.

Dans ce sens, Marc Bloch écrivait, dans *Apologie pour l'histoire, ou Métier d'historien* : "Face à l'immense et confuse réalité, l'historien est nécessairement amené à y découper le point d'application particulier de ses outils ; par suite, à faire en elle un choix qui, de toute évidence, ne sera pas le même [que celui d'un autre spécialiste dont l'objet serait autre, un biologiste, par exemple], et qui sera un choix d'historien" ; "ce qui est", ajoutait-il, "un vrai problème d'action", qui poursuit l'historien tout au long de ses recherches.³¹

C'est aussi pourquoi le regard d'après coup est utile, et permet de faire de l'histoire, et non pas des (petites) histoires, sans signification profonde. S'il est utile et nécessaire en histoire, ce regard rétrospectif ne l'est, à coup sûr, pas moins en

³⁰ Poincaré [1909], éd 1918, chap. 2, p. 20.

³¹ Bloch [1949], p. 2.

histoire des sciences, permettant de considérer pour une même époque des éléments (des faits de savoir) dont le lien ne pouvait pas être aperçu sur le moment, mais dont la réunion s'avère par la suite structurellement signifiante pour une science donnée, et permet de caractériser factuellement, dans *le temps historique*, le *progrès* d'un chapitre de la connaissance scientifique.

Donnons-en un exemple particulièrement parlant et significatif, celui de deux résultats obtenus par Galilée, sans apparence de lien entre eux, et d'ailleurs mentionnés indépendamment l'un de l'autre, respectivement dans ses deux grands ouvrages, les *Dialoghi* et les *Discorsi* publiés à plusieurs années de distance : la relativité des mouvements, d'une part, et l'égalité de l'accélération due à la pesanteur pour tous les corps tombant à une hauteur donnée, d'autre part. La première, la *relativité des mouvements* (d'inertie, qui est une conséquence du principe d'inertie)³² est mise en avant et argumentée par Galilée dans les *Dialogues sur les deux plus grands systèmes du monde*, en faveur de la supériorité du système de Copernic : Galilée y réfute l'argument aristotélicien, repris par les scolastiques, pour l'absence de mouvement de la Terre, basé sur l'observation d'une flèche rapide, lancée à la verticale, qui retombe au même endroit, et non en arrière. Quant à la seconde, qui appartient à la *loi de la chute des corps*, selon laquelle l'accélération due à la pesanteur à hauteur donnée est indépendante de la nature et de la grandeur du corps qui tombe en chute libre, Galilée la démontre dans les *Discours sur deux sciences nouvelles*, ouvrage dans lequel il établit la première loi quantitative et temporelle de la mécanique et fonde, vu rétrospectivement, cette dernière comme science.³³

Or, cette conjonction, qui ne pouvait être alors qu'inaperçue, puisqu'elle ne revêtait aucune signification particulière, et qui serait apparue au mieux comme purement fortuite à qui l'eût notée, prit, près de trois siècles plus tard, avec Einstein, une signification théorique précise, qui fut féconde et qui devait s'avérer fondamentale : elle fut le point de départ de son cheminement vers la théorie de la relativité générale. Einstein associa structurellement le principe de relativité (généralisé aux mouvements quelconques) et la loi de Galilée, qu'il formula comme "principe d'équivalence" : équivalence de la masse inertielle et de la masse gravitationnelle, ou encore équivalence (locale) d'un mouvement uniformément accéléré et d'un champ de gravitation homogène.³⁴

Bien entendu, pour que cette conjonction aît pu devenir explicite et opératoire, des transformations de formulation avaient été nécessaires, tributaires des progrès de la science des mouvements (la mécanique). Ces transformations, qui correspondaient en fait à de véritables modifications conceptuelles, n'étaient pas à la disposition de Galilée ; Newton non plus, pour d'autres raisons historiques, ne pouvait pas les penser, bien qu'elles concernassent la "physique newtonienne" et,

³² Les mouvements d'inertie sont les mouvements rectilignes uniformes. Le principe d'inertie, incomplètement formulé par Galilée (qui ne l'abstrayait pas de la pesanteur), stipule que tout corps animé d'un tel mouvement le garde sauf si quelque cause l'oblige à en changer.

³³ Galilée [1632, 1638]. Cf. Koyré [1935-1939], Geymonat [1957], Clavelin [1968], Drake [1980], Mariconda [à paraître].

³⁴ Einstein [1907]. Voir Paty [1993], chap. 5 ; [1999d].

fondamentalement le concept de masse introduit et défini par Newton dans ses *Principia*.³⁵ La masse figure de deux manières différentes dans la loi de la dynamique et dans celle de la gravitation universelle de Newton. Dans la première, qui exprime la force comme le produit de la masse par l'accélération, la masse *d'inertie*, pensée comme "quantité de matière des corps", figure comme le paramètre, ou coefficient, reliant la force et l'accélération (Newton en donnait une formulation moins précise, en termes de *changement de la quantité de mouvement* et ne disposait pas de la forme différentielle pour exprimer l'accélération). Des études critiques éclairantes de ces concepts ont été données notamment par Ernst Mach, Heinrich Hertz, Henri Poincaré, puis Albert Einstein, sans compter, bien auparavant, par Jean d'Alembert.³⁶ Dans la seconde loi newtonienne, celle de l'attraction ou gravitation universelle, la masse du corps figure comme le coefficient de la loi d'attraction : elle ne s'identifie à la première que pour rendre compte de la loi de Galilée de la constance de l'accélération à hauteur donnée : les deux coefficients, qui figurent respectivement dans l'une et dans l'autre lois, sont éliminés de la formule de l'accélération s'ils sont égaux, ce qui donne la raison fondamentale de la loi de Galilée, la constance de l'accélération pour tous les corps, indépendamment de leur masse, à hauteur donnée.³⁷

Cette propriété *d'égalité*, considérée par Newton comme une coïncidence, fut conçue par Einstein³⁸ comme une *identité*, c'est-à-dire comme correspondant à un fait physique général et fondamental, susceptible d'être érigé en "principe physique : le "principe d'équivalence" entre la masse d'inertie et la masse gravitationnelle. L'égalité des deux coefficients de masse, reliés l'un au mouvement accéléré (la masse d'inertie), l'autre au champ de pesanteur (la masse gravitationnelle), qu'Einstein proposa ainsi de considérer comme une identité, lui fit concevoir l'"expérience de pensée" (donnant à voir un *phénomène physique*) de l'accompagnement d'un mouvement de chute libre (tous les corps situés à l'intérieur d'un ascenseur sans câble tombent avec la même accélération, et sont donc au repos les uns par rapport aux autres). D'où l'équivalence locale du mouvement accéléré et du champ de pesanteur, dont l'explicitation à l'aide de l'outil mathématique du calcul tensoriel devait conduire à la théorie de la relativité générale.³⁹

Cet exemple fait bien voir ce que l'on gagne à tenir pleinement compte de l'historicité des connaissances : on se donne ainsi les moyens de comprendre le

³⁵ Newton [1687].

³⁶ D'Alembert [1743], Mach [1883], Hertz [1894], Poincaré [1902, 1905], Einstein [1946]. Cf. Paty [1999f].

³⁷ La force de pesanteur peut s'écrire de deux manières, par l'une et l'autre lois. De l'égalité des deux formes on déduit l'expression de l'accélération comme proportionnelle au rapport des deux masses. $F = m_1 a_1 = m_2 a_2$, d'où $a = \frac{m_2}{m_1} a_2$.

l'accélération a est constante localement (à r donné), on doit avoir

³⁸ L'égalité des deux masses était constatée au temps d'Einstein avec une très grande précision, notamment par les expériences d'Eötvös réalisées dans les premières années du xx^e siècle.

³⁹ Einstein [1907, 1916]. Voir Paty [1993].

mouvement de leur constitution progressive, de la formation des nouvelles significations qu'elles engendrent. Quand on parle *d'historicité des contenus* (d'une science), ce n'est pas pour dire que l'historicité dissoudrait les contenus, mais au contraire qu'elle en tisse la forme avec des matériaux qui lui ont été donnés, et dont la nature (de contenus conceptuels, contenus de pensée) résiste à toute réduction externe (sociale). Il paraît légitime de dire, inversement, qu'il n'est d'historicité qu'en raison des contenus, puisque c'est la compréhension de la manière dont ceux-ci se sont constitués qui permet de concevoir, précisément, leur historicité.

On pourrait transcrire cette remarque sur les contenus et l'historicité en termes de rapports entre *l'épistémologie* (conçue comme l'étude des sciences selon les contenus de sens) et *l'histoire des sciences* (l'étude des sciences selon le déroulement historique), par la formule connue:

"L'épistémologie sans histoire des sciences est vide, l'histoire des sciences sans épistémologie est aveugle".⁴⁰

L'intelligibilité sous le signe de la rationalité

Du point de vue de l'histoire, les formes symboliques correspondant à la diversité des pensées et des actions humaines et, en particulier pour l'histoire des sciences, celles qui correspondent à des connaissances scientifiques, constituent un donné de fait qu'il s'agit de comprendre, c'est-à-dire d'interpréter ou d'expliquer. Cette compréhension suppose la possibilité d'une communication, fût-elle indirecte et partielle, entre ces formes du passé et celles qui habitent le sujet présent et dirigent son regard. La connaissance ou la science de l'histoire fait elle-même partie de ce "regard" actuel, informé de ce qu'il connaît mais en même temps sachant se décentrer ou, du moins, conscient de cette nécessité. Concevoir ces formes comme produites dans le passé implique ce regard, sinon "scientifique" au sens propre (ce qui impliquerait de préciser quelle science est l'histoire), du moins à visée objectivante : comprendre ce qui était, au plus près possible de ce que cela était, c'est-à-dire de la signification que cela avait alors pour les sujets et les protagonistes de cette connaissance et, à cette fin, tenter de l'installer dans le système ancien de signification reconstitué. C'est cela que l'on veut dire quand on parle, pour une connaissance historique, de comprendre, d'interpréter, d'expliquer... Il s'agit d'établir le système de compréhension, historiquement pertinent, au sein duquel les éléments symboliques porteurs de contenus signifiants, par exemple les concepts, se donnent sens les uns aux autres par leurs relations et font sens dans le corps plus ample des connaissances de l'époque. Ce système peut alors être mis en relation avec le notre par rapport auquel nous aurons su nous décentrer, ou avec d'autres systèmes de connaissances correspondant à des étapes intermédiaires dans le cours de l'histoire.

⁴⁰ Transformée depuis Kant par, entre autres, Carnap, Einstein, Feyerabend.

La notion d'explication elle-même subit des transformations au fur et à mesure que l'on a affaire à des exigences différentes pour la connaissance et que de nouvelles exigences se créent. Ce sont les références mêmes de l'explication qui changent avec d'autres demandes d'intelligibilité. Nul doute que la loi de la chute des corps fût, pour Galilée, en même temps qu'une *description* de comment tombent les corps (la loi étant donnée par des relations entre des grandeurs adéquatement choisies), une *explication*, au moins relative puisqu'elle rattachait entre elles les chutes de différents corps et les ramenait à une même sorte de mouvement (uniformément accéléré, indépendamment d'ailleurs de la vitesse initiale, considérant le principe d'inertie et l'addition des vitesses, qui rendaient équivalentes les chutes verticale et parabolique): mouvement distinct d'autres mouvements possibles et existants, mais en rapport à eux, et cette explication fût-elle partielle, puisqu'elle ne donnait pas la forme de la loi. Mais opposer la "description" et une "explication", comme cela fut courant plus tard, apparaîtrait ici schématique et serait se concentrer arbitrairement sur l'un des aspects du problème.

Du point de vue de l'historicité, la loi de Galilée de la chute des corps était explicative en ceci du moins qu'elle en donnait l'intelligibilité, qui n'était pas acquise jusqu'alors, quand la conception de la géométrie des trajectoires était en défaut : au lieu d'être imposée par une idée préalable comme dans la pensée antérieure (pour laquelle seules la ligne circulaire ou la ligne droite étaient concevables comme trajectoires naturelles),⁴¹ la courbe balistique suivie par le corps en chute libre était reconstituée à partir d'une pensée du mouvement et de son unification (entre les mouvements "naturels", continus, et "violents" ou par chocs). C'est dans ce sens qu'elle était explicative.

Mais cette intelligibilité, ou cette explication, se heurtait aussitôt à de nouvelles questions, et tout d'abord sur la relation quantitative (le rapport des distances parcourues et des temps) qui déterminait les propriétés balistiques du mobile. L'explication n'en était donc une que jusqu'à un certain point, et l'intelligibilité du phénomène demandait une intelligibilité plus grande, sur la raison des relations constatées. Il fallait donc pousser au-delà, tenter de comprendre les causes, comme Descartes (qui concevait les causes par contacts et proposa sa théorie des tourbillons), ou comme Newton (avec sa théorie de la force instantanée d'attraction universelle pour la gravitation).

Mentionnons, en passant, la rupture entre l'intelligibilité cartésienne et l'intelligibilité newtonienne qui survint alors, largement soulignée par Newton en conclusion du second livre des *Principia* (l'impossibilité de rendre compte du mouvement des planètes par des tourbillons de matière éthérée) et rendue nécessaire par la connaissance plus précise des phénomènes et des lois de la mécanique (exposée au livre 1 sur le mouvement des corps et mise en œuvre au Livre III sur le Système du Monde).⁴² L'attraction de gravitation newtonienne constituait un nouveau *principe d'intelligibilité*, sans être toutefois elle-même intelligible, c'est-à-

⁴¹ Cf. Paty[1999d].

⁴² Newton [1687].

dire sans pouvoir être expliquée par des termes connus. C'était une hypothèse, un saut conceptuel, justifiée empiriquement. Le concept d'attraction comportait cependant davantage qu'une simple hypothèse empirique, qui l'entraînait en fait en direction d'une conception rationnelle, celle d'une propriété physique fondamentale, attachée à la nature même des corps. C'est ce qui transparaît dans l'analyse épistémologique qu'en fit d'Alembert au milieu du XVIII^e siècle, pour en rechercher une justification en raison.⁴³

Cette justification de l'attraction universelle lui venait de ce que la physique des corps célestes pouvait être rationalisée autour d'elle. Il fallait donc bien *la concevoir* et, pour s'en faire ainsi une idée intelligible, abandonner l'idée de *l'expliquer* dans les termes connus et faussement évidents des actions de contact, tout en l'admettant, au contraire, comme un *principe d'explication* pour la science qui la faisait intervenir (l'astronomie) et, par une définition fondatrice, pour la loi empirique qui la manifestait (la loi de la force de gravitation comme inverse carré des distances). Admise comme une propriété générale des corps, elle *fonctionnait* ainsi *comme un concept rationnel*, sans toutefois être rationnelle au sens où ses raisons seraient analysables. Mais en cela, faisait remarquer d'Alembert, elle ne différait pas d'un autre concept de la mécanique newtonienne, *l'impénétrabilité*, qui fait la distinction entre les corps et l'étendue qu'ils occupent et maintient l'identité de ces corps dans leurs chocs entre eux. Cette propriété, postulée par Newton et qui ne choquait personne, n'était pas plus compréhensible, au fond, à bien y regarder, que celle de l'attraction universelle (et il en allait de même, en définitive, de tous les principes et propriétés physiques).

D'Alembert trouvait, en quelque sorte, un compromis entre le rationnel] et l'empirique : l'empirique (ou le contingent) est un rationnel qui s'ignore. L'attraction devait se rapporter, comme les autres principes physiques généraux de la mécanique, à quelque vérité nécessaire, même si elle avait d'abord pu être formulée, provisoirement, de manière contingente et toute empirique, en raison de notre ignorance. Sa rationalité n'était pas apparente, mais elle se manifesterait dans la configuration d'une physique plus perfectionnée où les faits et les lois isolés seraient réunis aux principes généraux et aux lois universelles acceptés et fondés en raison sous une même évidence. Le caractère *empirique pour nous*, pourrait-on dire dans ce cas, n'aura été que la manifestation, partielle et encore obscure, d'une *rationalité supérieure*, c'est-à-dire de quelque chose dont l'explication se trouve en avant, et non en arrière.

Cet essai de justification par d'Alembert correspond, en fait, sous le point de vue de l'intelligible, à une *extension du domaine de la rationalité*. Cette extension n'est pas pure transparence, puisqu'elle admet que l'on prenne appui sur une base obscure, sur un concept qui s'impose à la pensée, mais qui est venu de ["extérieur" (entendons : du monde extérieur à la pensée, qui l'impose à celle-ci), par l'"évidence des faits". L'élargissement du rationnel prend donc ici au début la voie, au moins apparente, de l'empirique. Mais cet empirique est appelé, pour

⁴³ D'Alembert, article "Attraction" dans l'Encyclopédie (D'Alembert & Diderot [1751-1780], vol. 1), et D'Alembert [1758]. Voir Paty [1998a].

d'Alembert, à être subsumé dans un rationnel ultérieur, dont il remplit déjà la fonction en étant hissé à la généralité et formulé comme une hypothèse théorique qui prend en pratique rang de principe. On doit remarquer que, même pour des conceptions moins uniment rationalistes que celles de d'Alembert, nombreux sont en physique les exemples de cette "rationalisation forcée" de concepts qui se sont imposés "par construction", mais sans explication de type analytique ou causal.

Telle est peut-être, d'une manière analogue et générale, la leçon historique de la découverte et de la formulation des "principes physiques" (conservation de l'énergie, second principe de la thermodynamique, principe de relativité, etc.). On commenterait de manière assez semblable la "laïcisation" d'un principe d'expression plus formelle et de signification moins intuitive comme celui de moindre action, réalisée avec la mécanique de Hamilton et avec toutes les théories physiques ultérieures qui le mettent en œuvre, sans nulle référence à une finalité quelconque comme dans sa formulation originelle par Maupertuis. Le principe de moindre action est un principe "formel", devenu fondateur pour la physique mathématique et théorique, dont le contenu physique, qu'il exprime par sa forme et sa fonction, correspond à une sorte d'expression synthétique de la théorie, ramenée à ses traits essentiels, et embrassant l'ensemble des phénomènes du domaine correspondant.⁴⁴ Le principe de moindre action exprime synthétiquement un ensemble complexe de relations imbriquées entre des grandeurs caractéristiques d'un système physique, ces relations ayant été révélées ou vérifiées à la faveur de l'expérience. Il porte en lui, à cet égard, en quelque sorte de manière emblématique, la signification de ce qu'est un système *physique mathématisé*. Ce principe nous fournit peut-être, par son caractère formalisé par excellence, et pleinement physique en même temps, une clé pour mieux comprendre la nature de ce que nous disons être *intelligible* et qui pose cependant une espèce d'énigme : comment ce qui vient, fût-ce en partie, de *l'expérience*, peut-il être assimilé dans la pensée par sa transformation en du *rationnel* ?

Les extensions du rationnel

D'une certaine manière, la formalisation mathématique de la physique permet de dépasser l'alternative de l'empirique et du rationnel. Par l'expression mathématique (théorique), la connaissance des nouveaux phénomènes dont la théorie rend compte ou qu'elle anticipe, tout en provenant de l'expérience du monde extérieur, se place dans l'espace de la connaissance rationnelle. Car cet empirique est assimilé dans des formes qui appartiennent au rationnel : de même, selon ce que nous avons vu plus haut, que des faits d'observation suffisamment généraux se voient érigés par la pensée en principes, qui peuvent être exprimés comme des axiomes, dont ils ont la fonction référentielle et organisatrice. C'est

⁴⁴ Sur ce sujet, voir, par exemple, les conceptions d'Henri Poincaré (Poincaré [1902], chap. 9 et 10 ; [1905], chapitres 7 et 8). Cf. Paty [1999e].

ainsi que procède, d'une manière générale, la *physique théorique*, qui se caractérise à la fois par son expression mathématisée et sa fidélité à la spécificité des phénomènes.⁴⁵ A la différence de la physique mathématique entendue au sens restrictif de sa pure formalisation, qui ne fonctionne que selon la rationalité mathématique (interne pour ainsi dire, mais elle aussi susceptible d'extensions), la physique théorique constitue sa forme (mathématisée) par l'assimilation rationnelle de phénomènes empiriquement donnés. Autrement dit, le rationnel s'est élargi grâce à l'assimilation de l'empirique, ou encore, c'est par l'expérience du monde naturel que se développe le théorique et l'intelligible, et que s'accroît l'espace du rationnel. Le rationnel fonctionne ici, en somme, de manière organique, restant lui-même tout en modifiant ses structures, en augmentant ses capacités, sans se dissoudre dans l'empirique dont il se nourrit.

La *mathématisation de la physique* (plus précisément : de telle théorie physique), *justifiée* par les propriétés des concepts et des grandeurs, adéquatement définies, qui permettent de la caractériser,⁴⁶ devient ainsi elle-même *principe d'explication*, comme on le voit d'une manière particulièrement nette et exemplaire au long de l'histoire des trois derniers siècles, avec l'"analytisation" des divers domaines de la physique par le calcul différentiel et intégral, celle-ci n'étant légitimée que dans *la mesure où* les grandeurs et les principes correspondant à la *spécificité des phénomènes physiques* ont été exactement formulés.⁴⁷ Un tel "principe d'explication" rend compte de manière à la fois analytique et synthétique des relations les plus précises entre les concepts et les grandeurs qui tissent les propriétés du monde physique et expriment son unité sous-jacente.

Cette évocation n'épuise pas les nombreuses questions qui restent en suspens, les questions épistémologiques, mais aussi celles de nature ontologique ou métaphysique. Je mentionnerai, au rang des questions épistémologiques ou relevant de la philosophie de la connaissance, d'abord la *diversité des épistémies* pour les diverses sciences (par exemple, la biologie, aux modes de rationalité en partie différents de ceux de la physique), et la nécessité de s'opposer aux réductionnismes injustifiés ; puis la *non-univocité de la rationalité*, considérant un problème scientifique donné, question qui est celle du débordement du logique par le rationnel, à laquelle répond la prise en compte de la variété des "styles scientifiques" et des "programmes épistémologiques", et la "liberté logique" du travail de la pensée, chère à Poincaré et à Einstein, qui leur est sous-jacente.⁴⁸

Et encore, la question des *interprétations* et les effets *d'interprétation* sur la pensée des contenus, qu'ont illustrée en notre temps, comme on le sait de reste, des théories comme la mécanique quantique ou l'évolution darwinienne. Toute la question de l'interprétation de la mécanique quantique, dans ses options les plus diverses, se ramène au souci d'établir cette science sur une base d'intelligibilité

⁴⁵ Paty [1994, 1999e].

⁴⁶ Paty [1998b, à paraître, a].

⁴⁷ Cf. Paty [1994].

⁴⁸ Poincaré [1902, 1905], Einstein [1946], Paty [1993], chap 9 ; Paty [1999e].

rationnelle ; mais les avis diffèrent sur ce que doit être une telle base.⁴⁹ A cet égard, la question de l'exigence de rationalité rencontre, mais d'une manière naturellement peu claire au début, celle des élargissements de la rationalité. Je l'entends dans le sens d'un élargissement de ce qui est admis comme explication rationnelle pour quelque chose d'existant, que ce soit des figures géométriques, des nombres, ou des entités physiques ou d'une autre nature.

Quant aux questions ontologiques, je remarquerai seulement que l'élargissement du champ des explications et de la rationalisation n'annule | pas le domaine obscur qui demeure, changeant mais irréductible, au soubassement de toute connaissance (constatation pascalienne ou "relativité de l'ontologie" au sens de Willard Quine).⁵⁰

Sur les questions métaphysiques, je m'en tiendrai à l'une d'elles, pascalienne aussi (liée, d'ailleurs, à la précédente), celle de notre ignorance par rapport à notre connaissance, question qui est à l'horizon de toute évocation de l'intelligible. Si le "livre de la connaissance" est voué à être toujours fini bien qu'il augmente sans cesse, et quels que soient nos efforts pour l'accroître, ne devrait-on pas considérer que la mesure de nos questions serait mieux prise en compte dans un "livre de notre ignorance" ? Car il pourrait sembler que, sachant ce que nous savons, nous mesurerions mieux le degré de notre ignorance que celui de notre connaissance. Mais on répondra à cela que le livre de notre ignorance est plus incertain encore, pouvant être aussi bien vu comme presque vide ou comme infini. C'est que notre ignorance, telle que nous en avons conscience, n'est jamais que relative à ce que nous connaissons. Il peut parfois nous sembler, comme ce fut le cas de plusieurs physiciens à la fin du XIXème siècle (et c'est aussi le cas de certains physiciens de la fin du XXème, sans parler des biologistes...), que le domaine des questions non résolues de telle science s'amenuise de jour en jour comme peau de chagrin : la physique, disaient-ils, explique désormais pratiquement tout et ne comporte plus que deux points obscurs, l'absence de vent d'éther et la loi du rayonnement thermique. Or ces deux phénomènes, précisément, loin d'être de portée limitée et circonscrits par les théories de la physique, signalaient ses gouffres profonds qui déterminèrent les deux "révolutions scientifiques" du XXème siècle, celles de la relativité et des quanta.

Nous n'avons pas idée de ce que le futur nous réserve quant aux changements des fondements mêmes de nos connaissances. Aussi assurés les croyons-nous, ils peuvent toujours en principe être modifiés, car aucun élément de ces bases n'est intangible, puisqu'ils comportent tous une part d'arbitraire qui tient à ce qu'ils sont des produits de l'esprit humain, des formes symboliques. C'est pour cela que nous n'en n'aurons jamais fini avec la recherche des raisons des raisons, et c'est encore Pascal que nous retrouvons : le livre de notre ignorance est un infini insondable. Pourtant nous avançons, à mi-chemin entre ces deux ignorances, la presque nulle et l'infinie, ou entre ces deux connaissances, l'une dérisoire et l'autre

⁴⁹ Paty [2000a].

⁵⁰ Pascal [1670], Quine [1969].

immense (à deux moments subjectifs de notre jugement), avec, dans ces entretiens, pour viatique /e sens de *l'intelligible* et pour guide la *conscience d'historicité*.

Conclusion provisoire. Intelligibilité de l' historicité

Nous avons tenté d'éclairer la question du rapport entre deux instances de l'activité de connaissances, l'*intelligibilité* et l'*historicité*, souvent considérées à tort comme contradictoires ou divergentes. Mais nous avons laissé jusqu'ici de côté la question suivante, qui semble plus épineuse encore : comment la conscience de *l'historicité* des connaissances se juxtapose-t-elle au *contenu de vérité* des connaissances ? On admettra que ces contenus de vérité sont relatifs, mais que l'idée de vérité, sans connotation d'absolu, garde cependant une fonction de régulation qui n'est pas illusoire, c'est-à-dire qu'une vérité relative peut être opposée à une fausseté absolue. Nous l'admettrons sans entrer ici plus avant dans les problèmes philosophiques que ces notions suscitent. Il va sans dire alors que l'intelligibilité porte sur de tels contenus de vérité (relative). Que pouvons-nous dire à propos d'une telle question, en nous plaçant au seul point de vue de l'exigence d'historicité ?

Pour que les différentes représentations-explications proposées au cours du temps demeurent intelligibles, d'une manière ou d'une autre, fût-ce très imparfaitement, il aura fallu et il faut que des modifications aient été et soient possibles. C'est-à-dire que l'invention de *nouvelles formes de représentation* ait été et demeure possible, et qu'une compréhension des formes passées le reste aussi après elles, dans un autre univers de significations, comme, par exemple, dans le nôtre : et si nous voulons être un tant soit peu historiens, il nous faut acquérir la capacité de dépasser le sens immédiat que ces formes du passé pourraient avoir pour nous, par projection, et nous efforcer à la compréhension d'un sens propre à ce passé lui-même. Et, pour cela, il faut bien d'abord, comme le remarquait Marc Bloch, que nous ayons nous-mêmes expérimenté la connaissance de notre propre présent. La connaissance du présent aide à connaître le passé ; elle en est même la condition première.⁵¹

Il faut bien aussi que la compréhension de ces formes passées de connaissance ait un sens, qu'il y ait une sorte de continuité minimale, que les deux univers aient une commune mesure, sous des systèmes de représentation différents. L'histoire des rapports de connaissances en succession dans le temps,⁵² et de manière éminente celle de transmissions culturelles, en particulier des transmissions des savoirs scientifiques, procure à cet égard une riche moisson de faits, malgré toutes nos inconnues concernant bien des situations complexes et des passés

⁵¹ Bloch [1949].

⁵² Par exemple, la physique de Newton et celle d'Einstein : Cf. Paty [1987].

lointains.⁵³ Dans le débat de certains philosophes et historiens des sciences sur l'incommensurabilité des systèmes conceptuels et théoriques, de Kuhn à Feyerabend,⁵⁴ ceux-ci n'auront oublié qu'une chose, c'est que la transmission a existé et existe, et avec elles la communication, qui demandait quelque "mesure" commune, dans la pratique du travail des scientifiques, et que ce sont là des faits d'histoire. Des faits empiriques, peut-être, mais qui, en tant que faits, demandent eux-mêmes à être compris, tout comme ceux dont nous avons parlé pour l'histoire des sciences.

Autrement dit, nous posons nécessairement par là *l'intelligibilité de l'historicité*. Par l'attention à ces faits d'histoire, et par les leçons de leur analyse, la question d'une "incommensurabilité" apparaît être seulement formelle, se posant pour des axiomatiques sur des corps (ou structures) de propositions fixées ; si elle peut avoir son intérêt à ce niveau, elle n'est pas pertinente du point de vue historique, où l'on s'efforce, dans le travail de recherche, de dépasser une théorie présentant des difficultés, mais dont on part, fût-ce pour lui faire violence... On pourrait en multiplier les exemples, pour des situations réelles, ayant été l'objet d'expériences vécues, concernant aussi bien des travaux scientifiques conduisant à des découvertes ou inventions, des situations de réception de théories nouvelles, ou encore des remaniements théoriques. Les discontinuités dans la pensée, comme dans les actions et les événements, se détachent toujours sur un fond de continuité.

La leçon des faits d'histoire à ce sujet (des faits de l'histoire des sciences) est, au contraire, qu'il existe une commune mesure entre des connaissances inscrites dans des systèmes de pensée différents, et donc correspondant à des contenus conceptuels distincts, et malgré la difficulté à rendre compte du passage de l'une à l'autre, ou du dialogue entre elles ; il aura d'ailleurs pu s'agir d'une traduction seulement partielle, et transformée. Et l'on peut alors se demander si cela ne serait pas, précisément, par l'effet de la rationalité, et de la conscience de cette rationalité. On pourra, certes, objecter à cela que la rationalité des sciences n'est pas une, elle non plus, à travers les disciplines et les objets, les époques et les cultures ; et qu'elle n'est même pas univoque pour une science et un objet de science donnés, puisqu'elle admet des variantes quand elle est en formation, en élargissement ; et que la rationalité elle-même est modifiable et se modifie au long de l'histoire.⁵⁵ Mais on voit bien que l'objection ne vaut pas impossibilité/quand, au contraire, elle distend les éléments des systèmes pris dans la comparaison, leur donnant plus de jeu, rendant leur agencement effectif moins rigide à nos yeux d'observateurs du passé.

On peut parler, assurément, *d'historicité de la rationalité elle-même* :

mais il restera à préciser ce que cela signifie, car de tels mots, s'ils correspondent à des réalités, ne sont bien entendu pas des sésames ouverts sur toutes les

⁵³ Cf., p. ex., Needham [1954-, 1969, 1974, 1993], Rashed & Morélon [199?], Habib & Raina [1999], Thapar [1999], Paty [1999b].

⁵⁴ Kuhn [1962, 2000], Feyerabend [1981].

⁵⁵ Granger [1955], éd. 1967.

interprétations non fondées, voire fantaisistes, qui comprennent les réductions et les dissolutions. Car c'est, précisément, parce qu'une communication est constatée, comme une matière de fait, et qu'elle est donc en droit possible, quelles que soient ses transformations (et les trahisons - naturelles - de ses traductions) aussi bien que ses limitations, que nous pouvons continuer de parler de rationalité, comme ce qui désigne un noyau plus profond que les contenus de connaissances eux-mêmes, qui les rend possible et les constitue, et dont nous sommes probablement loin d'avoir fait le tour ; noyau grâce auquel, en tout cas, nous pouvons accéder, de notre présent, à une compréhension toujours perfectible du passé, ou des ailleurs contemporains.

Quant au futur, qui nous est en général largement imprévisible, s'il se révèle progressivement à nous, à la vitesse même (ou à peu près) de ses accomplissements, c'est à la faveur de la mise au point de nouveaux schémas de compréhension qui se fondent sur la rationalité et sur sa capacité d'extension, nécessitée par nos exigences successives d'intelligibilité, et qui permettent de concevoir (rationnellement) ce qui était jusqu'ici encore impensable.

Notre conscience de l'historicité pose l'exigence de son intelligibilité, et elle la pose selon des conditions épistémiques qui sont celles spécifiques à l'histoire comme discipline. Par exemple, selon une conception propre du temps des hommes dans leurs sociétés et leurs cultures, qui est celui-là même de la conscience historique, le temps des distanciations et des mûrissements. "Réalité concrète et vivante rendue à l'irréversibilité de son élan", écrivait Marc Bloch, "le temps de l'histoire, au contraire [de celui des sciences de la mesure], est le plasma même où baignent les phénomènes et comme le lieu de leur intelligibilité".⁵⁶ Cette conscience du temps de l'histoire fait concevoir de prendre en compte les changements de signification, en histoire aussi bien qu'en histoire des sciences. Invitant les historiens à éviter l'erreur "de confondre une filiation avec une explication", Marc Bloch leur rappelait que les idées qui contribuent à en former d'autres, qu'il s'agisse du régime féodal ou des idées de la Révolution, en passant d'un milieu à un autre, ou d'une génération à une autre, sont transformées, adaptées aux conditions nouvelles, sociales ou intellectuelles.⁵⁷

Il en va, pourrions-nous proposer, de la "filiation" prise pour une explication, dénoncée par le grand historien, comme de la "construction sociale" selon ce que nous en avons dit en commençant : elle laisse entier le problème de savoir pourquoi et comment ceci a été transmis ou construit, c'est-à-dire la question des significations et des contenus, même liés aux circonstances. "Jamais (...) un phénomène historique ne s'explique pleinement en dehors de l'étude de son moment", écrivait encore Marc Bloch.⁵⁸ Cela signifie, pour nous, que l'historicité s'oppose aux algorithmes des reconstitutions intemporelles, et cela vaut en particulier pour l'histoire des sciences : ni réductionnisme social, ni algorithme rationnel

⁵⁶ Bloch [1949], p. 5.

⁵⁷ Bloch [1949], p. 7.

⁵⁸ Bloch [1949], p. 9.

intemporel n'ont rendu et ne rendront compte de la science qui s'invente dans la pensée humaine inscrite dans l'histoire.

Références bibliographiques

- D'Alembert, Jean le Rond, *Traité de dynamique*, David, Paris, 1743. 2ème éd., modif. Et augm., David, Paris, 1758.
- D'Alembert, Jean le Rond, "Essai sur les éléments de philosophie ou sur les principes des connaissances humaines", Paris, 1758. In *Oeuvres philosophiques, historiques et littéraires de d'Alembert*, vol. 2, Bastien, Paris, 1805 [suivi des *Éclaircissements*]. Reed., Olms Verlag, Hildesheim, 1965.
- D'Alembert, Jean le Rond, et Diderot, Denis, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, 17 vols. + 11 vol. de planches, Briasson, David, Le Breton et Durant, Paris, 1751-1780.
- Bachelard, Gaston, *Le rationalisme appliqué*, Paris, 1949.
- Bloch, Marc, *Apologie pour l'histoire ou Métier d'historien*, Cahiers des Annales, 1949 (Manuscrit original : 1941. 1ère publ., posthume préparée par Lucien Febvre) ; nlle éd. critique préparée par Etienne Bloch et Jacques le Goff, Armand Colin, Paris, 1993.
- Bourdieu, Pierre, Champ intellectuel et projet créateur, *Les Temps modernes*, núm. 246, 1966, pp. 865-906.
- Bourdieu, Pierre, Le champ scientifique, *Actes de la recherche en sciences sociales*, núm. 2/3, 1976, pp. 88-103.
- Bourdieu, Pierre, *Les règles de l'art. Genèse et structure du champ littéraire*, Minuit, Paris, 1992.
- Bourdieu, Pierre, *Contre-feux, Liber-Raisons d'agir*, Paris, 1998.
- Thé French Historical Revolution : The Annales School 1929-1989*, Burke, Péter (éd.), London, 1990 ; trad. brésil por Nilo Odalia, *A escola dos Annales, 1929-1989. A revolução francesa da historiografia*, Editôra UNESP, São Paulo, 1991 (éd. utilisée).
- New Perspectives on Historical Writing*, Basil Blackwell, Burke, Péter (éd.), London, 1991 ; trad. brasil por Magda Lopes, *A escrita da história. Novas perspectivas*, Editera UNESP, São Paulo, 1992 (éd. utilisée).
- Calder, Richtie, *Man and his techniques*, 1961. Trad. fr. par Henri Delgove, *L'homme et ses techniques, Pavot*, Paris, 1963.
- Cassirer, Ernst, *Die Philosophie des symbolischen Formen*, 1923, 1924, 1925. Trad. fr. par Ole Hansen-Love et Jean Lacoste, *La philosophie des formes symboliques*, Minuit, Paris, 3 vols., 1972.

- Charles, Christophe, *Naissance des intellectuels*, Minit, Paris, 1990.
- Charles, Christophe, *Les intellectuels en Europe au XIX^e siècle. Essai d'histoire comparée*, Seuil, Paris, 1996.
- Clavelin, Maurice, *La philosophie naturelle de Galilée*, A. Colin, Paris, 1968.
- Clottes, Jean, *Le voyage en préhistoire*, Ed. La maison des Roches, Diffusion Seuil, Paris, 1998.
- Clottes, Jean et D. Lewis-Williams, *Les chamans de la préhistoire. Trances et magies dans les grottes ornées*, Seuil, Paris, 1996.
- Dieudonné, Jean, *Pour l'honneur de l'esprit humain*, Hachette, Paris, 1987.
- Dosse, François, *L'histoire ou le temps réfléchi*, Coll. Optiques, Hatier, Paris, 1999.
- Drake, Stilman, *Galileo* (1980) ; trad. de l'anglais par Jean-Paul Sheidecker, Actes Sud; 1986.
- Einstein, Albert, *Elektrodynamik bewegter Körper*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XVII, 1905, 891-921. Republ. in C.P., vol. 2, pp. 276-306. Trad. fr., *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, in O.C., vol. 2, pp. 31-58.
- Einstein, Albert, *Ueber das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen*, *Jahrbuch der Radioaktivität*, IV, 1907, 411-462 ; V, 1908, 98-99 (Berichtigungen, errata). Republ. in C.P., vol. 2, pp. 433-488. Trad. fr., *Du principe de relativité et des conséquences tirées de celui-ci*, in O.C., vol. 2, pp. 84-124.
- Einstein, Albert, *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, *Annalen der Physik*, ser. 4, XLIX, 1916, 769-822. Trad. fr., *Les fondements de la théorie de la relativité générale*, in O.C., vol. 2, pp. 179-227.
- Einstein, Albert, *Newtons Mechanik und ihr Einfluss auf die Gestaltung der theoretischen Physik*, *Naturwissenschaften*, pp. 15, 273-276 ; *La mécanique de Newton et son influence sur l'évolution de la physique théorique*, in O.C., vol. 5, pp. 235-241.
- Einstein, Albert, *Autobiographisches*. *Autobiographical notes*, in Schilpp, P.A. (éd.), *Albert Einstein, philosopher and scientist*, *The Library of living philosophers*, Open Court, La Salle (Ill.), 1949, pp. 1-95. (Texte rédigé en 1946).
- Einstein, Albert, *The Collected Papers of Albert Einstein*, éd. by J. Stachel, D.C. Cassidy, R. Schulmann, M. Klein et al., Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1987, 8 vols. parus jusqu'à 1999. (C.P.)
- Einstein, Albert, *Oeuvres choisies*, éd. par F. Balibar et al., Seuil/CNRS, Paris, 5 vols., 1989-1993. (O.C.)
- Feyerabend, Paul, *Philosophical Papers*, 2 vols., Cambridge University Press, 1981.
- Galilei, Galileo (Galilée), *Dialogo sopra i due massime sistemi del mondo : tolemaico e copernicano* ; trad. fr., *Dialogues sur les deux plus grands systèmes du monde* (1632), Seuil, Paris, 1992.
- Galilei, Galileo (Galilée), *Discorsi e dimostrazioni matematiche in torno di due nuove scienze*, Leyde, 1638 ; ré-éd., avec introd. et notes, par A. Carugo et

- L. Geymonat, Boringhieri, 1958. Trad. fr. par Maurice Clavelin, Discours sur deux sciences *nouvelles* (1638), A. Colin, Paris, 1970.
- Geymonat, Ludovico, *Galilée*, trad. de l'italien par François-Marie Rosset, Laffont, Paris, 1968; Seuil, Paris 1992.
- Ginzburg, Carlo, Miti, *emblem, spie : morfologia e storia*, Torini, 1986 ; Trad. fr., *Mythes, emblèmes, traces*, Flammarion, Paris, 1989.
- Gouhier, Henri, *Les premières pensées de Descartes. Contribution à l'histoire de l'anti-Renaissance*, Vrin, Paris, 1958.
- Granger, Gilles-Gaston, *La raison*, Coll. Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, Paris, 1955 ; 9ème éd., 1989.
- Granger, Gilles-Gaston, *Essai d'une philosophie du style*, Armand Colin, Paris, 1968; rééd., Odile Jacob, Paris, 1988.
- Situating the history of science ; Dialogues with Joseph Needham*, Habib, S. Irfan and Raina, Dhruv (eds.), Oxford University Press (New Delhi), 1999.
- Hacking, Ian, "Style" for Historians and Philosophers, *Studies in History and Philosophy* 23, 1992, pp. 1-20.
- Hacking, Ian, *The social construction of what?*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1999.
- Hegel, Georg Wilhelm Fiedrich, *La raison dans l'histoire (Introduction aux leçons sur la philosophie de l'histoire)*, trad. nouvelle, intr; et notes par K. Papaioannou, Le monde en 10/18, Paris, 1965.
- Hertz, Heinrich, *Die prinziopien der Mechanik, in neuem zussammenhange*, Teubner, Lepzig, 1894. Trad. angl. par D.E. Jones et J.T Walley, *The principles of méchantes presented in a new form*, Mac Millan, London, 1893; Dover, New York, 1956.
- Jami, Catherine, Western mathematics in China, seventeenth century and nineteenth century, in Jami, Moulin, Petitjean [1992], pp. 79-88.
- Science and Empires*, Jami, Catherine, Moulin, Anne-Marie, Petitjean, Patrick (eds.), Kluwer, Dordrecht, 1992.
- Koyré, Alexandre, *Etudes galiléennes*, Actual. se. industr., 3 fasc., Hermann, Paris, 1 935- 1939 ; 1 vol., Hermann, Paris, 1966.
- Kuhn, Thomas, *The Stucture of Scientific Révolutions*, The University of Chicago Press, Chicago, 1962; 2nd éd., 1970.
- Kuhn, Thomas, *Dogma contra critica. Mondi possibili nella storia délia scienza*, con due lettere di Paul K. Feyerabend, a cura di Stefano Gattei, Raffaello Cortina editore, Milano, 2000.
- Faire l'histoire*, Le Goff, Jacques et Nora, Pierre (eds.), Gallimard, Paris, 3 vols., 1974. Réé-éd., 1986.
- Leroi-Gourhan, André, *Le geste et la parole*, 2 vols. Albin Michel, Paris. Vol. 1 : *Technique et langage*, 1964; Vol. 2: *La mémoire et les rythmes*, 1965.
- Leroi-Gourhan, André, *Evolution et techniques*, 2 vols., Albin Michel, Paris. Vol. 1 : *L'homme et la matière* (1 ère éd., 1 943), nlle version, 1971. Vol. 2, *Milieu et techniques*, 1971.
- Leroi-Gourhan, André, *La préhistoire de l'art occidental*, Mazenod, Paris, 1965.

- Levi, Giovanni, On micro-history ; trad. brés., "Sobre a micro-historia", in Burke [1991], trad. br., 1992, pp. 133-161.
- Lloyd, Geoffrey E. R., Logos et vérité, *L'Aventure humaine. Savoirs, libertés, pouvoirs* (Paris), núm. 5, Avril 1996, pp. 7-22.
- Lorblanchet, Michel, *La naissance de l'art. Gensèse de l'art préhistorique*, Ed. Errance, Paris, 1999. Lorblanchet, Michel, Pourquoi l'art est-il apparu ?, entretien avec Eric Rohde, *La Recherche*, núm. 326, déc. 1999, pp. 107-109.
- Mach, Ernst, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch Dargestellt*, Leipzig, 1883 ; trad. fr. (sur la 4 ème éd. allemande) par E. Bertrand, *La mécanique. Exposé historique et critique de son développement*, Hermann, Paris, 1904 ; ré-éd., 1923.
- Mandrou, Robert, *Histoire de la pensée européenne*, vol. 3 : Des humanistes aux hommes de science, Seuil, Paris, 1973.
- Mariconda, Pablo [à paraître]. Galilei, Galileo, *Dialogo sui due Massimi Sistemi del Mondo*, traduction en portugais (Brésil) et édition critique avec une introduction par Pablo Mariconda, Discurso Editorial, São Paulo, à paraître.
- Monod, Jacques, *Le hasard et la nécessité*, Seuil, Paris, 1970.
- Needham, Joseph, *Science and civilisation in China*, Cambridge University Press, Cambridge, 7 vols. en 34 tomes, 1954.
- Needham, Joseph, *The Great Titration*, 1969 ; trad. fr. par Eugène Jacob, *La science chinoise et l'Occident (Le Grand Titrage)*, Seuil, Paris, 1973.
- Needham, Joseph, *La tradition scientifique chinoise* (recueil d'articles trad. en fr.), Hermann, Paris, 1974.
- Needham, Joseph, *Dialogues des civilisations Chine-Occident. Pour une histoire! œcuménique des sciences*. Recueil d'articles conçu par G. Métaillé, La Découverte, Paris, 1993.
- Newton, Isaac, *Philosophiæ Naturalis principia mathematica*, London, 1687 ; 2ème éd., 1713 ; 3ème éd., 1726; éd. par Alexandre Koyré et I. B. Cohen, Cambridge University Press, Cambridge, 1972. Trad. angl. par A. Motte, *The mathematical principles of natural philosophy*, 1729 ; 3è éd., 1726 ; trad. rév. par F. Cajori, Berkeley, j Univ. California Press, 1934.
- Ory, Pascal & Jean-François Sirinelli, *Les intellectuels en France. De l'affaire Dreyfus à nos jours*, Armand Colin, Paris, 1992.
- Pascal, Blaise, *Pensées*, in B.P., *Oeuvres complètes*, Préface d'Henri Gouhier, Présentation et Notes de Louis Lafuma, Seuil, Paris, 1963.
- Paty, Michel, "Einstein et la pensée de Newton", *La Pensée*, núm. 259, 1987, pp. 17-37.
- Paty, Michel, *L'analyse critique des sciences, ou le tétraèdre épistémologique (sciences, philosophie, épistémologie, histoire des sciences)*, L'Harmattan, Paris, 1990.
- Paty, Michel, *Einstein philosophe. La physique comme pratique philosophique*, Presses | Universitaires de France, Paris, 1993.

- Paty, Michel, "Le caractère historique de l'adéquation des mathématiques à la physique", in Garma, Santiago; Flament, Dominique; Navarro, Victor (eds.). *Contra los titanes ; de la rutina.- Contre les titans de la routine*, Comunidad de Madrid/C.S.I.C., Madrid, 1994, pp. 401-428.
- Paty, Michel, "Remarques sur la production sociale des sciences et la question de la S vérité", in Malet, Emile et Le Bras, Hervé (éds.). *Science et démocratie. Penser le XXI^e siècle*, Editions Passages, Paris, 1996, pp. 185-219.
- Paty, Michel, "L'idée d'universalité de la science et sa critique philosophique et historique", in Arboleda, Luis Carlos y Carlos Osorio (éds.), *Nacionalismo e internacionalismo en la historia de las ciencias y la tecnología en América latina, Memorias del IV Congreso Latino-Americano de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, Universidad del Valle, Cali (Colombia), 1997, p. 57-89. Egalement, *Asclepio* (Madrid), 49 (2), 1997, pp. 5-43.
- Paty, Michel, *D'Alembert ou la raison physico-mathématique au siècle des Lumières*, Les Belles Lettres, Paris, 1998.
- Paty, Michel, "La philosophie et la physique", in Jean-François Mattéi (éd.), *Le Discours philosophique*, volume 4 de l'*Encyclopédie philosophique universelle*, Presses Universitaires de France, Paris, 1998, chap. 123, pp. 2104-2122
- Paty, Michel, "L'universalité de la science. Une idée philosophique à l'épreuve de l'histoire", *Mâat. Revue Africaine de Philosophie*, 1^{ère} année, núm. 1, avril 1999, pp. 1-26. Trad. angl., *Universality of Science: Historical Validation of a Philosophical idea*, as Chapter 12, in Habib & Raina [1999], pp. 303-324
- Paty, Michel, "Comparative history of modern science and the context of dependency", transi, from French by Nicholas Flay, *Science, Technology and Society. An International Journal Devoted to the Developing World* (New Delhi, Sage; Publications), 4, 2, 1999, pp. 171-204.
- Paty, Michel, "La place des principes dans la physique mathématique au sens de Poincaré", in Sebestik, Jan et Soûlez, Antonia (éds.), *Actes du Colloque France-Autriche Paris, mai 1995, Interférences et transformations dans la philosophie française et autrichienne (Mach, Poincaré, Duhem, Boltzmann)*, *Fundamenta philosophiae* (Nancy/ éd. Kimé, Paris) 3 (2), 1998-1999, pp. 61-74.
- paty, Michel, "Les trois stades du principe de relativité", *Revue des questions scientifiques*, 170 (núm. 2), 1999 (les relativités. Première partie), pp. 103-150.
- Paty, Michel, "La création scientifique selon Poincaré et Einstein", in Serfati, Michel (éd.), *La recherche de la vérité*, Coll. L'écriture des Mathématiques, ACL-éditions du Kangourou, Paris, 1999, pp. 241-280.
- Paty, Michel, "Masse (de Newton à Einstein)", in Lecourt, Dominique (éd.), *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, Presses Universitaires de France, Paris, 1999, pp. 613-616.
- Paty, Michel, "Interprétations et significations en physique quantique", *Revue Internationale de philosophie*, núm. 212, 2-2000, pp. 17-60.

- Paty, Michel [à paraître]. La notion de grandeur et la légitimité de la mathématisation en physique, *Deuxième tournée de Philosophie des Sciences Jean Largeault*, Universités de Paris-Sorbonne (Paris-4), Paris 1-Panthéon-Sorbonne, Marc Bloch-Strasbourg-2 et Institut Universitaire de France, Vendredi 7 Mai 1999.
- Poincaré, Henri, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris, 1902 ; 1968.
- Poincaré, Henri, *La valeur de la science*, Flammarion, Paris, 1905 ; 1970.
- Poincaré, Henri, *Science et méthode*, Flammarion, Paris, 1908 ; 1918.
- Quine, Willard V, *Ontological Relativity and Other Essays*, Columbia University Press, New York, 1969 ; trad. fr. par Jean Largeault, *Relativité et l'ontologie et autres essais*, Aubier-Montaigne, Paris, 1971.
- Raina, Dhruv & S. Irfan Habib, "Technical content and social context", in Petitjean, Jami & Moulin [1992], pp. 121-136.
- Histoire des sciences arabes*, Rashed, Roshdi & Morélon, Régis (éd.), 3 vols., Seuil, Paris, 1997.
- Rorty, Richard, *L'espoir au lieu du savoir. Introduction au pragmatisme*, trad. fr., Albin Michel, Paris, 1995.
- Shapin, Steven, *A Social History of Truth. Civility and Science in Seventeenth Century England*, University of Chicago Press, Chicago, 1994.
- Simondon, "Du mode d'existence des objets techniques", Aubier, Paris, 1958 ; nlle éd., 1989.
- Thapar, Romila, "History of science and thé *Oikoumene*", in Habib & Raina [1999], pp. 16-28.
- Vernant, Jean-Pierre, *Mythe et pensée chez les Grecs*, Maspéro, Paris, 1965; nlle éd. rev. augm., La Découverte, Paris, 1985.
- L'Aventure des écritures. *Naissances*, Zali, Anne & Berthier, Annie (éds.), Bibliothèque nationale de France, Paris, 1997.

in Saldaña, Juan José (ed.), *Science and Cultural Diversity. Filling a Gap in the History of Science*, Cadernos de Quipu 5, Mexico, 2001, p. 59-95.