FEDERIGO ENRIQUES, GASTON BACHELARD ET FERDINAND GONSETH

ESQUISSE D'UNE TRADITION ÉPISTÉMOLOGIQUE

Mario CASTELLANA

RÉSUMÉ : Le développement et la complexité, qui ont caractérisé les débats sur la structure conceptuelle des sciences au xx^e siècle, ont déterminé la naissance d'une nouvelle discipline, l'histoire de l'épistémologie, avec l'objectif de tracer une histoire critique de notre « patrimoine épistémologique » avec des méthodologies plus appropriées de nature historique et théorique. Une histoire critique de la philosophie des sciences nous montre beaucoup de « *Wenden* » au-delà de celles plus bien connues, néopositiviste et post-néopositiviste ; en Italie et en France, dans les dix premières années du xx^e siècle, a pris naissance une tradition de recherche épistémologique de nature néorationaliste, avec des noyaux théoriques spécifiques pour l'importance accordée à l'historicité de la science. L'épistémologie néorationaliste italo-française a privilégié l'analyse des rapports entre la pensée mathématique et la pensée physique, telle que l'on peut la caractériser comme une véritable épistémologie de la physique mathématique ; de plus, cette approche différente, dessinée d'abord par Federigo Enriques et ensuite par Gaston Bachelard, Albert Lautman et Ferdinand Gonseth, a permis de comprendre déjà dès les années trente la « philosophie implicite » dans les travaux de Kurt Gödel et d'Hermann Weyl.

MOTS-CLÉS : Enriques, Bachelard, Gonseth, Lautman, Gödel, philosophie des mathématiques, épistémologie, histoire de l'épistémologie.

ABSTRACT : *The development and complexity of the debate about the conceptual structure of science in the xx^{th} century gave birth to a new discipline, the history of epistemology, with the aim of giving a critical history of our « epistemological heritage » with suitable methodologies of a historical and theoretical nature. A critical history of the philosophy of science on more « *Wenden* », besides the neo-positivistic and post-neo-positivistic ones ; in Italy and France, in the first period of the xx^{th} century, developed a tradition of epistemological research in a neo-rationalistic sense with specific theoretical characteristics, particularly for the relevance assigned to the historicity of science. The Italian-French epistemology favored the study of the relationship between mathematical and physical thought, such as can be characterized as a really autonomous physical-mathematical epistemology ; this different historical and epistemological approach, first elaborate by Federigo Enriques and then by Gaston Bachelard, Albert Lautman and Ferdinand Gonseth, allowed us to understand in the 30's the « implicit philosophy » in the works of Kurt Gödel and Hermann Weyl.*

KEYWORDS : Enriques, Bachelard, Gonseth, Lautman, Gödel, philosophy of mathematics, epistemology, history of epistemology.

ZUSAMMENFASSUNG : Die Entwicklung und Komplexität der Debatten um die begriffliche Struktur der Wissenschaften im 20. Jahrhundert haben das Entstehen einer neuen Disziplin bestimmt : der Geschichte der Epistemologie, mit ihrem Ziel, durch angemessene historische und theoretische Methoden eine kritische Geschichte des « epistemologischen Erbes » aufzuzeigen. Eine kritische Geschichte der Wissenschaftsphilosophie zeigt uns zahlreiche « Wenden », neben den bekannteren des Neopositivismus und des Post-Neopositivismus. Im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts entstand in Italien und Frankreich eine neorationalistische Forschungstradition, mit einigen für die der Wissenschaft zugeschriebenen Historizität spezifischen Theorieelementen. Die italo-französische neorationalistische Epistemologie hat die Untersuchung der Beziehungen zwischen mathematischem und physikalischem Denken solchermaßen in den Vordergrund gestellt, dass man sie als Epistemologie der mathematischen Physik bezeichnen kann. Überdies hat dieser Ansatz, ausgearbeitet zunächst durch Federico Enriques, dann durch Gaston Bachelard, Albert Lautman und Ferdinand Gonsetz, schon in den dreißiger Jahren ein Verständnis der « impliziten Philosophie » der Arbeiten von Kurt Gödel und Hermann Weyl erlaubt.

STICHWÖRTER : Enriques, Bachelard, Gonsetz, Lautman, Gödel, Philosophie der Mathematik, Epistemologie, Geschichte der Epistemologie.

Mario CASTELLANA, né en 1949, est professeur associé à l'université de Lecce (Italie). Ses recherches portent principalement sur l'histoire de l'épistémologie du ^{xx}e siècle, et plus spécialement sur la philosophie des mathématiques en France et en Italie.

Adresse : Dipartimento di filologia classica e di scienze filosofiche, Università degli studi di Lecce, Palazzo Parlangei, Via Stampacchia, I-73100 Lecce.

Courrier électronique : Castellana@ateneo.unile.it

Ces dernières années est en train de se constituer dans différents pays un nouveau savoir, que l'on peut définir comme « histoire de l'épistémologie », et qui est comme le signe d'un intérêt croissant pour les vicissitudes de la philosophie de la science contemporaine. Au-delà des mouvements théoriques dominants, qu'il s'agisse du néopositivisme ou des épistémologies historiques anglo-saxonnes, un certain nombre de spécialistes, considérés à tort comme « mineurs », ont apporté une contribution considérable au développement d'un véritable patrimoine épistémologique. Une histoire objective de l'épistémologie contemporaine montre l'existence de nombreux programmes de recherches autonomes, parfois radicalement alternatifs à la « *philosophy of science* » d'inspiration analytique. Une véritable « tradition de recherche néorationaliste italo-francophone » s'est développée dans la première moitié du ^{xx}e siècle, et ce en deux phases. À la première phase ont surtout contribué Federigo Enriques, Abel Rey et Léon Brunschvicg, qui ont élaboré une philosophie de la science post-conventionaliste. En Italie, Enriques a fondé une nouvelle stratégie théorique et, bien avant Moritz Schlick, a opéré à travers son ouvrage *Problemi della scienza*¹ une véritable « *Wende* » de la tradition épistémologique en prenant en considération le rôle de la physique-mathématique. Sa stratégie exhibe des noyaux théoriques précis qui selon Gaston Bachelard ont produit « un bouleversement épistémologique » : le non-positivisme, la revalorisation du théorique, le constructivisme mathématique, la considération des erreurs et de la dialectique scientifiques à travers le « principe de correction progressive », le problème de la croissance de la science, de la genèse des théories et de leur vérité.

Le mathématicien Enriques fonde ainsi une véritable épistémologie historique et au congrès Descartes de 1937, qui s'est tenu à Paris, il est en mesure de proposer sa stratégie comme alternative au programme néopositiviste. L'ensemble de ces noyaux théoriques ont constitué le point de départ du développement du néorationalisme épistémologique dans sa seconde phase, grâce en particulier aux contributions de Gaston Bachelard, Jean Cavaillès, Albert Lautman et Ferdinand Gonseth qui, chacun à leur manière, ont tracé des programmes de recherche singuliers concernant la philosophie mathématique des années trente et quarante. On peut parler à ce propos d'une épistémologie néorationaliste italo-francophone, fondée sur des références scientifiques précises (Bernhard Riemann, la théorie de la relativité, la mécanique quantique, Hermann Weyl, Kurt Gödel), et développant des noyaux théoriques spécifiques grâce à une stratégie épistémique de nature historique. Du « rationalisme expérimental » d'Enriques au « rationalisme appliqué » de Bachelard, en passant par le « rationalisme dialectique » de Lautman et de Gonseth, ce qui se met en place à travers de « forts » points communs, c'est un projet épistémologique qui démontre la grande puissance d'articulation et la grande diversité de positions de l'un des chapitres de la philosophie des sciences contemporaines les plus mal connus. Nous pouvons parler à ce propos d'une véritable « tradition épistémologique » qui a lancé des pistes de recherche alternatives au courant dominant, avec des apports épistémiques spécifiques, élaborés à

1. ENRIQUES, 1906.

même les théories scientifiques. Plus précisément, c'est l'historicité de la science et de la mathématique en particulier qui caractérise sa spécificité théorique, l'amenant ainsi à avoir une interprétation différente de son devenir (de Riemann à Weyl et à Gödel), de la même manière que la ligne Frege-Russell-Hilbert a pu caractériser la stratégie logiciste du programme néopositiviste.

Tout cela nous conduit à remanier les idées historiographiques courantes touchant la philosophie de la science contemporaine. C'est là une des tâches les plus importantes de l'histoire de l'épistémologie que de combler ces lacunes afin d'éviter ces reconstructions autojustificatives qui se limitent généralement aux seuls événements intérieurs à une tradition de recherche unique, aussi importante soit-elle.

Une histoire critique de l'épistémologie nous permet d'étudier ces auteurs (Enriques, Rey, Brunschvicg, Cavaillès, Lautman, Gonseth, Piaget) et de les inclure dans une tradition de pensée à l'origine de la « *Wende* » qui s'est opérée à propos des contenus scientifiques eux-mêmes, et qui ont permis la naissance de stratégies théoriques alternatives. Elle nous permet non seulement de saisir la pluralité des approches qui ont été élaborées à partir des sciences du ^{xx}e siècle, mais également d'éviter de considérer ces auteurs – ainsi que d'autres qui appartiennent à des traditions de pensée différentes (nous pensons à Ludwik Fleck, à Hermann Weyl ou à Louis Hjelmslev) – comme des « cas » isolés ou atypiques. Une histoire de l'épistémologie contemporaine qui se limiterait strictement à la philosophie des sciences néopositiviste ou post-néopositiviste (Popper et les épistémologies anglo-saxonnes) ne pourrait en effet qu'élever des « obstacles » à la compréhension d'autres traditions de pensée. C'est qu'elle tend à considérer tous les auteurs qui n'entrent pas dans son schéma comme des auteurs « mineurs » et exotiques. Seule une histoire critique de l'épistémologie nous permettra de comparer les diverses traditions de pensée en reconnaissant tant leur apport théorique spécifique que leurs limites, c'est-à-dire à la fois leurs points forts et leurs éventuelles faiblesses. Dès lors, il ne sera plus possible de critiquer les unes en utilisant la faiblesse des autres, mais il s'agira de les considérer comme des réponses différentes apportées à des contenus scientifiques identiques. L'histoire critique de l'épistémologie nous permet ainsi d'éviter des reconstructions purement imaginaires de son évolution, et surtout, elle peut servir à réduire la propension à assigner trop souvent des attributs absolus aux composantes de la recherche scientifique (que l'on parle de composante « logique », « linguistique », « historique », « théorétique », « sociologique », etc.).

L'histoire de la philosophie de la science nous porte à tenir compte de manière critique de tout « le patrimoine épistémologique² » contemporain, et à reconsidérer les différents renversements épistémiques (de la « *Wende* » conventionnaliste, au tournant post-conventionnaliste, néopositiviste, et néorationaliste opposant Karl Popper d'un côté, Enriques, Bachelard et Gonseth de l'autre ; des positions historiques de Fleck, Hélène Metzger, Georges Canguilhem, François Russo d'un côté, aux épistémologies historiques anglo-saxonnes de l'autre, etc.). Tout cela montre l'articulation interne des diverses traditions de pensée, et c'est la prise en considération de l'historicité même de

2. DUHEM, 1906 et GEYMONAT, 1985. Mais de son analyse des travaux de Riemann, Enriques tire l'idée que tout accroissement du patrimoine scientifique induit parallèlement un accroissement du patrimoine épistémologique.

l'épistémologie³ qui nous fait prendre conscience de la richesse théorique de cette tradition italo-francophone, tradition qui parvient à élaborer ses noyaux spécifiques par sa critique du mouvement conventionnaliste. Ce qui est fondamental pour Enriques, c'est avant tout l'exigence de fonder la « critique gnoséologique⁴ » sur de nouvelles bases. Pour comprendre le sens vrai de la science, et plus particulièrement des mathématiques, et face aux philosophies de « la banqueroute de la science », Enriques se donne pour tâche de penser un savoir singulier – l'épistémologie – qui a pour objet spécifique la structure de la connaissance scientifique. Cette épistémologie se doit d'analyser *juxta propria principia* la science dans son devenir même. En tant que mathématicien, il introduit ainsi l'exigence de rigueur, mais une rigueur « conçue comme technique de correction et de critique. Erreurs historiques, paradoxes et sophismes, qui ont marqué le cheminement des découvertes les plus importantes, deviennent dès lors essentiels⁵ ».

C'est dès le début du xx^e siècle qu'Enriques considéra l'historicité de la science comme catégorie épistémologique fondatrice du travail scientifique. Alors que le Cercle de Vienne prendra l'option logique et fera le choix linguistique pour comprendre la structure de la science et son unité, Enriques recherchera quant à lui l'unité de la pensée scientifique dans son histoire même⁶. Comme le souligne Ludovico Geymonat, chez Enriques « science et histoire de la science fusionnent. Entre la science et l'histoire de la science il n'y a pas de copule "et", mais une intégration de l'une dans l'autre⁷ ». C'est à partir de ce dispositif qu'Enriques critiquera l'épistémologie conventionnaliste et la « réaction idéaliste contre la science » en orientant dans les années vingt et trente ses intérêts vers des travaux d'histoire des sciences ; et c'est au congrès Descartes de 1937 qu'il élaborera les fondements d'une « nouvelle épistémologie⁸ » fondée sur la considération de l'historicité intrinsèque de la science. Bachelard déchiffra dans *I Problemi della scienza* un véritable « renversement de la perspective épistémologique traditionnelle⁹ » par la critique du conventionnalisme qui y est menée, et pour la stratégie néorationaliste qui y est déployée. D'où l'inauguration d'un parcours de recherche épistémologique absolument autonome, riche par ses nombreuses contributions aux fondements de la géométrie et de la physique, parcours qui, s'il trouve en France

3. Nous considérons l'histoire de l'épistémologie différemment de « l'épistémologie historique [comprise] comme méta-épistémologie » de Jan Hacking, où l'épistémologie historique se définit par une étude historique des concepts généraux (« *organizing concepts* ») conçus comme objectivité, démonstration, raison, probabilité, etc. HACKING, 1995, p. 94, reconnaît sa dette envers Bachelard : « Nous pouvons tous nous considérer, en manière peu connue, comme ses disciples intellectuels, même si notre travail s'avère différent. »

4. ENRIQUES, 1906, ici, 1985, p. 7.

5. ENRIQUES, 1915, ici 1995, p. x.

6. Il faut avoir présent à l'esprit le caractère contemporain de la fondation de la revue *Scientia* (1907) par Enriques, et les premières réunions tenues à Vienne de ceux qui devinrent les protagonistes du néopositivisme logique. Pour une histoire critique de l'épistémologie, ces coïncidences prennent un sens tout particulier, car elles démontrent la même préoccupation scientifique et une même atmosphère culturelle, d'où a pu naître l'exigence commune de fonder, avec des moyens très différents, ce savoir nouveau qu'est l'« épistémologie ».

7. GEYMONAT, 1989, p. 194.

8. Après sa défaite en Italie face à la réaction idéaliste de Benedetto Croce et de Giovanni Gentile, Enriques poursuivra son travail d'historien des sciences en dirigeant des collections éditoriales en France, ce qui explique sans doute que sa pensée épistémologique n'y soit pas totalement inconnue.

9. BACHELARD, 1934, ici 1971, p. 52.

son espace de développement, connaît son approfondissement en Suisse, avec Gönseth et Piaget¹⁰.

C'est encore avec Enriques que s'instaure une tradition autonome de cette recherche que l'on peut qualifier d'« épistémologie néorationaliste italo-francophone ». Pas plus que la tradition néopositiviste elle n'est homogène, ne serait-ce que par la présence et le nombre de savants-philosophes, de philosophes-épistémologues et d'historiens des sciences. Elle se développe en réalité en deux phases, et la stratégie théorique avancée par Enriques y joue un rôle décisif. La première phase (entre 1907 et 1920) se caractérise par un « rationalisme expérimental¹¹ », accepté par Rey. Ce « nouveau rationalisme », cette « nouvelle philosophie de la science » doivent permettre de comprendre les méthodologies singulières qui sont en acte dans les diverses théories scientifiques ; mais ils doivent avant tout sauvegarder les « valeurs objectives » de la connaissance scientifique, une idée qui est également présente dans les premiers ouvrages de Moritz Schlick, Hans Hahn, Otto Neurath et Hans Reichenbach.

À cette première phase du néorationalisme épistémologique initiée par Enriques, Rey et Brunschvicg apportent une contribution considérable quant à la nécessité de fonder la philosophie des sciences sur son historicité. Ils s'engagent à redéfinir une nouvelle image de la science post-conventionnaliste en développant l'aspect constructiviste, et ils élaborent une véritable épistémologie de la physique mathématique ; en effet, toute la physique contemporaine, d'Einstein à la mécanique quantique, n'est autre qu'une « physique-mathématique ». Ce noyau théorique constitue selon Geymonat l'apport décisif de la pensée épistémologique italo-française : une pensée qui a parfaitement saisi cette situation de la science contemporaine, en donnant une nouvelle dimension épistémique au rapport existant entre mathématiques et sciences expérimentales. Au ^{xx}^e siècle,

« [i]l n'y a pas eu d'une part une révolution de la physique et de l'autre une révolution de la mathématique, mais bel et bien une révolution de la physique mathématique. Que la théorie de la relativité appartienne à la physique-mathématique [...] est une idée fondamentale qui fut bien comprise par la pensée française¹² ».

Une histoire critique de l'épistémologie nous permet dès lors de découvrir les noyaux communs à ces différents auteurs. Étudiés individuellement, ils semblent ne pas manifester beaucoup d'intérêt pour le développement de la philosophie de la science. Considérés à nouveaux frais dans le cadre d'une histoire plus objective de ce savoir, ils retrouvent alors leur juste place théorique grâce à leurs références scientifiques communes (de Riemann à Einstein et Weyl, en passant par les premières découvertes de la mécanique quantique), références qui trouveront chez Bachelard leur pleine justification épistémique¹³. Le « rationalisme expérimental », avancé au cours de ces mêmes

10. Voir WITKOWSKI, 1985-1986 et 1987.

11. Voir notre introduction à ENRIQUES, 1975.

12. GEYMONAT, 1986, p. 73 ; sur l'épistémologie de la physique-mathématique en France et en Italie, voir CASTELLANA, 2004.

13. Sur ce point, voir CASTELLANA, 1991. Dans son *Essai sur la connaissance approchée* (1928), Bachelard fonde sa philosophie de l'approximation en développant les idées d'Enriques et en analysant les travaux de Riemann.

années, que ce soit par Enriques, Rey ou Brunschvicg¹⁴, est l'indice d'un effort épistémologique commun marquant une prise de distance définitive à l'égard du mouvement conventionnaliste, tant par le biais d'une considération historique des théories scientifiques que par les nouveaux rapports établis entre mathématique et physique. C'est sur le renouvellement méthodologique imposé par la géométrie différentielle, la topologie et le calcul tensoriel, que se fonde le nouveau statut épistémique de la physique-mathématique défendu par Enriques et par Brunschvicg : ils la considèrent tous deux comme une science autonome déployant des styles de rationalité tout à fait spécifiques.

Ce « rationalisme expérimental » est le produit d'une prise de conscience des révolutions imposées par Riemann, Ludwig Boltzmann et Heinrich Hertz. D'après Annibale Pastore, à cause du primat assigné au théorique et du fait des transformations de sens imposées aux notions communes (masse, force, matière, etc.), ces révolutions ont engendré « une révolution dans la philosophie des sciences¹⁵ » elle-même. Enriques, comme Pastore et Brunschvicg, suivis rapidement par Bachelard, élaboreront l'idée que chaque révolution scientifique tout à la fois provoque une révolution de la raison et enrichit le patrimoine épistémologique. C'est une idée que l'on trouve déjà dans les fragments philosophiques de Riemann, et dont Enriques ne fera que développer l'« épistémologie germinale ». L'idée de Riemann, qui trouvera chez Einstein son expression majeure, concerne l'étroite solidarité existant entre structures géométriques abstraites et nature des phénomènes physiques : ce qui constituera pour Enriques l'instrument fondamental d'une garantie de la pluralité des géométries, de leur valeur véritative et de l'objectivité des expériences physiques. Pour lui, en effet, « l'espace physique est une approximation objectivante de l'espace géométrique¹⁶ » dont il trouve la preuve épistémologique la plus éclatante dans *Geometrie und Erfahrung* d'Einstein. Les concepts géométriques abstraits de « variété différentielle » et de « fonction de Riemann » expliquent les formes d'existence réelle des phénomènes physiques. C'est là pour Enriques la question fondamentale de toute philosophie des sciences : celle des rapports entre les sciences et le réel, entre les mathématiques abstraites et le réel. Cette question de nature épistémologique s'est posée à la naissance des géométries non-euclidiennes, mais elle est ensuite devenue stratégique dans les doctrines relativistes, ainsi qu'en mécanique quantique (que l'on pense aux grands débats entre Einstein et Bohr). Enriques reconnaît le rôle essentiel que joue cette question dans le cadre de son « rationalisme expérimental ». Il le pose comme l'un des noyaux théoriques de sa stratégie anti-néopositiviste de la période des années 1930, un noyau et une stratégie qui seront repris et approfondis par Lautman et Gonthier en vue de fonder leurs propres programmes épistémologiques¹⁷.

Ce noyau théorique relie tous les protagonistes de la tradition néorationaliste italo-francophone – dans ses deux phases – par une analyse partagée des motivations et des modalités de l'application des théories mathématiques abstraites au monde réel. Cela devient le point fort de cette tradition de pensée qui, face aux positions analytiques et

14. Il faut ajouter Annibale Pastore (1869-1954), maître à penser d'Antonio Gramsci et de Ludovico Geymonat à l'université de Turin ; il fut le premier à utiliser le terme d'« épistémologie » en Italie, et ce dans son ouvrage d'esprit bachelardien intitulé *Del nuovo spirito della scienza e della filosofia*, voir PASTORE, 1906. Sur cet auteur, voir CASTELLANA, 1982.

15. PASTORE, 1906, p. 107.

16. ENRIQUES, 1906, ici 1985, p. 267.

17. GONSETH, 1936 et LAUTMAN, 1937. Sur Lautman, voir CASTELLANA, 1978 et 1990, p. 54-90.

conventionnelles des théories mathématiques, recherche des interactions entre les fondements de la mathématique et les fondements de la physique. Enriques, Brunschvicg, Bachelard, Gonseth, Lautman et Cavaillès expliquent leur position anti-néopositiviste propre par leur considération différente de la pensée mathématique : les mathématiques ne sont pas des langages de la physique, mais de véritables théories qui « pensent le réel et les objets physiques » avec leurs propriétés spécifiques. Les mathématiques ont affaire à des objets spécifiques dotés d'une structure interne autonome et de lois propres¹⁸, et chacune des sciences contemporaines se caractérise par ses manières propres de « réaliser la pensée mathématique ». L'analyse critique des travaux de Riemann et de Klein (Enriques), de la théorie des groupes (Brunschvicg), de l'algèbre non commutative dans les travaux de Dirac et des espaces vectoriels hilbertiens (Bachelard), de la topologie algébrique de Noether, de la théorie des espaces symétriques de Cartan et des premiers travaux logiques de Gödel et de Gentzen (Cavaillès et Lautman), des travaux mathématiques de Weyl, Bernays et Heyting (Gonseth) conduit à la nécessité d'une « nouvelle philosophie mathématique ». Pour Enriques, tout l'effort « de l'épistémologie nouvelle » est bel et bien de comprendre la vraie nature des mathématiques. Ce sont surtout Cavaillès, Lautman et Gonseth qui élaboreront la nouvelle stratégie du néo-rationalisme épistémologique dans sa deuxième phase, et ils seront les premiers épistémologues à pouvoir comprendre « le nouvel esprit de la logique mathématique de Gödel », car sa philosophie implicite était considérée par eux comme très éloignée du programme logiciste du néopositivisme. Alors qu'ils ne pouvaient avoir connaissance de l'existence du *Nachlass* de Gödel, leur « tactique épistémologique¹⁹ » et leur position historique leur a néanmoins permis de donner de la pensée mathématique des années trente une interprétation totalement différente de celle qui est sortie des canons néopositivistes. Leur engagement théorique visait avant tout à sauvegarder le caractère autonome et objectif de la pensée mathématique, à comprendre « l'expérience mathématique » dans le cadre même de l'évolution de ses concepts et, comme le formulait déjà Brunschvicg dès 1912, à « retourner sur l'histoire même, à rechercher les convergences et la coordination des résultats qui ont été obtenus aux différentes périodes, et à les enregistrer comme les marques positives de l'objectivité²⁰ ».

Cette nouvelle « philosophie mathématique » au sens d'Enriques et de Brunschvicg visait à comprendre les « contenus » des théories mathématiques ainsi que leurs changements qualitatifs ; et les épistémologues francophones surent parfaitement saisir la relative intransigeance du monde mathématique de cette période (Kurt Gödel, Emil Artin, Arend Heyting, Emmy Noether, Hermann Weyl, Paul Bernays, etc.) à l'égard de la conception néopositiviste de cette discipline. Dans les traces de Weyl et de Heyting, ils assigneront à la « philosophie mathématique » la tâche d'analyser le procès de « création des idées mathématiques ». La cohérence de l'axiome du choix et l'hypothèse généralisée

18. DESANTI, 1968. Sur cet auteur, voir CASTELLANA, 1985, chap. II.

19. Voir PETITOT, 1987. Ce n'est que très récemment qu'a été rendu public le *Nachlass* de Gödel où s'expriment toutes ses critiques à l'encontre de la philosophie de la mathématique néopositiviste. C'est d'ailleurs ce même Gödel qui publia dans les années cinquante deux articles extrêmement importants dans les colonnes de la revue *Dialectica* de Gonseth. Sur cette question, voir SHANKER, dir., 1991 et CASTELLANA, 1990, p. 50-90. Les écrits philosophiques de Gödel n'ayant été publiés qu'en 1995, voir GÖDEL, 1995.

20. BRUNSCHVICG, 1912, ici 1974, p. 463.

du continu (1938-1940) de Gödel, le développement de la métamathématique par Gerhard Gentzen et par Jacques Herbrand, l'algèbre abstraite et les théorèmes de non-commutativité constitueront, pour ces philosophes francophones de la mathématique, des événements nécessitant un bouleversement radical des perspectives théoriques et des instruments d'analyse. En ce sens, la *Philosophie mathématique* de Gonthier (1939)²¹ et le débat entre Cavaillès et Lautman²² concernant « la pensée mathématique » apparaissent comme le manifeste d'une vision « dialectique » des mathématiques qui tente de comprendre l'ensemble de ces transformations à travers une méthodologie historique propre. Leur objectif était de déchiffrer cette « *Wende* » opérée par les théorèmes de Gödel, qui était également à la source d'un véritable bouleversement épistémologique. Comme Enriques l'avait déjà affirmé à propos des travaux de Riemann, Cavaillès, Lautman et Gonthier pensaient que la « nouvelle mathématique » et le « nouvel esprit de la logique mathématique » exigeaient maintenant une posture épistémologique nouvelle. Si rigueur et objectivité, démonstration et vérité, symboles et réalité étaient étroitement connectés chez Gödel, cela ne pouvait absolument pas être compris par une vision analytique des mathématiques. Ainsi, d'après Jean Petitot, Lautman a surtout découvert dans les travaux gödéliens un « niveau qualitatif intégral » qualifié de « niveau lautmanien » : « C'est le continent inconnu de la philosophie des sciences. Il relie démonstration, vérité, objectivité et herméneutique²³. »

L'épistémologie italo-francophone nous permet dès lors de voir tout autrement le problème de l'unification des sciences, et ce par l'introduction d'une catégorie herméneutique : celle de l'historicité des « contenus objectifs des théories mathématiques » et de leur progression interne. Cette grille interprétative donne une signification différente aux nouveaux concepts introduits par Gödel, et Lautman s'engage alors à trouver l'unité conceptuelle de champs théoriques divers, cette « histoire cachée dans les liens structuraux entre la réalité empirique et la portée ontologique des mathématiques », cette « structure dialectique » qui est « aussi bien génératrice de réalités mathématiques abstraites que de conditions d'existence pour l'univers des phénomènes »²⁴. Bachelard, Cavaillès, Lautman et Gonthier assignent ainsi à la philosophie de la mathématique la tâche de découvrir « le moment de la genèse », « le moment générateur », la « dialectique *ad hoc* » qui serait intérieure au développement conceptuel des mathématiques. La philosophie de la science doit alors saisir les moments constitutifs du savoir mathématique dans leurs articulations historiques : les mathématiques connaissent un développement particulier possédant une méthodologie dialectique autonome, et ce sont en effet les méthodologies qui réalisent les « objets » mathématiques dans leurs « horizons de réalité ». Pour cette tradition de pensée italo-francophone, seule une approche à la fois historique et épistémologique du « continent mathématique » peut permettre de comprendre de manière globale le caractère cognitif des mathématiques, ainsi que le rôle de ces principes généraux qui pour Gödel transcendent l'arithmétique. Elle permet aussi de comprendre les changements,

21. En Suisse, Gonthier a cherché à réunir les mathématiciens qui n'acceptaient pas la réduction de la pensée mathématique au langage syntaxique. Voir GONTHIER, 1939 et 1941, et sur cette question, voir CASTELLANA, 1990, p. 74-90.

22. Pour ce débat qui a eu lieu à la Société française de philosophie en février 1939, voir CAVAILLÈS et LAUTMAN, 1946. Pour une analyse de ce débat, voir CASTELLANA, 1990.

23. PETITOT, 1991, p. 278.

24. LAUTMAN, 1977, p. 254.

les rectifications continues et la « mutation corrélatrice des méthodes ». Seule une perspective historique permet de saisir leur aspect à la fois qualitatif et intégral. C'est en devenant une catégorie épistémologique centrale qu'elle permet en effet de saisir l'historicité même des « objectivités mathématique²⁵ ». C'est seulement à ce niveau que l'on est en mesure de saisir les différences qualitatives entre les changements conceptuels ; et tant pour Lautman, Gonthier que Cavaillès, il est fondamental ici d'introduire cette notion de « dialectique » dans les sciences mathématiques. La « dialectique dans les mathématiques » est l'instrument épistémique indispensable pour appréhender les « liaisons structurales » entre la pensée et le réel, entre les schèmes logiques et le réel, entre l'analytique et l'ontologie. C'est de là que provient l'idée fondamentale de la tradition épistémologique néorationaliste italo-francophone, déjà définie par Enriques dans son ouvrage *Per la storia della logica*²⁶, et renforcée par une réflexion critique portant sur les travaux métamathématiques de Gödel : « [...] la véritable logique n'est pas *a priori* par rapport aux mathématiques, mais il faut à la logique une mathématique pour exister²⁷. » Le rapport dialectique entre abstraction et réalité, entre théories et idées, entre les contenus conceptuels et leur explicitation externe caractérise la véritable « expérience mathématique » qui est amenée à engendrer de nouvelles structures catégoriales.

Pour Lautman et Gonthier ce sont les premiers travaux de Gödel et de Weyl qui ont permis de reconnaître ce parallélisme « mystérieux » entre physique et mathématiques, et c'est la raison pour laquelle il a été nécessaire de concevoir la physique-mathématique comme une science autonome, ce que Bachelard avait de son côté parfaitement compris. Cette science permet de réaliser et de diversifier les objets mathématiques, de lier théorie et expérience, de rendre historiques les concepts théoriques dans les doctrines physiques, et de construire l'objectivité des phénomènes dans le cadre du devenir des idées mathématiques. Enriques a évoqué une « raison mathématique qui part en reconnaissance de l'inconnu²⁸ », et c'est parce qu'il a compris cette révolution de la raison scientifique que Bachelard voit dans la pensée d'Enriques le fondement d'un *new deal* épistémologique. Petitot, qui est aujourd'hui l'un des héritiers français de cette tradition de recherche, a relevé dans les travaux épistémologiques d'Enriques, Bachelard, Lautman, Gonthier et Cavaillès cette idée fondamentale :

« [...] les mathématiques sont l'instrument le plus important pour constituer une herméneutique de l'objectivité et même pour les procès de construction de cette objectivité²⁹. »

Une histoire critique de l'épistémologie nous a permis de comprendre un axe fort d'une tradition de recherche qui a concentré tous ses efforts théoriques sur la physique-mathématique contemporaine, alors que la philosophie de la science standard concentrerait les siens sur la logique mathématique, de Frege à Hilbert. Enriques a opéré un choix épistémologique fondé sur une tradition scientifique qui va de Riemann à Einstein, tandis que les autres épistémologues francophones ont continué à penser le rôle des mathématiques dans le sens d'un approfondissement des premiers travaux de Gödel et

25. DESANTI, 1968.

26. ENRIQUES, 1922.

27. LAUTMAN, 1977, p. 48.

28. ENRIQUES, 1936, ici 2004, p. 24.

29. PETITOT, 1991, p. 277.

de Weyl. Or, ce choix épistémique n'a pas toujours été bien compris ; les idées avancées par Enriques dans les premières années du xx^e siècle ont été interprétées comme étant encore liées aux débats vétéro-positivistes, ses travaux, comme ceux des autres auteurs francophones, ayant toujours refusé d'épouser le logicisme. Mais les raisons de ce refus n'ont jamais été analysées : son choix épistémologique d'une vision proprement historique de la science a été perçu comme une option philosophique purement générique. Il a certes été considéré comme un grand mathématicien, comme un historien des sciences important, porteur d'une vision scientifique du monde (et c'est pour cela que les néopositivistes l'ont considéré comme leur précurseur), mais dénué d'un projet épistémologique véritablement profond. Une autre raison de son incompréhension, qui n'est sans doute pas la moindre, est venue de sa considération historique d'une science comme la mathématique qui avait été jusque-là très peu analysée dans une telle perspective. Enriques avait une conception expérimentale des mathématiques qu'il avait tirée de Riemann, la source fondamentale de sa pensée épistémologique. Seule la tradition de pensée francophone, qui fut également partie prenante d'une analyse approfondie des travaux de Riemann (avec Brunschvicg et Bachelard), a su découvrir les apports épistémologiques fondamentaux d'Enriques pour les intégrer à sa propre perspective. Constructivisme épistémique, idée de l'approximation scientifique, « méthode de correction progressive », rationalisme expérimental, justification de la physique-mathématique, primat théorique de l'erreur, tous ces thèmes pouvaient dès lors prendre tout leur sens dans une vision de la connaissance scientifique intrinsèquement historique.

Pour Bachelard, Enriques a ouvert un nouveau type de savoir, l'épistémologie dans sa dimension historique, un savoir pour lequel la connaissance scientifique est conçue comme une activité incessante de correction et de construction de théories toujours plus complexes. Sa rationalité est constituée par un processus d'approximations successives et de substitution des principes. Pour Enriques, l'engagement épistémologique doit avant tout déterminer les périodes de crise de la pensée scientifique qui représentent les moments les plus significatifs d'un accroissement de la science ; là, non seulement science et histoire de la science viennent fusionner, mais histoire et épistémologie viennent se fondre dans l'analyse critique des sciences, et en particulier de la mathématique. En ce sens, l'idée qu'Enriques opposait aux dérives conventionnalistes et aux différents paramètres idéalistes, et selon laquelle « il n'y a pas de théories vraies, mais seulement des théories plus ou moins vraies³⁰ », assume ici toute son épaisseur théorique. Le point de vue épistémique essentiel est alors que dans la science le parcours cognitif est un parcours intra-théorique où, comme l'affirme Bachelard, on va « du rationnel au réel ». Le parcours cognitif ne va pas de l'expérience à la théorie, mais d'une théorie à une autre, là où l'objet scientifique reçoit sa physionomie conceptuelle. Toute théorie est une réalisation du rationnel, et l'objet, qui est lui aussi construit, est une « raison confirmée » (Bachelard).

Si nombre de ces idées, développées par la tradition de recherche italo-francophone, appartiennent également à d'autres traditions de recherche (qu'elles soient poppériennes ou post-poppériennes), c'est néanmoins dans le courant de l'épistémologie historique qu'elles ont connu une intégration vraiment précise. D'ailleurs, l'histoire de l'épistémologie contemporaine est riche de ces phénomènes d'intégration qui sont à l'origine

30. ENRIQUES, 1906, ici 1985, p. 270.

de multiples développements et source d'importants résultats (par exemple l'intégration du néopositivisme à la philosophie pragmatiste américaine et à la tradition analytique anglaise). Ainsi, l'intégration de la pensée d'Enriques à la tradition historique de l'épistémologie française a pu produire une stratégie théorique riche en articulations et en développements significatifs pour les perspectives ouvertes en particulier en mathématiques. Seule une histoire de l'épistémologie conduite de manière critique peut à la fois produire une analyse comparée des différentes intégrations et saisir les noyaux fondamentaux de toutes les traditions de pensée. Mais ces noyaux ont avant tout été exhibés à partir de leurs sources scientifiques, dans les champs ouverts par des savants qui ont produit un nombre assez restreint d'idées de nature épistémologique, idées qui n'en sont pas moins fondamentales (c'est le cas de Riemann et de Gödel, par exemple) ; des idées qui seront abordées ensuite à partir de tactiques herméneutiques distinctes, et donc à l'origine de réponses différentes.

L'histoire critique de l'épistémologie reconnaît avant tout un fait extrêmement important : à des développements scientifiques identiques, on peut donner des réponses épistémiques différentes. Comme pour toute reconstruction historique objective, elle part de ses propres finalités théoriques pour caractériser la pluralité des stratégies épistémiques qui peuvent naître à propos d'un même fait scientifique. C'est d'ailleurs là une exigence qui, ces dernières années, a parfaitement été ressentie dans les différents contextes culturels³¹ où elle intervient dans les débats en dénonçant les écarts entre les modèles de rationalité scientifique construits et les parcours scientifiques réels, écarts présents dans les courants les plus importants de la philosophie de la science. Il s'agit donc d'une histoire critique de l'épistémologie, conduite avec des instruments divers et selon différentes traditions de pensée, qui ne saurait constituer en aucun cas une pure et simple reconstruction historiographique. En prenant également conscience de l'historicité de la « méta-science », il devient dès lors possible de considérer le « patrimoine épistémologique » comme un laboratoire d'idées utiles pour comprendre ce « *risorgimento* philosophique » qui, pour Enriques, fut toujours en acte dans les sciences.

Mario CASTELLANA
(décembre 2002).

Traduit de l'italien par Charles Alunni.

31. Ce projet de recherche est présent dans les travaux de LAUDAN, 1984, OLDROYD, 1989 et WITKOWSKI, 1991.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- BACHELARD (Gaston), 1934, *Le Nouvel Esprit scientifique*, Vendôme-Paris, Presses universitaires de France-Alcan, rééd. Paris, Alcan, 1971.
- BRUNSCHVIG (Léon), 1912, *Les Étapes de la philosophie mathématique*, Paris, Alcan, rééd. Paris, Blanchard, 1974.
- CASTELLANA (Mario), 1978, « La filosofia della matematica in Albert Lautman », *Il Protagora*, 115, p. 12-24.
- CASTELLANA (M.), 1982, « F. Enriques e A. Pastore. Per una storia dell'epistemologia neorazionalistica », in POMPEO FARACOV (Ornella), dir., *Federigo Enriques. Approssimazione e verità*, Livourne, Belforte Editore Libraio, p. 123-130.
- CASTELLANA (M.), 1985, *Epistemologia debole. Bachelard, Desanti, Raymond*, Vérone, Bertani.
- CASTELLANA (M.), 1990, « Alle origini della "nuova epistemologia". Il Congrès Descartes del 1937 », *Il Protagora*, 17-18, p. 11-100.
- CASTELLANA (M.), 1991, « Geometrie e filosofia. Enriques interprete di Riemann », in CIMINO (Guido), SANZO (Ubaldo) et SAVA (Gabiella), dir., *Il Nucleo Filosofico della scienza*, Galatina/Lecce, Congedo Editore, p. 249-272.
- CASTELLANA (M.), 2004, *Razionalismi senza dogmi. Per una epistemologia della fisica-matematica*, Soveria Mannelli, Rubbettino Editore.
- CAVAILLÈS (Jean) et LAUTMAN (Albert), 1946, « La pensée mathématique », *Bulletin de la Société française de philosophie*, t. XL, p. 1-39.
- DESANTI (Jean-Toussaint), 1968, *Les Idéalités mathématiques*, Paris, Seuil.
- DUHEM (Pierre), 1906, *La Théorie physique, son objet et sa structure*, Paris, Chevalier et Rivière.
- ENRIQUES (Federigo), 1906, *I Problemi della scienza*, Bologne, rééd. Bologne, Zanichelli, 1985.
- ENRIQUES (F.), 1915, *Lezioni sulla teoria geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche*, Bologne, rééd. Bologne, Zanichelli, 1995.
- ENRIQUES (F.), 1922, *Per la storia della logica. I principii e l'ordine della scienza nel concetto dei pensatori matematici*, Bologne, Zanichelli.
- ENRIQUES (F.), 1936, *Il Significato della storia del pensiero scientifico*, Bologne, Zanichelli, rééd. Manduria, Barbieri, 2004.
- ENRIQUES (F.), 1975, *Il Razionalismo sperimentale. Antologia*, éd. Mario CASTELLANA, Lecce, Milella.
- GEYMONAT (Ludovico), 1985, *Lineamenti di filosofia della scienza*, Milan, Mondadori.
- GEYMONAT (L.), 1986, « Tre domande per Ludovico Geymonat », in *Due culture a confronto : la filosofia della scienza in Francia e in Italia nel Novecento*, Vérone, Bertani, p. 72-75.
- GEYMONAT (L.), 1989, « Lo storicismo scientifico di F. Enriques », in SIMILI (Raffaella), dir., *Federigo Enriques. Filosofo e scienziato*, Bologne, Cappelli, p. 191-199.
- GÖDEL (Kurt), 1995, *Unpublished philosophical essays*, éd. Francisco RODRÍGUEZ-CONSUEGRA, Bâle-Berlin-Boston, Birkhäuser Verlag.
- GONSETH (Ferdinand), 1936, *Les Mathématiques et la réalité. Essai sur la méthode axiomatique*, Paris, Alcan, rééd. Paris, Blanchard, 1974.
- GONSETH (F.), 1939, *Philosophie mathématique*, Paris, Hermann (Actualités scientifiques et industrielles, 837).

- GONSETH (F.), 1941, *Les Entretiens de Zurich sur les fondements et la méthode des sciences mathématiques*, Zurich, Leemann.
- HACKING (Jan), 1995, « L'epistemologia come metaepistemologia », in LA VERGATA (Antonello) et PAGNINI (Alessandro), dir., *Storia della filosofia, storia della scienza. Saggi in onore di Paolo Rossi*, Scandicci, La Nuova Italia, p. 93-110.
- LAUDAN (Larry), 1984, *Scienza e ipotesi*, Rome, Armando.
- LAUTMAN (Albert), 1937, *Essai sur les notions de structure et d'existence en mathématiques*, Paris, Hermann (Actualités scientifiques et industrielles).
- LAUTMAN (A.), 1977, *Essai sur l'unité des mathématiques et divers écrits*, Paris, Union générale d'éditions.
- OLDROYD (David), 1989, *Storia della filosofia della scienza*, Milan, Il Saggiatore.
- PASTORE (Annibale), 1906, *Del nuovo spirito della scienza e della filosofia*, Turin, Bocca.
- PETITOT (Jean), 1987, « Refaire le "Timée". Introduction à la philosophie mathématique d'Albert Lautman », *Revue d'histoire des sciences*, t. XL, 1, p. 79-115.
- PETITOT (J.), 1991, « Idéalités mathématiques et réalité objective », in *Hommage à Jean-Toussaint Desanti*, Mauvezin, Trans-Europ-Repress, p. 213-282.
- SHANKER (Stuart G.), dir., 1991, *Il Teorema di Gödel. Una messa a fuoco*, Padoue, Muzzio.
- WITKOWSKI (Lech), 1985-1986, « Il caso Enriques (alle radici del neorazionalismo e della strategia genetica nell'epistemologia del '900) », *Annali della facoltà di Lettere e di Filosofia dell'Università degli studi di Perugia*, vol. XXIII, p. 101-126.
- WITKOWSKI (L.), 1987, « The Philosophy of science in Italy and the critical rationalism in Europe », in MINAZZI (Fabio) et ZANZI (Luigi), dir., *La Scienza tra filosofia e storia in Italia nel Novecento*, Rome, Istituto Poligrafo, p. 385-421.
- WITKOWSKI (L.), 1991, « La ricezione dell'epistemologia di L. Brunschvicg », *Filosofia*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Torun, vol. XII, p. 16-50.