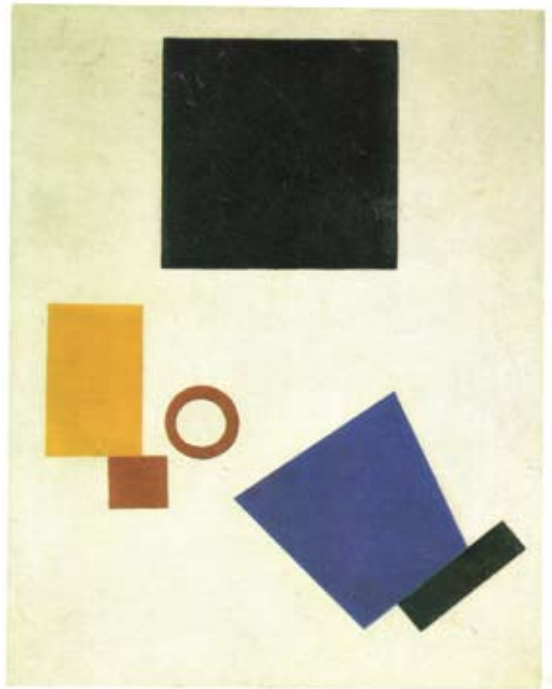


Jean Leroux

Une histoire comparée de la philosophie des sciences

Volume II

L'empirisme logique en débat



Logique de la science 王



Facebook : La culture ne s'hérite pas elle se conquiert

COLLECTION

Logique de la science Ξ

Cette collection accueillera des ouvrages consacrés à la logique et à la philosophie des sciences entendues dans leur sens formel. La logique de la science, un titre emprunté au philosophe américain C.S. Peirce, rend compte de la logique interne du savoir qui peut se décliner en plusieurs versions et il est légitime de parler de logiques au pluriel comme on parle de sciences au pluriel. L'éventail des recherches pourra s'ouvrir pour inviter des analyses portant sur l'intersection et l'héritage commun des traditions philosophiques et scientifiques. Enfin, les travaux d'épistémologie générale ou historique dans les sciences sociales et humaines ne sauraient être exclus dans cet esprit d'ouverture qui doit caractériser l'idée d'une logique interne du discours scientifique. Si le principe de tolérance invoqué par le logicien et philosophe des sciences R. Carnap doit présider à une telle entreprise, c'est pour mieux assurer le rôle de la philosophie comme vigile du savoir.

Le symbole Ξ utilisé pour représenter la collection signifie la quantification « effinie » ou illimitée de la logique arithmétique et il est tiré de l'idéogramme pour « wang », roi en langue chinoise.

Yvon Gauthier

Une histoire comparée
de la philosophie
des sciences

Volume II

L'EMPIRISME LOGIQUE
EN DÉBAT

Jean LEROUX

Une histoire comparée
de la philosophie
des sciences

Volume II

L'EMPIRISME LOGIQUE
EN DÉBAT



Presses de
l'Université Laval

Les Presses de l'Université Laval reçoivent chaque année du Conseil des Arts du Canada et de la Société d'aide au développement des entreprises culturelles du Québec une aide financière pour l'ensemble de leur programme de publication.

Nous reconnaissons l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise de son Programme d'aide au développement de l'industrie de l'édition (PADIE) pour nos activités d'édition.

Maquette de couverture : Hélène Saillant

Mise en pages : Mariette Montambault

ISBN 978-2-7637-8957-6

eISBN 9782763709574

© Les Presses de l'Université Laval 2010

Tous droits réservés. Imprimé au Canada

Dépôt légal 2^e trimestre 2010

Les Presses de l'Université Laval

2305, rue de l'Université

Pavillon Pollack, bureau 3103

Université Laval, Québec

Canada, G1V 0A6

www.pulaval.com

À Muriel

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage est une introduction à la philosophie des sciences par le biais d'une étude comparée des approches les plus connues qui ont façonné le développement de cette discipline au XX^e siècle.

L'élaboration de notre plan de travail fut aidée du fait que le mouvement empiriste logique issu du Cercle de Vienne a été le plus marquant de son époque, à maints égards. En ce qui concerne les origines et les influences qui ont joué lors de l'émergence de ce mouvement, nous renvoyons le lecteur au premier volume de cet ouvrage, *Aux sources de l'empirisme logique* (Leroux, J., 2010). Selon les conceptions qui ont longtemps prévalu en histoire de la philosophie des sciences, l'épistémologie collective du groupe viennois consisterait en une synthèse moderne des philosophies de l'empirisme classique et de la « nouvelle logique » des Frege et Russell. Cette lecture des choses n'était certes pas entièrement erronée, sauf qu'elle était peu ou prou exclusive, jusqu'à l'avènement d'études historiques rigoureuses. C'est autour des années 1980 qu'est apparu un large mouvement de réexamen, voire de réhabilitation du legs épistémologique de l'empirisme logique. Ces mêmes études ont établi l'importance des influences kantienne et néo-kantienne dans l'émergence du nouvel empirisme. Cependant, le bris du Cercle de Vienne avec la tradition épistémologique des savants-philosophes du XIX^e siècle n'a pu s'opérer qu'à la suite de l'émergence d'une autre tradition, la tradition métamathématique inaugurée par la nouvelle logique et l'essor des investigations axiomatiques formelles, associée aux Frege, Russell et Hilbert. Le Cercle de Vienne, qui était au confluent de ces deux traditions et qui n'a pu résister à la formidable force d'attraction qu'exerçait la

problématique des fondements, a provoqué cette réorientation et l'a propagée outre frontières. Le passage de l'épistémologie à la philosophie des sciences (de l'*Erkenntnistheorie* à la *Wissenschaftstheorie*) s'est fait à l'enseigne d'une logique des sciences qui revendiquait pour la philosophie l'autonomie de la méthode logique par rapport à la méthode historique. C'est sous cette forme que la discipline s'est développée et institutionnalisée en tant que discipline à part entière dans l'après-guerre, coïncidant, dans ses impulsions majeures, avec le développement et la maturation de l'empirisme logique. Dans sa dimension de mouvement d'avant-garde qui visait tous les plans de la vie intellectuelle, l'empirisme logique fut brutalement interrompu par la montée du nazisme en Europe dans les années 1930 et se poursuivit sous forme de diaspora dans les pays anglo-saxons ; il aida aux États-Unis à l'implantation institutionnelle de la philosophie des sciences comme domaine universitaire.

Ce second volume dresse un tableau de la philosophie des sciences qui se veut représentatif des courants qui ont joui d'une plus vaste audience dans ce contexte. Les auteurs discutés (Rudolf Carnap, Carl Hempel, Karl Popper, Gaston Bachelard, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend) sont pour la plupart enseignés au premier cycle universitaire, et les thèmes qu'on y aborde ont plus ou moins occupé l'avant-scène de la discussion épistémologique récente. Aux débats majeurs entourant l'explication et la méthode en science se greffent des thèmes et des thèses portant sur le *contexte de la justification*, sur la *rationalité* de la science, sur l'*incommensurabilité* des théories scientifiques rivales ou successives, etc. Nous avons également pris en compte le débat sur le réalisme scientifique qui a tant préoccupé la philosophie analytique des sciences des dernières décennies.

A l'instar du premier volume, cet ouvrage est destiné aux étudiants de philosophie des sciences, qui seront invités à certains moments à creuser davantage et à chercher par leurs propres moyens des pistes de solution aux questions qui relèvent de la discipline de la philosophie des sciences contemporaines – qui ne peut faire l'économie de moyens formels, si élémentaires soient-ils. Ainsi, la section traitant de la notion formelle d'*analyticité* proposée par Carnap fait appel à une certaine familiarité avec les concepts de la sémantique logique. La raison en est que le problème de la détermination d'une notion précise de l'analyticité ne prend son sens que dans le contexte d'un langage où les concepts

jouissent d'une détermination exacte, c'est-à-dire dans le contexte des langues formelles (ici, un langage logique du premier ordre). Le lecteur peu enclin au détail technique pourra aller immédiatement aux conclusions de cette section. Le chapitre portant sur Carnap est relativement plus élaboré, en raison de l'importance des coordonnées qui y sont mises en place en vue du traitement des diverses problématiques développées en réaction ou en contraste avec l'empirisme logique. Au demeurant, notre intention a été de produire un ouvrage largement accessible qui puisse également servir d'outil pédagogique ; en fait, on pourra utiliser l'ouvrage comme compagnon à une introduction systématique à la philosophie des sciences contemporaines, en particulier à la philosophie de la physique. Notre présentation des différents auteurs n'a évidemment nulle prétention à l'exhaustivité, ou encore au détail : notre préoccupation majeure est de dégager les idées-forces de chacune des approches présentées et d'offrir une perspective critique qui puisse orienter le lecteur.

Nous avons utilisé les traductions françaises qui étaient disponibles et nous n'avons pas hésité à les modifier au besoin. Lorsque nous utilisons les cotes pour faire référence à ces traductions, l'année de parution utilisée est indiquée entre parenthèses.

INTRODUCTION

Une pensée qu'on n'arrive pas à préciser
est une pensée quotidienne.

BACHELARD

De l'épistémologie à la logique des sciences

« Philosophy of science – A subject with a great past. » On reconnaît à ce titre qu'il donne à l'un de ses articles, le style frondeur de Paul Feyerabend, un des auteurs dont nous aurons l'occasion de discuter. Nous avons pu, dans un premier volume qui nous menait de la tradition des savants-philosophes au Cercle de Vienne, attester la justesse des dires de Feyerabend sur cette époque qui précéda l'établissement de la philosophie des sciences comme discipline académique au cours du XX^e siècle. Celle-ci prit son essor dans un mouvement d'orientation de la discipline sur la tradition naissante des fondements de la logique et des mathématiques. Du même coup, ce mouvement opérait ce qu'il a été convenu d'appeler, à la suite de Schlick, le « tournant linguistique » de la philosophie – les influences majeures provenant de Gottlob Frege et de Bertrand Russell. C'est sous cette forme que la philosophie des sciences s'est développée et institutionnalisée aux États-Unis en tant que discipline universitaire, coïncidant dans ses impulsions majeures avec le développement et la maturation de l'empirisme logique. Cette institutionnalisation de la philosophie des sciences s'accompagna d'un processus de professionnalisation, de technicisation et aussi de dépolitisation de celle-ci ; c'est d'ailleurs en premier lieu ce phénomène qui était visé par la boutade ci-dessus citée de Feyerabend.

Dans ce second volume, nous dresserons un tableau des questions centrales qui ont alimenté la venue à maturité de l'empirisme logique, que nous situons dans les articles majeurs de Rudolf Carnap (« On the Methodological Character of Theoretical Concepts », 1956) et Carl Hempel (« The Theoretician's Dilemma », 1958). Ces articles présentent une formulation canonique – une reconstruction logique – de la structure et de la fonction des théories scientifiques. Formulant ce qui a constitué la « conception reçue » des théories scientifiques, ils marquent l'achèvement d'une évolution qui a mené l'empirisme logique du *Vienna Circle* au *Harvard Square*¹. C'est dans ce cadre que nous aborderons les thèmes qui guideront au départ notre étude, celui du langage, de la méthode, et de l'explication scientifiques.

La quadrature du cercle n'a sans doute pas été entièrement réussie et c'est dans ces mêmes années, 1960, qu'apparut une vive réaction en provenance de milieux associés à l'histoire des sciences, puis, par la suite, à la sociologie des sciences. La mise à l'écart de la conception reçue s'est cependant produite en raison d'une critique interne, formulée par les tenants (ou sympathisants) mêmes de cette approche. Les études épistémologiques subséquentes de la structure et de la fonction des théories scientifiques adoptèrent, pour la plupart, une conception sémantique de celles-ci. Puisque les tenants et avenants de cette approche seront discutés au premier chapitre, une caractérisation sommaire suffira ici. L'idée de base est qu'une théorie scientifique (on pense le plus souvent à la physique) constitue une structure conceptuelle abstraite, mathématiquement descriptible, qui est mise en relation avec un ensemble de phénomènes possibles, actuels ou visés. Cette façon de concevoir les théories scientifiques invite à se limiter aux *modèles* d'une théorie donnée sans avoir à en effectuer préalablement l'explicitation syntaxique formelle, comme le voulait la conception reçue. Diverses versions de cette approche furent élaborées aux États-Unis (Patrick Suppes, Bas van Fraassen, Frederick Suppe, Ronald Giere), en Pologne (Marian Przełęcki, Ryszard Wójcicki), en Allemagne (le mouvement structuraliste initié par Joseph Sneed et Wolfgang Stegmüller, et continué entre autres par Wolfgang Balzer et Carlos U. Moulines, de même que les travaux de Günther Ludwig et d'Erhard Scheibe), et ailleurs (Newton Da Costa et Steven French)². C'est à l'intérieur de ce cadre d'analyse que plusieurs thèmes centraux de l'empirisme logique (le problème des termes théoriques, la donnée du contenu empirique d'une théorie, l'analyticité en science, la problé-

matique de la réduction interthéorique) furent repris et réétudiés en vue d'améliorer le traitement que la conception reçue leur avait réservé.

La première approche dont nous traiterons et qui est en fait la seule qui ne soit pas associée à un seul auteur, est celle de l'empirisme logique. On a assisté au cours des dernières décennies à un véritable renouveau des études sur le Cercle de Vienne. Une investigation pour la première fois rigoureuse sur le plan historique a été entreprise des sources de l'empirisme logique, et il en est résulté un véritable mouvement de relecture, de réévaluation, voire de réhabilitation de ce chapitre important de l'histoire de la philosophie des sciences. On peut juger à l'utilisation répandue de ses méthodes et à l'implantation de son vocabulaire la force de l'impact qu'a eu l'empirisme logique sur la philosophie des sciences du XX^e siècle. Si plusieurs raisons les avaient poussés à travailler à une philosophie de groupe plutôt qu'à annoncer une philosophie personnelle, les membres du Cercle de Vienne n'ont jamais pour autant présenté ni tenu à présenter une image d'harmonie, sauf dans leur vive opposition à toute forme d'obscurantisme. On était loin d'évincer les désaccords et lorsque ceux-ci étaient profonds, ils étaient portés sur la place publique. Néanmoins, Rudolf Carnap est manifestement celui qui a le plus marqué la définition, l'orientation et l'évolution de ce mouvement imbu de l'esprit des Lumières et adverse au cloisonnement de l'intellectualité. Comme en témoigne le physicien Philipp Frank :

Carnap donna à la nouvelle philosophie sa forme « classique ». C'est lui qui en fixa plusieurs des termes et des thèses, qu'il imprégna de subtilité et de simplicité. Dans sa forme créée par Carnap, l'empirisme logique devint un centre d'intérêt et une cible d'attaque sur une grande échelle³.

C'est cependant à Carl Gustav Hempel que revient le mérite d'avoir élaboré dans le détail un modèle d'explication scientifique. Ce modèle, qui visait implicitement à réhabiliter la notion d'explication en science (un peu comme Tarski l'avait fait pour la notion de vérité dans les disciplines formelles), fut l'objet d'un nombre considérable d'études critiques dont certaines seront reprises dans notre discussion de l'empirisme logique. Soulignons que c'est en toute sérénité que nous avons choisi de négliger les thèmes amplement discutés dans les présentations usuelles de l'empirisme logique, tel le débat sur les « énoncés protocolaires », l'utilisation (à des fins de polémique) d'un

critère de contenu de sens [*Sinnhaftigkeit*], ou encore la recherche d'une notion utilisable de probabilité logique. Par contre, c'est à regret que nous devons négliger les vues de figures majeures du Cercle de Vienne, dont Moritz Schlick et Otto Neurath, de même que celles de Hans Reichenbach (du groupe de Berlin), sous l'égide duquel Hempel déposa une thèse de doctorat portant sur le concept logique de probabilité⁴.

Quant à Karl Popper, il a développé ses conceptions de la méthode scientifique en réaction directe à ce qu'il percevait être les thèses du Cercle de Vienne. La méthodologie de la réfutation qu'il propose porte sur le lien logique déductif qui peut relier les hypothèses scientifiques fondamentales à leur base empirique, de sorte qu'il partage avec les empiristes logiques le même programme d'une logique des sciences. Par ailleurs, il étaye sa méthodologie d'une théorie de la rationalité qui sera pour nous un thème à suivre et une occasion de repenser le statut des fondements.

Philosophe épris d'histoire des sciences, Gaston Bachelard fut la figure dominante d'une épistémologie qui s'est développée en opposition aux méthodes et en retrait de la discipline que recouvrent les expressions consacrées *philosophy of science* ou *Wissenschaftstheorie*⁵. La présentation des vues de Bachelard à la lumière contrastée d'une tradition anglo-saxonne qui a globalement ignoré son œuvre mettra au jour certaines affinités qui vont à l'encontre de maintes préconceptions entretenues en histoire de la philosophie des sciences.

D'allégeance historiciste en raison de la base sociologique de son approche, Thomas Kuhn deviendra, avec la parution en 1962 de *La structure des révolutions scientifiques*, l'un des auteurs les plus cités en philosophie des sciences. Son ouvrage fut écrit en réaction aussi bien à l'une qu'à l'autre des deux premières approches : si l'empirisme logique y est attaqué de façon implicite sur le plan des présupposés, c'est par ailleurs le cœur de la méthodologie poppérienne des sciences qui s'y trouve directement attaquée. À l'instar de l'empirisme logique, Kuhn a marqué la philosophie des sciences de son vocabulaire (*paradigme*, *science normale*, etc.) et la sociologie récente des sciences n'a pas manqué de se réclamer de lui.

Imre Lakatos, successeur de Popper au London School of Economics, a proposé une méthodologie de la recherche scientifique

plus nuancée que celle de Popper. Sa « méthodologie des programmes de recherche scientifique » intègre l'histoire des sciences comme instance de développement et de caution, tout en visant expressément à récupérer la méthodologie poppérienne de la réfutation. On sait que cette dernière avait été fortement ébranlée par les arguments d'ordre historique apportés par Kuhn et Feyerabend.

Poppérien du temps de ses études à Vienne, Paul Feyerabend fut un interlocuteur direct de l'empirisme logique avant que ses conceptions jugées excessives et son indisposition à répondre aux critiques conduisent à la rupture du dialogue. Se réclamant de la pensée dadaïste pour ensuite défendre une forme d'anarchisme épistémologique, il a représenté la nouvelle gauche des années 1970 et, à l'opposé de Kuhn, il n'a tenté aucun rapprochement avec la philosophie analytique des sciences. Nous aurons cependant l'occasion de voir comment la genèse des conceptions centrales de Feyerabend est tributaire de la problématique du Cercle de Vienne.

Nous terminerons cet ouvrage par un regard synoptique sur les thèmes centraux de notre étude en esquisant une perspective critique qui fera office de conclusion.

La mise en question de la fonction cognitive du langage

Sous l'impulsion du criticisme kantien, la philosophie du XVIII^e siècle avait connu son tournant épistémologique par l'emphase dorénavant portée sur l'examen de nos facultés de connaissance. La connaissance d'un l'objet étant foncièrement conçue en tant que représentation de cet objet, l'investigation de nos facultés de connaissance se ramenait alors à celle de nos facultés de représentation. On connaît la tripartition qu'opérait la logique traditionnelle (quelque peu vitaliste à l'origine) des opérations de la pensée :

- la faculté de concevoir, c'est-à-dire de faire naître un concept, une idée, exprimée par un terme ;
- la faculté de juger, c'est-à-dire d'unir deux concepts pour donner lieu à un jugement, exprimée dans une proposition (catégorique) ;

- la faculté de raisonner, c'est-à-dire d'unir (par médiation d'un moyen terme) deux jugements pour engendrer un troisième, exprimée dans un syllogisme.

Cette compréhension logique de l'inventaire de nos connaissances en tant que représentations qui, à l'état élémentaire de concepts, s'unissent pour produire des jugements qui, en retour, s'unissent pour engendrer des raisonnements, assurait déjà à la connaissance son principe d'unité, celle-ci se résorbant en deux paliers de complexification de représentations élémentaires. On considérerait aussi que les notions ou les idées se composaient de caractères (ceux-ci formant la *compréhension* d'un concept), de sorte que les représentations pouvaient être conçues comme provenant d'un processus de synthèse. On comprend alors aisément Kant d'avoir cru trouver dans cette notion de synthèse la clé de l'élaboration de son épistémologie, où l'entendement (qui opère la synthèse des représentations) agit déjà au niveau de la sensibilité où se jouent cette sorte de représentations que sont les sensations. Mais déjà du temps de l'enseignement de Kant à Königsberg, deux voix s'élevaient pour dénoncer un oubli fondamental de Kant dans son examen des facultés de représentation : Johann Georg Hamann (1730-1788) et Johann Gottfried von Herder (1744-1803), qui identifièrent le langage (*logos*) comme faculté fondamentale de représentation omise par le criticisme kantien.

Si le XIX^e siècle marqua en Allemagne la dominance de l'idéalisme en philosophie, il fut aussi celui de l'établissement – une affaire presque exclusivement allemande – de la linguistique historique comparée comme discipline universitaire. Dans ce parcours où l'étude du langage accéda à la positivité des disciplines scientifiques, le principe que toute explication ne peut être qu'historique fut particulièrement fertile ; il allait d'ailleurs comme un gant à des études extensives qui s'affairaient à établir les liens de filiation des différentes langues indo-européennes. Les préoccupations méthodologiques des trois générations de comparatistes qui fondèrent la linguistique historique regorgent de conceptions philosophiques assez peu remarquées par les philosophes analytiques. Mentionnons uniquement la stature dominante de Wilhelm von Humboldt (1767-1835) qui, d'un point de vue kantien, opéra le premier tournant linguistique de la philosophie, au sens précis où il identifia le langage comme porteur de structures *a priori* dont Kant avait dévoilé l'existence. Combinant des éléments philosophi-

ques issus du criticisme kantien et de l'hégélianisme, Humboldt reconnu le langage comme instance médiatrice fondamentale entre l'homme et le monde⁶.

Les conceptions de Humboldt sur le langage ont eu le même sort en philosophie qu'en linguistique : elles n'ont pas été poursuivies de son vivant, pour réapparaître comme slogans et idées de base au XX^e siècle. En philosophie, les courants herméneutiques et néo-kantiens, qui prirent en compte le langage comme instance épistémologique fondatrice, se sont réclamés de la pensée humboldtienne. Cependant, la mise en question de la fonction cognitive du langage qui mena au tournant linguistique de la philosophie des sciences prit sa source ailleurs : dans l'essor de la nouvelle logique et l'émergence de la problématique des fondements provoquée par ce qu'on a alors appelé au début du XX^e siècle la crise des mathématiques. Cette époque fut marquée par un questionnement sur la cause de l'émergence de problèmes d'ordre conceptuel prenant figure d'insolubilité (les paradoxes), ou, pour faire court, de problèmes d'ordre philosophique. Ce questionnement fut soutenu et accompagné par l'idée que l'identification de la *cause* de l'émergence des problèmes philosophiques nous en révélerait en même temps leur *nature*.

Le diagnostic posé par Kant sur la question de la source des apories de la raison est bien connu. Il y a une tragédie de la raison en ce que celle-ci est portée de nature à outrepasser le domaine du savoir possible et à naviguer (selon la métaphore préférée du penseur de Königsberg) en haute mer métaphysique, loin des rives de l'empirie qui puissent l'orienter, pour ainsi échouer parfois sur les récifs des apories. La philosophie théorique de Kant ne pouvait fournir aucun remède à cette situation ; la raison pure, ayant atteint le stade de maturité qui correspond à la connaissance de soi, ne pouvait que se discipliner (selon les préceptes de la *Méthodologie transcendantale*) et prendre en compte les limites de ses possibilités théoriques selon les préceptes du criticisme kantien.

La question renouvelée de la cause de l'émergence des problèmes philosophiques répondait moins à la présence de difficultés conceptuelles en métaphysique qu'à leur apparition inopinée dans ce qui paraissait être la plus assurée des sciences, la mathématique. La question prit la forme d'une mise en examen du langage dans sa fonction cognitive, que ce soit celle d'exprimer la pensée ou de décrire le réel.

C'est là que réside le tournant linguistique de la philosophie dont se réclame la tradition analytique.

Les langues naturelles répondent à des exigences premières de communication (et non de formulation de la théorie des ensembles ou de la réalité quantique), et les lois phonétiques qui interagissent dans leur évolution sont largement indifférentes à la question de leur adéquation sur le plan épistémologique. La question pouvait donc se poser et elle se posait effectivement avec d'autant plus d'acuité que les instruments d'analyse rodés par la nouvelle logique mettaient au jour les insuffisances coutumières des langues courantes sur ce plan.

Prenons, par exemple, les phrases suivantes :

- (1) « Nous sommes sérieux. »
- (2) « Nous sommes studieux. »
- (3) « Nous sommes huit. »

Ces phrases ont à première vue la même structure grammaticale. Une grammaire scolaire ferait l'analyse suivante de ces phrases : « sérieux » et « studieux » sont des adjectifs qualificatifs se rapportant à « nous », et « huit » est un adjectif numéral se rapportant à « nous ». Sauf que sur le plan conceptuel, les qualificatifs « sérieux », « studieux » et « huit » ne semblent pas appartenir à la même catégorie, puisque la phrase suivante serait considérée comme anormale par tout locuteur français :

« Nous sommes sérieux, studieux et huit ».

Ce bris de catégorie logique devient plus apparent à l'intérieur d'un raisonnement ; substituons « huit » à « sérieux » dans le raisonnement suivant : « Les étudiants du cours sur Hegel sont sérieux. Or Marie est une étudiante du cours sur Hegel. Donc, Marie est sérieuse », nous obtenons : « Les étudiants du cours sur Hegel sont huit. Or Marie est une étudiante du cours sur Hegel. Donc, Marie est huit ». L'analyse logique révèle que, sur le plan conceptuel, les termes « sérieux » et « studieux » expriment des propriétés d'objets, d'individus, alors que le terme « huit » exprime une propriété d'ensembles d'objets. À strictement parler, on peut attribuer des propriétés aux objets, mais on ne peut pas leur attribuer des nombres, car les objets n'ont pas de nombres, seuls les ensembles d'objets ont des nombres. La

seule chose qui peut avoir la propriété « huit », c'est l'ensemble que forment les étudiants du cours sur Hegel. De même que sur le plan strictement logique, lorsque je dis, par exemple, que « Je suis seul », je ne parle pas de moi, mais de l'ensemble que je compose (affirmant que cet ensemble possède un seul élément).

Carnap s'est livré à un petit exercice de logique élémentaire lorsqu'il utilisa certaines phrases de Heidegger tirées d'un ouvrage alors récemment paru : *Qu'est-ce que la métaphysique*? pour donner sa propre version de la métaphysique⁷. Prenant exemple sur les dangers de la substantivation que permettent les langues courantes (le passage de « il pleut » ou « pleuvoir » à : « la pluie », ou encore de *es regnet* ou *regnen* à : *Regen* – ou même, facilement pour l'allemand, *das Regnen* – « le pleuvoir »), Carnap analysa la phrase *Das Nichts nichtet* (« Le néant néantise ») en tant qu'énoncé contenant un prédicat R de négation d'existence ($\exists x(Rx \wedge R(R))$, prédicat qui est appliqué à lui-même⁸.

De même, l'analogie grammaticale entre les phrases « Pierre fait rien » et « Pierre fait un dessin » n'est que superficielle. L'analyse logique révèle en effet qu'elles n'ont pas la même structure syntaxique. Dans un langage logiquement correct, « Pierre fait un dessin » se formulerait :

« Il existe quelque chose qui est un dessin et Pierre fait ce quelque chose » :

$$\exists x(Dx \wedge Fpx).$$

Alors que la phrase « Pierre fait rien » ne possède pas une structure logique analogue qui serait :

« Il existe quelque chose qui est rien et Pierre fait ce quelque chose » :

$$\exists x(Rx \wedge Fpx).$$

Car un langage logiquement correct ne contient pas le prédicat R « rien »⁹. Dans un tel langage, la négation ne dénote qu'une fonction qui inverse la valeur de vérité de l'énoncé auquel elle s'applique, et « Pierre fait rien » possède la forme suivante :

« Il n'existe pas d'objets tels que Pierre fait cet objet » :

$$\neg \exists x(Fpx)^{10}.$$

La critique adressée au « rien » réifié, ou au *néant*, s'applique *mutatis mutandis* au concept de l'*être* dans la mesure où la nouvelle logique considère que l'existence n'est pas une propriété ; l'affirmation d'existence est rendue par un quantificateur existentiel $\exists$ et non par un prédicat.

Ce petit exercice de logique élémentaire illustrant comment la structure grammaticale des langues courantes cache la structure logique visait à tirer une leçon : dans un contexte où il importe que les relations qui existent entre les idées ou les notions soient clairement exhibées (et le contexte de l'analyse conceptuelle des théories scientifiques en est sûrement un), il faut nécessairement mettre en œuvre un langage formel créé de toutes pièces, où les relations entre les idées seront préservées par les relations entre les signes, c'est-à-dire qu'il faut mettre en œuvre un langage logique. Les méthodes et concepts de la nouvelle logique permettaient donc d'écarter les confusions conceptuelles en exhibant les relations qui existent au niveau des idées, en exhibant la structure logique cachée sous la structure des mots et des phrases.

Imbus de logique et de fondements des mathématiques, les membres du Cercle de Vienne virent dans l'analyse logique du langage de la science ce qui devait relayer l'analyse épistémologique de la science. La polémique anti-métaphysique que les empiristes logiques mèneront plus tard ne visait pas tellement à la bannir du discours philosophique, mais à la démystifier, à exhiber ses origines et à en dénoncer le manque de teneur sur le plan cognitif. Dans le contexte culturel du Cercle de Vienne, cette critique du langage métaphysique qui se donne comme imbu de profondeur de pensée, mais qui, à l'analyse logique, se révèle dénué de sens sur le plan cognitif, s'adressait à tous les registres de discours (politiques, journalistiques, etc.) et elle se voulait émancipatrice¹¹.

Donnons ici une caractérisation succincte de ce que peut être un langage possédant une grammaire logique. D'un point de vue structurel, tout langage, en tant que système de signes (*s*) qui représentent des concepts (*c*), doit minimalement posséder deux sortes de fonctions. L'une, d'ordre syntaxique, notée $\otimes$, indique des opérations sur des signes : $s \otimes s$; l'autre, d'ordre sémantique, notée *i*, indique qu'un signe est signe de quelque chose, qu'un signe *c* est l'image *i* d'un concept *c* : $s : s = i(c)$.

Le critère d'adéquation recherché est que *le langage reflète la pensée*, que nous traduisons par l'exigence suivante :

[C] Notre utilisation du langage, nos opérations sur les signes, doit refléter nos opérations de l'esprit ; c'est-à-dire que, sur le plan structurel, les relations entre les signes doivent être une image des opérations sur nos concepts :

$$s \otimes s = i(c \otimes c)$$

Puisque $s = i(c)$, cette exigence se ramène à la propriété suivante :

$$[C] : i(c) \otimes i(c) = i(c \otimes c)$$

C'est dire que les opérations sur les signes, sur les images de concepts, sont l'image de nos opérations sur les concepts. C'est dire que notre activité linguistique reflète notre activité mentale.

La condition [C] est une condition d'isomorphisme ou d'identité de structure, notion que Leibniz, déjà, avait entrevue¹². Soit une structure langagière $\langle D_s, R_s \rangle$ (un domaine de signes muni de relations existant entre ces signes) et une structure conceptuelle $\langle D_c, R_c \rangle$ (un domaine de concepts muni de relations existant entre ces concepts). Il y a isomorphisme lorsque les relations qui existent entre les concepts sont préservées par les relations qui existent entre les signes.

Un langage « idéal » serait donc un langage où il y a identité de la structure syntaxique et de la structure sémantique du langage. La notion d'isomorphisme est centrale au tournant linguistique que veut opérer l'analyse conceptuelle entendue comme activité typique de la philosophie : elle garantit que tous les énoncés vrais de la structure langagière sont vrais de la structure conceptuelle.

Dans le *Tractatus* de Wittgenstein, l'isomorphisme est d'abord conçu comme existant entre le langage et la réalité, plus : il constitue la condition de possibilité de représentation du langage :

§2.18 Ce que toute image, quelle qu'en soit la forme, doit avoir en commun avec la réalité pour pouvoir proprement représenter la réalité – correctement ou non – c'est la forme logique, c'est-à-dire la forme de la réalité.

Le *Tractatus* posait donc le principe d'isomorphisme logique comme condition fondamentale à tout système de signes pour qu'il puisse remplir adéquatement sa fonction représentative. Wittgenstein

s'enthousiasma pour le fait que l'armature logique des signifiés devenait pour ainsi dire visible, d'où son insistance sur le fait que la grammaire « se montre ». Dans le *Tractatus*, l'isomorphisme logique déborde sur le plan ontologique (bien que ce dernier y soit posé en premier). Le langage est essentiellement une mise en forme de la réalité avant de devenir, échéant une notation logique adéquate, une mise en forme de la pensée. Reprenant et généralisant à l'ensemble de la pensée ce que Hertz avait élaboré en introduction de ses *Principes de la mécanique*, Wittgenstein voit dans la pensée une image logique des faits, et le même isomorphisme qui gouvernait la description de la réalité prévaut dans la description ou l'expression de la pensée. L'analyse du langage peut alors librement relayer l'analyse de la pensée, et la philosophie analytique prendre son essor.

Que le langage soit la source de l'apparition de problèmes philosophiques, que l'étude du langage soit la voie de l'analyse philosophique et que l'analyse logique soit la clé de la résolution des problèmes philosophiques, voilà autant d'idées issues de la soi-disant crise des mathématiques du début du siècle, que nous traiterons au prochain chapitre.

Notes de l'introduction

1. Nous reprenons ici l'expression de Gerald Holton, « From the Vienna Circle to Harvard Square : The Americanization of a European World Conception », in Stadler, F, 1993, 47-73.
2. Moulines, C. U., 2006, chap. 6 donne une présentation sommaire de ces « approches modélistes ».
3. Frank, P., 1949 (1975), 33.
4. Sur la *Société de philosophie empirique* de Berlin, voir Hempel, C., 1991, 1993, 2000, Danneberg, L. *et al.*, 1994, et Friedmann, M., 2000b.
5. Pierre Wagner, dans son introduction aux *Philosophes et la science* (Paris, Gallimard, 2002, 9-65), et Catherine Chevalley, dans l'article « Épistémologie » du glossaire qu'elle annexe à l'édition de Niels Bohr, *Physique atomique et connaissance humaine* (Paris, Gallimard 1991, 422-442) ont fait œuvre utile en soulignant les embûches que réservent les expressions « épistémologie » et « épistémologie des sciences » dans ce contexte.
6. On consultera à cet effet Lia Formigari, « De l'idéalisme dans les théories du langage. Histoire d'une transition », *Histoire, Épistémologie, Langage*, 10, 1988, 59-80. Pour un coup d'œil sur le sort des conceptions humboldtiennes, voir Jürgen Trabant, *Traditions de Humboldt*, tr. M. Rocher-Jacquín, Paris, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1999. Voir également mon article « Langage et pensée chez W. von Humboldt », *Philosophiques*, 33, 2006, 379-390. Sur le strict plan de l'histoire des idées, la théorie du langage de Carnap s'insère directement dans la tradition humboldtienne.
7. Voir Carnap, R., 1932.
8. Un tel énoncé ne serait pas formulable dans la théorie des types, sur laquelle nous reviendrons plus loin.
9. Il n'y a pas de prédicat *R* dénotant l'ensemble des choses qui sont rien.
10. Lorsque Wittgenstein écrit dans le *Tractatus*, : « Mon idée fondamentale est que les constantes logiques ne représentent pas. » (§4.0312), il ne fait qu'utiliser le principe alors déjà connu que les connecteurs logiques dénotent des fonctions de valeurs de vérité, et non des objets du discours.
11. Wittgenstein troquera plus tard la notion de *grammaire logique* contre celle, à teneur pragmatique, de *grammaire philosophique*. Dans la seconde optique, les problèmes philosophiques surgissent lorsque nous n'avons pas une bonne idée de ce que les mots et les phrases que nous utilisons concrètement représentent comme actions et de ce qu'ils signifient pour la vie. Mais autant pour le « premier » Wittgenstein que pour le « second », les énoncés philosophiques sont des déviations linguistiques spécifiques et symptomatiques. « La thérapeutique proposée est, dans les deux cas, l'*analyse* ; mais elle se ramène, dans le premier, essentiellement à la *traduction* dans un langage plus explicite et plus sûr, alors qu'elle s'identifie, dans le second, avec la simple *description* minutieuse de l'usage linguistique

normal » (Jacques Bouveresse, *La parole malheureuse*, Paris, 1971, cité par Lecourt, D., 1981, 240, n. 4).

12. Voir Benson Mates, *The Philosophy of Leibniz. Metaphysics & Language*, Oxford, Oxford University Press, 1986, 38.

Chapitre premier

L'empirisme logique. Rudolf Carnap (1891-1970)

L'abandon du kantisme

Nous avons décrit dans un premier volume (*Aux sources du Cercle de Vienne*) les influences majeures qui ont joué lors de l'émergence de ce mouvement. À l'étude des conceptions épistémologiques initiales de Rudolf Carnap, nous avons souligné le point de vue structuraliste qu'il adopte et selon lequel nous n'avons de connaissance que des rapports qui existent entre les choses¹. Ce structuralisme strict offrait une grille de lecture utile des vecteurs généraux des conceptions épistémologiques de Carnap². Il fut longtemps coutume d'utiliser la tripartition phase syntaxique – phase sémantique – phase pragmatique pour caractériser l'évolution de la philosophie de Carnap. Cette façon de faire possédait certes ses mérites (outre de correspondre à plusieurs égards aux dires mêmes de Carnap), mais elle avait aussi le désavantage de présenter Carnap à simple titre de philosophe du langage. Les études plus récentes ont insisté sur le cadre néo-kantien de la genèse des conceptions philosophiques de Carnap³. Cette optique fut bénéfique dans la mesure où elle évitait le piège de penser l'empirisme logique uniquement comme continuation de l'empirisme classique britannique ; aussi, elle s'inscrivait en faux contre une lecture de

Carnap qui a longtemps prévalu aux États-Unis et qui s'affairait surtout à situer ce dernier par rapport aux conceptions de W.V. Quine.

En fait, les premières influences philosophiques qui agirent sur Carnap provinrent de Kant, Cassirer et Husserl. Carnap fit des études de philosophie, de mathématiques et de physique à Iéna et à Fribourg-en-Brisgau. Parmi ses professeurs, ceux qui l'influencèrent le plus furent Gottlob Frege et Bruno Bauch. On sait qu'il suivit à Iéna trois cours de Frege (deux sur la notation conceptuelle et un sur la logique en mathématique) qui furent marquants en regard de son choix de carrière en philosophie :

De Frege, j'ai appris l'exigence de formuler les règles d'inférence de la logique sans aucun recours à la sémantique, mais aussi la grande importance de l'analyse conceptuelle. Je crois qu'il faut situer ici la source de mes premiers intérêts philosophiques – d'un côté la syntaxe logique, de l'autre, cette partie de la sémantique qui peut être considérée comme une théorie de la signification⁴.

En Bruno Bauch, Carnap trouvait un philosophe des sciences néo-kantien renommé qui se situait à mi-chemin entre l'École de Marburg et l'École de Souabe, et dont les intérêts portaient sur les sciences de la nature (du temps des études de Carnap à Iéna, Bauch publiait *Études sur la philosophie des sciences exactes*, 1911). C'est à l'occasion d'un cours de Bauch sur la *Critique de la raison pure* que Carnap envisagea son projet de thèse de doctorat portant sur les fondements axiomatiques des théories de l'espace-temps. À la conclusion de ses études qui avaient déjà été interrompues par la guerre, Carnap déposa sa thèse intitulée « L'espace. Contribution à la théorie des sciences ». La teneur kantienne essentielle de l'ouvrage consiste en ce que les propriétés topologiques de l'espace perceptuel ou intuitif y sont considérées comme étant synthétiques *a priori*⁵.

Les quatre années qui suivirent son doctorat furent passées à Fribourg-en-Brisgau, où il entra en contact avec la phénoménologie husserlienne, mais publia uniquement en philosophie de la physique⁶. On peut suivre la gestation de ses conceptions épistémologiques à l'aune des distances qu'il prendra progressivement par rapport au kantisme en ce qui touche les fondements de la géométrie. À l'instar de Helmholtz et de Hertz, Carnap fit bon accueil à l'*a priori* kantien dans une partie (l'espace intuitif) de sa théorie de l'espace. Mais au fil des influences grandissantes des approches formalistes promulguées

par Hilbert d'une part, et, d'autre part, des conceptions conventionnalistes d'Henri Poincaré et surtout de Hugo Dingler, de même qu'à la lueur des développements théoriques rapides de la physique du temps, Carnap en viendra à délaisser définitivement le kantisme.

La venue de Carnap à Vienne en 1926 comme assistant professeur marque le début d'une seconde période, dont il dira qu'elle fut une des plus stimulantes, agréables, et fructueuses de sa vie. Moritz Schlick s'était convaincu à la lecture des ébauches de l'*Aufbau* (qui développait une méthode de constitution systématique de structures conceptuelles) que cet ouvrage comportait les bases du programme épistémologique qu'il avait entrevu pour le Cercle de Vienne. Dans ce nouvel entourage, Carnap se tourna vers les thèmes de prédilection de Schlick (fondements de la nouvelle physique, et aussi, bien sûr, exégèse du *Tractatus* de Ludwig Wittgenstein), tout en s'intéressant vivement aux études axiomatiques formelles sur les fondements de la logique et des mathématiques⁷.

Le volet logique

Historiquement, le problème des fondements des mathématiques est lié d'abord à celui de paradoxes découverts dans la théorie des ensembles, et à celui de la consistance de l'analyse classique et de la théorie des ensembles dans le contexte du programme axiomatique de Hilbert⁸. C'est cependant le premier qui a eu le plus d'incidence sur la philosophie.

La mise sur pied de la logique contemporaine opérée par Gottlob Frege et Bertrand Russell se fit dans le contexte d'un programme logiciste visant à réduire la mathématique à la logique. Une telle réduction impliquait a) que l'on puisse ramener les concepts mathématiques à des concepts logiques, et b) que l'on puisse ramener les preuves mathématiques à des preuves logiques. La traduction des lois de l'arithmétique dans un calcul logique nécessitait donc que l'on établisse préalablement un langage formel doté d'une structure déductive qui soit à même d'incorporer les lois de l'arithmétique et d'en vérifier la validité. Quant à la première partie du programme logiciste, elle exigeait que l'on puisse donner une définition logique des concepts mathématiques, dont en tout premier lieu le concept fondamental de

l'arithmétique, celui de nombre naturel, et cela, sur la base de notions ensemblistes.

C'est dans ce contexte que la réflexion logique fut confrontée à nombre de paradoxes entourant la notion intuitive d'*ensemble*, elle-même apparentée à la notion générale de *propriété*. En effet, ce qu'on a appelé *l'axiome de compréhension* postulait l'équivalence, pour un objet quelconque, de posséder une propriété et d'être membre d'un ensemble (à savoir : l'ensemble des objets qui possèdent cette propriété). C'est ce même axiome qui fut identifié comme étant la cause de l'apparition de paradoxes au sein de la reconstruction logiciste de la notion mathématique de nombre.

Voyons rapidement comment la notion intuitive d'ensemble (due à Cantor) mène à des contradictions. Celle-ci ne comporte aucune véritable restriction sur la sorte d'objets qui sont réunis en un tout pour former une collection ; les objets colligés pour former un ensemble peuvent très bien être eux-mêmes des ensembles. Cela est à la source de l'émergence de paradoxes, dont le plus connu est associé au nom de Bertrand Russell : définissons l'ensemble y de tous les ensembles qui ne sont pas membres d'eux-mêmes : $y = \{ x \mid x \notin x \}$. Il s'ensuit directement que $y \in y$, si et seulement si $y \notin y$ – ce qui est une contradiction. Plus précisément, le paradoxe est le suivant : si nous déterminons un ensemble en spécifiant une propriété que possèdent les membres de l'ensemble, on peut très bien définir l'ensemble des ensembles qui ont cette propriété de ne pas être membres d'eux-mêmes, c'est-à-dire : $y = \{ x \mid x \notin x \}$. Il s'ensuit que y est membre de y si et seulement si il n'est pas membre de y . En effet, si $y \notin y$, c'est-à-dire si y ne se contient pas lui-même, y est membre de y (par définition) et on a : $y \in y$. Si $y \in y$, c'est-à-dire si y se contient lui-même, y n'est pas membre de y (par définition) et on a : $y \notin y$. On obtient donc $(y \in y) \equiv (y \notin y)$, ou encore $(y \in y) \equiv \neg(y \in y)$.

Il est important de noter que le principe ou l'axiome de compréhension est ici mis en cause. Si nous appliquons l'axiome de compréhension : $\exists y \forall x (x \in y \equiv \Phi x)$ stipulant qu'avoir une propriété F et appartenir à un ensemble y sont des notions équivalentes, nous obtenons le résultat suivant dans le cas où $\Phi x = \neg(x \in x)$:

$$1. \exists y \forall x [(x \in y) \equiv \Phi x] \quad \text{Axiome de compréhension}$$

2. $\exists y \forall x [(x \in y) \equiv \neg(x \in x)]$ Axiome de compréhension dans

le cas où $\Phi x = \neg(x \in x)$

3. $\exists y [((y \in y) \equiv \neg(y \in y))]$. Théorème du calcul des prédicats :

$$\forall x \Phi x \mid - \Phi y = \Phi(y/x)$$

On peut donc localiser la cause de l'émergence de tels paradoxes dans le processus de définition d'un objet en termes d'ensemble d'objets qui contient l'objet défini. De tels ensembles sont appelés imprédicatifs (et les définitions qui les déterminent, imprédicatives) et ils ne sont ni étrangers à la théorie des ensembles (par exemple, la preuve de Cantor de l'ensemble des nombres réels est non dénombrable utilise un tel ensemble imprédicatif), ni étrangers à l'analyse classique. Sur le plan intuitif, un ensemble M est formé en colligeant certains objets pour former un nouvel objet, qui est l'ensemble M ; donc, avant que l'ensemble M soit formé, tous les objets qui sont membres de M doivent déjà être formés, de sorte que M ne devrait pas être un objet possible de M . De telles considérations furent à l'origine de l'axiomatisation de la théorie des ensembles qui impose certaines restrictions sur les ensembles licites visant à éviter les notions imprédicatives et les ensembles paradoxaux.

Une façon générale d'éviter l'apparition de tels paradoxes est de restreindre l'axiome de compréhension par l'*axiome de séparation* : $\forall z \exists y \forall x [(x \in y) \equiv (x \in z \wedge \Phi x)]$. Le fait pour tous les x d'être membres de y n'est pas équivalent au fait pour tous les z d'avoir la propriété Φ ; mais il est équivalent au fait pour tous les x d'être membres d'un sous-ensemble z de y qui a déjà été défini et d'avoir la propriété Φ . Zermelo proposa une telle axiomatisation, qui fut améliorée par Fraenkel. Cette axiomatisation permet de formuler la théorie des ensembles nécessaire à la majeure partie de l'analyse classique tout en évitant l'apparition de paradoxes, dans la mesure où aucun n'a encore été découvert. On n'a cependant aucune preuve de consistance de la théorie axiomatique des ensembles.

La théorie des types développée par Russell représentait également une solution au problème posé par l'émergence des paradoxes. Elle consistait à restreindre les moyens d'expression utilisés pour formuler la théorie des ensembles. On établit une hiérarchie des types et l'on stipule que des entités d'un type donné ne peuvent s'appliquer qu'à

des entités de type immédiatement inférieur⁹. Dans cette théorie, on est assuré qu'on ne rencontrera pas de tels paradoxes auxquels la théorie naïve des ensembles donne accès. L'opinion prévalut cependant que le programme logiciste était entaché de difficultés rédhibitoires liées à l'utilisation de certains axiomes dont le statut « logique » était très controversé. Par exemple, l'*axiome de l'infini* (« Il existe un ensemble qui a un nombre infini d'éléments »), qui est nécessaire à la construction des nombres naturels, postule l'existence d'une totalité infinie *donnée*. Or le thème de l'infini actuel fut source de controverses depuis Aristote. Par ailleurs, l'*axiome du choix* (« Soit un ensemble M . Soit l'ensemble des sous-ensembles disjoints de M . Il existe un ensemble formé par le choix d'un élément de chaque sous-ensemble disjoint de M »), qui est nécessaire à l'obtention des nombres réels, implique l'exécution d'un nombre infini de choix – ce qui n'est pas donné à tout mortel.

Si la première voie de solution, celle de l'axiomatisation de la théorie des ensembles, a alimenté la réflexion mathématique, c'est la seconde voie, la « réglementation du langage » associée au programme logiciste, qui a surtout alimenté la réflexion philosophique. Mais d'un côté comme de l'autre, on y vit la nécessité de renoncer à l'utilisation des langues courantes pour la formulation exacte des théoriques scientifiques et la présentation des liens qui existent entre leurs différents concepts et leurs différentes affirmations. L'épistémologie des sciences s'orienta donc sur la tradition émergente de la recherche fondationnelle en logique et en mathématiques, se mouvant à l'intérieur d'une philosophie des langues formelles, par opposition à une grande part de la philosophie analytique de l'époque qui se profilait plutôt comme philosophie des langues courantes. L'orientation philosophique de Carnap fut typique de la première voie, celle qui considérait la philosophie comme une discipline formelle apparentée à la métalogue. Carnap perçut la tâche de la philosophie des sciences comme étant celle de faire l'investigation des propriétés formelles de langages aptes à abriter la reconstruction rationnelle (ou logique) des théories scientifiques. Les *Principes de la mécanique* proposés par Hertz en 1894 n'offraient-ils pas une telle reconstruction rationnelle de la physique, qui s'écarte de l'image newtonienne de la mécanique telle qu'elle s'est historiquement constituée, pour développer une image reconstruite qui évite les difficultés conceptuelles liées à la notion de force et qui

ainsi réponde mieux aux exigences de la raison ? L'essor de la nouvelle logique permettait de poursuivre l'idée.

L'approche syntaxique (*statement view*)

Il existe une notion précise de ce qu'est une *théorie* en logique. La détermination de cette notion va de pair avec celle du langage formel dans lequel une théorie est axiomatisée.

Un langage formel L est un couple $\langle S, R_f \rangle$ où S est un ensemble de signes (l'alphabet du langage formel) et R_f est un ensemble de règles de formation (la syntaxe du langage) qui définissent récursivement la notion de formule bien formée. Un tel langage formel se trouve donc entièrement déterminé sans qu'aucun recours soit fait à l'interprétation visée de ces signes ; un tel langage ou système de signes non interprété s'apparente à un simple calcul.

On peut doter une telle structure syntaxique d'une base logique en définissant un ensemble d'axiomes A et un ensemble de règles de règles d'inférence (conçues en tant que simples règles de transformation ou de réécriture) R_{if} . Le couple $\langle A, R_{if} \rangle$ compose une structure déductive qui détermine dans L une classe d'énoncés close par la relation de déduction. Le quadruple $\langle S, R_f, A, R_{if} \rangle$ est une théorie axiomatique formelle. Dans le cas où A est un ensemble d'axiomes logiques (dans le cas où $A = A_l$), cette structure correspond à une *théorie logique*¹⁰. On peut concevoir une théorie scientifique mathématisée (une théorie physique, par exemple) comme un système axiomatique formel $\langle S, R_f, A_p, A_m, A_l, R_{if} \rangle$ où l'on a ajouté aux axiomes logiques A_l , un ensemble A_m d'axiomes mathématiques et un ensemble A_p d'axiomes physiques (les *axiomes propres* de la théorie). On pourrait, en un certain sens, résumer l'empirisme logique à une tentative de transposition du concept logique de théorie au contexte empirique. Or cette transposition, nous le verrons, pose problème sur le plan épistémologique. On s'attend certes d'une théorie logique ou mathématique qu'elle soit consistante – question qui, nous le disions, a occupé une majeure partie de la problématique des fondements. Mais on s'attend à plus d'une théorie physique : elle doit aussi mériter son statut de théorie empirique et permettre la formulation d'énoncés contingents.

Dans son rejet du *synthétique a priori*, l'empirisme logique conçut le rapport entre les trois sortes d'axiomes A_l et A_m et A_p d'une façon bien particulière. On envisagea (dans une mentalité logiciste) un lien très étroit entre les axiomes mathématiques A_m et les axiomes logiques A_l en mettant à contribution la notion d'*analyticité* pour chapeauter leur affiliation. Dans un même mouvement, les axiomes mathématiques A_m furent tenus distants des axiomes propres A_p de la théorie, qui devaient seuls accomplir la tâche d'exprimer le contenu factuel (la composante *a posteriori*) de la théorie. Bref, le rejet du *synthétique a priori* était signé et l'épistémologie empiriste traditionnelle se trouvait relayée par une théorie du langage qui centre son attention sur la notion d'interprétation empirique. C'est dans ce sens que la forme d'empirisme véhiculé par ce mouvement fut un empirisme sémantique.

À partir des années 1920 et dans la foulée de la propagation de l'empirisme logique, il devint usuel en philosophie des sciences de considérer les théories scientifiques en tant que systèmes axiomatiques formels pourvus d'une interprétation empirique (cette dernière caractéristique sémantique suffisant – étant, en fait, la seule – à faire le départ entre les théories purement logico-formelles et les théories empiriques). Cette approche peut sembler naturelle, dans la mesure où l'on envisage habituellement l'hypothèse physique, en particulier, comme étant une hypothèse qui porte sur la réalisation physique des structures formelles que le formalisme mathématique de la théorie en question met en jeu.

Cette approche des théories scientifiques reçut plusieurs appellations : le terme *standard model* est employé entre autres par Hempel ; on rencontre aussi les appellations *Orthodox View*, *Received View* et *Partial Interpretation Doctrine*¹¹. Ce modèle fut originellement exposé par Norman Campbell en 1920 et apparaît indépendamment chez Carnap en 1923 ; on le retrouve ensuite un peu partout dans la littérature philosophique anglo-saxonne, nommément chez Percy Bridgman, Richard Braithwaite, Henry Margenau et Ernest Nagel¹². Frederic Suppe (1977), en présente une ample discussion, précédée par un excellent exposé de l'arrière-plan historique de ce modèle. Notre présentation du modèle suivra surtout Carnap, Hempel et Przełęcki¹³.

Rappelons tout d'abord que le modèle empiriste standard porte sur la composition du langage des théories scientifiques. Le modèle proposé n'entend pas redonner la structure des théories scientifiques telles qu'on les retrouve dans la littérature scientifique. Il n'a pas non plus de teneur normative : l'empirisme logique ne s'accorde pas de droit de gérance sur la science. Le modèle empiriste est un modèle canonique d'illustration de la structure conceptuelle et logique des théories scientifiques et sa valeur est d'ordre heuristique. L'affirmation veut que les théories qui ont cours en science peuvent être formalisées et axiomatisées dans un langage dont l'interprétation des termes et des énoncés peut être considérée comme étant une interprétation empirique.

Cette façon de promulguer la thèse empiriste est directement liée à la critique et au rejet du psychologisme en épistémologie¹⁴. Comme le formule Hans Reichenbach :

La structure interne de la connaissance est le système des connexions telles qu'elles se produisent dans la pensée. On pourrait être tenté d'en déduire que l'épistémologie consiste à décrire de ce processus de la pensée ; mais cela serait entièrement erroné. Il y a une grande différence entre le système des interconnexions logiques de la pensée et les processus effectifs de la pensée. Les processus psychologiques effectifs de la pensée sont plutôt vagues et fluctuants ; ils ne correspondent presque jamais aux lois prescrites par la logique et peuvent même omettre dans certains cas des groupes entiers d'opérations qui seraient nécessaires à une exposition complète des interconnexions. [...] Ce serait une vaine tentative que de vouloir construire une théorie de la connaissance qui soit à la fois en accord avec la théorie logique et les processus effectifs de la pensée¹⁵.

Se basant sur la notion de *reconstruction rationnelle* introduite par Carnap dans l'*Aufbau*, Reichenbach poursuit en affirmant que l'étude des processus de pensée dans leur actualité effective est entièrement affaire de psychologie¹⁶. L'épistémologie considère plutôt un substitut logique de la pensée dans son occurrence actuelle :

L'épistémologie ne considère pas les processus de pensée dans leur occurrence actuelle ; cette tâche est laissée entièrement à la psychologie. L'épistémologie vise plutôt à construire des procès de pensée tels qu'ils devraient être s'ils étaient incorporés dans un système logiquement consistant ; et à construire des ensembles d'opérations qui s'intercalent dans le système et valident en les complétant les interconnexions que le processus actuel de la pensée a effectuées. L'épistémologie traite donc ainsi d'un substitut

logique et non des processus réels de la pensée. Pour ce substitut logique le terme *reconstruction rationnelle* a été introduit, expression qui est tout à fait appropriée en égard aux différentes tâches respectivement assignées à l'épistémologie et à la psychologie. [...]

[Le substitut logique] est en un certain sens une meilleure façon de penser que la pensée actuelle. Étant placés devant la reconstruction rationnelle d'une pensée, nous avons le sentiment que c'est seulement ainsi que nous comprenons maintenant ce qu'elle veut dire¹⁷.

Ces passages mènent Reichenbach à formuler quelques pages plus loin la distinction devenue célèbre entre *le contexte de la découverte* et *le contexte de la justification*, et à camper l'épistémologie dans le contexte exclusif de la justification.

Le modèle empiriste du système de la connaissance trouve donc sa source dans l'entreprise carnapienne de l'*Aufbau* d'exhiber un système général de constitution des concepts scientifiques. Plusieurs études sont récemment parues qui ont mis en question l'interprétation reçue de l'*Aufbau* due à Nelson Goodman et à W. V. Quine. Celle-ci voulait que cet ouvrage représente à la fois le point culminant et l'échec avoué du programme empiriste traditionnel sous la forme d'une tentative de réduction du système de la connaissance à un donné de l'expérience ; Carnap aurait œuvré à une épistémologie empiriste de type traditionnel, tentant de fonder la connaissance sur les *sense data* de Russell ou sur une base phénoménaliste dans les lignes de Mach. Les exégèses récentes de l'*Aufbau* ont ceci en commun de critiquer cette réception reçue en tant qu'interprétation unique et de faire valoir, d'aucuns, la préséance de l'aspect kantien du projet (Susan Haack, Werner Sauer), d'autres, celle de son aspect néo-kantien (Michael Friedman, Alan Richardson), husserlien (Mayer, Sahkar), ou machien (Hamilton), sans oublier le rapport de Carnap au mouvement Bauhaus de Dessau et à la « nouvelle objectivité » [*neue Sachlichkeit*] (Peter Galison, Hans-Joachim Dahms)¹⁸. On a aussi défendu la méthode carnapienne employée dans l'*Aufbau* – la « quasi-analyse » – devant les critiques de Goodman et de Quine¹⁹. Ces controverses autour des sources et influences, présentes et dans la dissertation de Carnap sur l'*Espace* et dans l'*Aufbau*, sont tout à fait compréhensibles si l'on considère l'éclectisme inhérent à ses ouvrages. Comme l'exprime Thomas Ryckman :

Il est remarquablement ironique que l'œuvre fondamentale de l'empirisme logique, dont le but déclaré, la reconstruction, pas à pas, des

concepts de la science empirique, est poursuivi dans un esprit œcuménique de clarté et de dissolution des interminables disputes philosophiques, permette toute une palette d'interprétations, allant d'une *Erkenntniskritik* néo-kantienne au phénoménalisme le plus radical. Il faut reconnaître qu'un tel spectre d'interprétations possibles de l'*Aufbau* est directement à mettre au compte de l'éclectisme de la philosophie première de Carnap, ainsi qu'à la tendance de ses exégètes d'y lire les signes précurseurs de conceptions à venir²⁰.

Du temps de la rédaction de l'*Aufbau* (débutée en 1922 – une première version est complétée en 1925), la pensée et la réflexion logiques de Carnap sont en pleine gestation et n'ont pas encore atteint le degré de résolution qu'elles auront au début des années 1930, lorsque se fera l'annonce que la logique de la science doit relayer l'ancienne théorie de la connaissance. Carnap, à la recherche d'un substitut à l'épistémologie traditionnelle, puise autant chez Kant que chez Helmholtz, Ostwald, Mach, Klein, Riemann, Weyl, Einstein, Poincaré, Dingler, Cassirer, Natorp, Husserl, les gestaltistes Wertheimer et Köhler et, évidemment, Russell. À cela s'ajoutent les influences plus récentes de Schlick et de Reichenbach. La maturation logique et l'enclenchement d'une approche syntaxique proviendront de ses études approfondies de l'axiomatique et de l'intégration des idées formalistes de Hilbert²¹.

On sait que l'*Aufbau* esquisse un système de construction conceptuelle sur une base autopsychique. Construire (ou définir) un concept *C* sur la base de concepts *A*, *B*, ... signifiait : donner une règle définitoire qui permet de transformer toute expression ouverte contenant *C* par une expression qui ne contient que *A*, *B*, En ce sens, il y avait bel et bien, au début, une tentative de définition explicite de tous les concepts scientifiques – ce que les logiciens ont retenu pour en faire l'interprétation d'une tentative réductionniste ou fondationnaliste. Cependant, bien que tous les concepts se réduisent aux éléments de base du système, ces derniers ne correspondent pas à ceux de l'empirisme traditionnel (sensations, *sense data*, etc.). Ceux-ci doivent être compris dans le sens de la théorie de la forme [*Gestalttheorie*] dans la mesure où ils sont conçus dans leur totalité et unité achevée, c'est-à-dire non pas en tant qu'éléments discrets déterminés, mais en tant que portions de flux de vécu qui se trouvent dans un rapport déterminé avec telles autres. Il y a bel et bien un projet de réduction dans l'*Aufbau* (la base possède pour Carnap une primauté épistémique), mais ce

dernier ne peut être identifié au réductionnisme usuellement associé à l'empirisme traditionnel. Si, par exemple, les objets psychiques sont premiers sur le plan cognitif par rapport aux objets spirituels, c'est uniquement « en raison du rapport cognitif existant entre les deux catégories d'objets tel qu'il apparaît dans la méthode de la science²² ». La réduction en question ne signifie que la possibilité par principe de traduire toutes les propositions portant sur des objets spirituels en propositions portant sur des objets psychiques, et il ne s'agit en aucun cas d'une analyse qui présente les objets spirituels comme étant ultimement composés d'objets psychiques²³. Nous avons fait valoir ailleurs le structuralisme strict qui domine l'approche de Carnap et qui permet une interprétation non fondationnaliste de l'*Aufbau* : les éléments de la structure ou du système de la connaissance (qui est un système de signes) sont entièrement et exclusivement déterminés par les relations qui existent entre eux²⁴. C'est dire que la question de la nature des éléments de base du système n'est pas la véritable question ; seul compte la relation de base, qui est celle d'un « souvenir de ressemblance » entre ce que Carnap appelle des « vécus élémentaires ». L'idée du mécanisme de constitution des concepts prime sur celle du choix de la base du système. Carnap considère même la possibilité d'une inversion (hégélienne) de la réduction :

On peut imaginer certaines conceptions qui conduiraient à admettre que tous les objets psychiques soient réductibles à des objets spirituels (par exemple une théorie qui donnerait une interprétation dialectique de tout ce qui se produit dans le monde comme l'émanation d'un esprit)²⁵.

La *Konstitutionstheorie* pourrait donc, de l'aveu même de Carnap, tout aussi bien être mise à contribution pour l'hypothèse de fondements idéalistes à la connaissance. Ce à quoi il s'empressait toutefois d'ajouter immédiatement : « Nous n'avons cependant pas à examiner ici la justesse de cette hypothèse. » En tout état de cause, une interprétation empiriste restreinte de l'*Aufbau* s'accorde mal du fait que la forme d'empirisme pour laquelle Carnap s'était exprimé avant l'*Aufbau* est fortement empreinte de conventionnalisme²⁶. Son article sur « La tâche de la physique » (1923) débute sur ces lignes :

Après une longue période où l'on a chaudement débattu des sources de la connaissance en physique, on peut sans doute dès maintenant affirmer que l'empirisme pur a perdu sa suprématie. La philosophie a déjà depuis longtemps déclaré qu'on ne peut ériger la théorie physique uniquement

sur la base des résultats expérimentaux et qu'il est aussi nécessaire d'avoir recours à des postulats non empiriques. Mais ce n'est que suite à une investigation poussée de la méthode scientifique menée par des représentants éminents de leur discipline et débouchant sur des conceptions non empiristes, que furent avancées des solutions qui puissent satisfaire les scientifiques eux-mêmes. Il faut ici surtout mentionner Poincaré et Dingler, qui sont parvenus aux résultats les plus importants. Nous prenons leurs principes comme point de départ, et nous en ferons une application plus générale qu'il ne l'a été fait auparavant. [...]

La thèse centrale du conventionnalisme formulé par Poincaré et élaboré plus avant par Dingler énonce que la construction théorique en physique exige le recours à certaines stipulations [*Festsetzungen*] reposant sur un libre choix. Il s'ensuit que les contenus des énoncés de la physique qui dépendent de ces stipulations ne peuvent être ni confirmés, ni réfutés par l'expérience²⁷.

La tâche épistémologique centrale que se donnait l'*Aufbau* se rapportait directement au legs épistémologique de Kant : il s'agissait d'exhiber le processus d'objectivation des concepts :

Bien que le point de départ de toute connaissance réside dans les éléments du vécu et leur imbrication, il est cependant possible, comme le montrera la construction du système de constitution, de parvenir à un monde objectif, intersubjectif, qui soit conceptuellement saisissable en tant que monde identique pour tous les sujets²⁸.

La réponse empiriste que proposait l'*Aufbau* consistait à illustrer comment un système sémiotique complexe désignant un réseau de relations (ce que constitue la science) pouvait, par voie de coordination univoque de chaque relation à ses référents et par voie de chaînes de définition logiques, gagner une valeur objective.

Ce sont des considérations touchant l'impossibilité (reconnue par Carnap) d'une définition explicite des concepts qui furent la pierre d'achoppement du projet. Cette impossibilité est à la base du modèle empiriste standard d'un langage à double palier pour la science : un langage observationnel, conçu comme ne comportant que des termes désignant des relations (incluant des propriétés) observables d'objets observables. Et un langage théorique, dont les termes ne peuvent être explicitement définis sur la base des premiers.

Au cœur du modèle standard se trouve donc introduite une dichotomie lexicale (V_p , V_o) qui sera naturellement généralisée sur le plan des

énoncés de la théorie ; on parlera alors de *langage théorique* L_t (ne contenant aucun $v_o \in V_o$) et de *langage observationnel* L_o (ne contenant aucun $v_t \in V_t$). Ces deux niveaux de langage de la théorie sont reliés par des *règles de correspondance*, qui sont des énoncés dont la propriété essentielle est de contenir les deux sortes de vocables, c'est-à-dire de mettre certains termes théoriques v_t en relation avec certains termes observationnels v_o , lesquels possèdent une interprétation empirique considérée comme préétablie. Ce sont les règles de correspondance qui incarnent, dans le modèle, l'interprétation empirique de la théorie scientifique ; établissant de véritables liens entre les termes théoriques et les termes observationnels, elles procurent à ces premiers une signification empirique.

Il est important de noter que la notion de règles de correspondance ne se retrouve nulle part dans les théories scientifiques existantes ; les règles de correspondance se retrouvent uniquement dans le modèle (dans la reconstruction logique des théories scientifiques), qui a plutôt le statut d'un modèle canonique que celui d'un modèle descriptif. La thèse empiriste qu'il véhicule est à l'effet que les théories scientifiques, *dans* leur reconstruction logique en tant que systèmes axiomatiques formels, exhibent les caractéristiques syntaxiques et sémantiques décrites par ce modèle. C'est donc dans le métalangage de la reconstruction logique de la théorie scientifique qu'il faut voir les règles de correspondance dont parle l'empirisme logique. On peut supposer que ces règles métalangagières peuvent être formulées dans le langage-objet L de la théorie sous forme de postulats de correspondance. On distinguera ainsi, parmi les postulats de la théorie, ceux qui sont formulables dans L_t (les postulats théoriques) et ceux (les postulats de correspondance) qui sont formulables dans le langage entier L de la théorie, où L comprend $L_t \cup L_o$. Ces postulats étant en nombre fini, on identifie alors la théorie T à l'ensemble des postulats théoriques ; dénotant par C l'ensemble des postulats de correspondance, on obtient donc l'expression $T \wedge C$ comme représentation formelle de la théorie interprétée.

Soulignons également qu'en ce qui concerne le caractère empirique de la théorie, la composante T est nullement interprétée : elle représente l'appareil logico-mathématique de la théorie. Seule la composante C fournit l'interprétation empirique de la théorie. Une

telle approche rappelle les célèbres phrases de Heinrich Hertz que nous avons déjà cités dans le premier volume :

À cette question : Qu'est-ce que la théorie de Maxwell, je ne saurais donner de réponse à la fois plus nette et plus courte que celle-ci : La théorie de Maxwell, c'est le système des équations de Maxwell. Toute théorie qui aboutit à ces équations, et du même coup embrasse les mêmes phénomènes possibles, je la caractériserais comme une forme ou un cas particulier de la théorie de Maxwell ; toute théorie qui aboutit à d'autres équations et du même coup à d'autres phénomènes possibles est une autre théorie²⁹.

La rigueur de la science exige toutefois que nous distinguions bien ce manteau bigarré que nous jetons sur la théorie, et dont la coupe et la couleur sont entièrement en notre pouvoir, de la forme simple et dépouillée elle-même, que la nature met devant nous et dont nous ne pouvons changer la morphologie en fonction de notre bon plaisir³⁰.

En termes de la métaphore hertzienne, C est l'habit empirique de la théorie T . Mais l'habit ne fait pas le moine : il faut bien voir que la théorie interprétée $T \wedge C$ n'est pas, en ce sens hertzien, la théorie. Une même théorie T peut posséder toute une garde-robe d'interprétations empiriques pour se présenter avantageusement devant le tribunal de l'expérience.

Dans l'optique spécifique de l'empirisme logique, la fonction épistémologique assignée à la notion de règles de correspondance C est claire : il s'agit de distinguer, à l'intérieur d'une théorie scientifique reconstruite, entre l'*appareil nomologique* T (qui exprime uniquement des lois) et l'*appareil heuristique* C (qui ne fait qu'interpréter – d'ailleurs, Campbell l'appelait le « dictionnaire » de la théorie). Une théorie doit en effet être minimalement interprétée pour pouvoir remplir une fonction explicative ; c'est dire que les explications fournies par T doivent être traductibles, au moins en partie, dans un langage dont l'interprétation n'est pas problématique – ce que représente le sous-langage L_o de L . L'empirie n'est pas à proprement parler ce qui nous livre des objets de science, et encore moins des preuves en science ; mais elle constitue parfois un moyen d'identifier des objets de discours et possède en tant que telle une fonction heuristique. C'est une fonction heuristique faible, bien sûr, mais quand même suffisante pour fonder une théorie empiriste de la signification. Pour Carnap, L_o véhicule des significations empiriques ; Hempel, pour sa part, préfère voir

en L_o un langage préalablement interprété, un langage véhiculant des significations prédéterminées.

Il convient maintenant de se demander à quoi peuvent bien correspondre ces postulats de correspondance dans la théorie scientifique. De façon sommaire, on peut se représenter ces postulats comme des définitions opérationnelles ; on peut en effet considérer que ces postulats de correspondance méthodologiques mettent les termes théoriques en relation de synonymie avec certaines procédures expérimentales exprimables en langage observationnel. Le modèle standard visait d'ailleurs à libéraliser les thèses opérationnalistes associées à Bridgman³¹. En fait, il marquait son abandon, déjà préfiguré par l'analyse que Carnap avait fait de la forme logique que peuvent prendre les définitions opérationnelles³². Ces dernières n'ont pas la forme de définitions explicites $[\forall x(t(x) \equiv o(x))]$, mais plutôt celle de définitions conditionnelles [*bilateral reduction sentences* : $[\forall x(o_1(x) \supset (t(x) \equiv o_2(x))))]$ et, plus généralement, de définitions partielles [*reduction sentences* : $[\forall x((o_1(x) \supset t(x)) \wedge (o_2(x) \supset \neg t(x)))]$]³³. Considérés comme axiomes définissants, ces énoncés de réduction présentent les propriétés sémantiques suivantes :

- a) Ils sont créateurs, c'est-à-dire qu'ils ne garantissent pas que pour toute interprétation donnée des termes observationnels définissants, il existe une interprétation empirique pour le terme théorique défini. C'est dire que si un terme ainsi défini doit être considéré comme interprété par l'expérience, il ne peut éventuellement s'agir que d'une expérience élargie ou réinterprétée ; dans un cas comme dans l'autre, cela va contre ce qui est admis du langage observationnel L_o , à savoir qu'il jouit d'une interprétation fixe et donnée.
- b) Dans le cas où cette dernière est donnée, ils ne garantissent pas l'unicité de l'interprétation du terme théorique sur la base des termes observationnels qui apparaissent dans la définition.

Cette dernière caractéristique du système interprétatif C est au cœur du fameux *problème des termes théoriques* en science, problème largement documenté et compagnon fidèle du modèle standard. La présence de termes scientifiques introduits à l'aide de postulats possédant cette forme logique posait en effet un sérieux embarras à la thèse

empiriste : puisque les énoncés comportant des termes théoriques contiennent par le fait même des termes dont l'interprétation empirique n'est pas univoque, il peut y avoir de ces énoncés (dans le langage reconstruit de la théorie scientifique) dont on ne peut déterminer, ni par voie d'analyse logique, ni par voie d'investigations empiriques, s'ils sont vrais ou faux. Malheureusement, c'était exactement cette sorte d'énoncés que le Cercle de Vienne s'était employé à dénoncer comme métaphysiques (c'est-à-dire dénués de signification sur le plan cognitif) à l'aide de la théorie vérificationniste de la signification.

En vue de sauvegarder le programme empiriste, on tenta de définir des critères syntaxiques de « contenu de sens empirique » ou de pertinence cognitive (nous traduisons ici les expressions anglaises *significance* et *empirical meaningfulness*), fondés sur l'idée que les concepts théoriques de la science, malgré l'ambiguïté admise de leur détermination empirique, possèdent tous une force prédictive et se distinguent par là des concepts métaphysiques qui, eux, opèrent à vide à cet égard.

On connaît les avatars de cette notion de contenu de sens empirique, dont les tentatives de précision formelle ne furent qu'un seul et même combat en retraite³⁴. Nous ne retiendrons que deux points de cette discussion :

- a) La distinction entre T et C n'est pas essentielle à cette notion, car les critères de pertinence cognitive ne peuvent se définir que par rapport à la théorie interprétée $T \cup C$, et non par rapport à T seule.
- b) L'idée de la force prédictive des concepts théoriques implique que le système interprétatif C possède effectivement une fonction explicative. La doctrine de l'interprétation partielle des termes théoriques l'indiquait d'ailleurs déjà. En effet, une définition partielle de la forme $\forall x((o_1(x) \supset t(x)) \wedge (o_2(x) \supset \neg t(x)))$ a pour conséquence logique l'énoncé $\forall x \neg(o_1(x) \wedge o_2(x))$, énoncé qui peut très bien ne pas être logiquement vrai dans L_o . Ce gain en conséquences (prédictions) observationnelles de la théorie indique donc que les postulats de correspondance possèdent bel et bien une fonction nomologique. En d'autres termes, C génère de façon *a priori* des énoncés synthétiques.

Par ailleurs, la doctrine de l'interprétation partielle des termes théoriques revenait à admettre que les postulats théoriques remplissent aussi une fonction heuristique. On en vint donc à la conclusion que la distinction entre postulats théoriques et postulats de correspondance ne recouvrait pas la distinction visée entre les fonctions nomologique et heuristique des axiomes d'une théorie scientifique.

Ce que plusieurs opposants ont salué comme la faillite de l'empirisme logique est directement relié à la non-viabilité de la notion de règles de correspondance. Rappelons que dans l'esprit comme dans la lettre, le système interprétatif *C* devait remplir une fonction purement heuristique, alors que l'appareil déductif *T* devait avoir une fonction exclusivement nomologique. (Nous sommes ici en présence de deux invariants dans les thèmes de l'empirisme logique, l'un étant qu'expliquer, c'est prédire, et l'autre étant qu'interpréter, c'est traduire). La motivation originale n'était-elle pas de bien faire le départ entre ce qui, dans une théorie, représente des lois de la nature (la composante synthétique *T*, formulée – nous le savons depuis Galilée – dans le langage des mathématiques), et ceux qui ne font que stipuler l'interprétation des termes de la théorie (qu'il faut bien considérer comme représentant sa composante *a priori*). L'impossibilité reconnue de rendre imperméables ces deux composantes signifiait la réapparition, au point d'arrivée du modèle standard, d'une catégorie (le synthétique *a priori*) qui avait été récusée au départ. Voilà qui a contribué essentiellement au discrédit définitif de la notion de règle de correspondance sous cette version³⁵.

Le malheur de cette approche est qu'elle était par trop syntaxique. C'était mal concevoir le rôle de l'axiomatisation en science que de vouloir maintenir une distinction syntaxique (établir deux listes de postulats) entre les axiomes nomologiques (formels) et les axiomes heuristiques (empiriques) d'une théorie scientifique. L'apparente inextricabilité syntaxique des fonctions explicative et interprétative d'une théorie scientifique donnée invite donc à délaisser la distinction entre postulats théoriques et postulats de correspondance et à poursuivre la problématique sur un plan purement sémantique. En somme, la reconstruction d'une théorie scientifique en une composante prédictive ou explicative *T*, et une composante interprétative *C*, s'accordait mal avec l'idée fondamentale qu'en science, la détermination des concepts et l'édification de la théorie vont de pair. La voie proprement

sémantique est de maintenir la dichotomie non plus en tentant d'établir deux listes d'axiomes, les axiomes synthétiques T et les axiomes analytiques C , mais en reconstruisant plutôt (et en identifiant) les fonctions nomologique et heuristique comme deux fonctions distinctes d'une même liste d'axiomes. L'empirisme logique s'était ouvert cette voie en choisissant de répudier la distinction syntaxique entre T et C pour ne considérer dorénavant que les axiomes de la théorie ; il pouvait ainsi redéfinir un programme indépendant de la notion de pertinence cognitive, celui d'établir la notion d'analyticité théorique dans le modèle empiriste standard des théories scientifiques, et cela sur une base strictement sémantique.

L'empirisme sémantique

Le volet sémantique de la problématique empiriste se laisse clairement cerner dans le cadre de la sémantique logique ou théorie des modèles. L'idée maîtresse, qui demeure de concevoir l'interprétation des théories scientifiques de façon analogue à celle des systèmes axiomatiques formels, se reflète sur le plan formel par l'idée, due à Tarski, qu'un système syntaxique L devient un système sémantique (un langage interprété) lorsque sont données dans son métalangage des règles qui déterminent les conditions de vérité de chaque énoncé de L . Ces règles sont aussi appelées postulats de signification (*meaning postulates*) lorsqu'elles sont formulées dans le langage-objet même du système en question.

Un système formel $T(L)$ est interprété de façon implicite lorsque la classe M de ses structures propres ou interprétations visées est déterminée en stipulant que chacune d'entre elles est un modèle d'un ensemble consistant d'énoncés PS appelés postulats de signification ; M est donc une sous-classe de la classe des modèles de la théorie, noté $Mod(T)$. La question fondamentale est alors de savoir à quelle sous-classe de $Mod(T)$ la classe M doit être identifiée. En l'absence de moyens d'interprétation autres qu'implicites, il n'y a aucune raison de ne pas identifier M à $Mod(T)$ elle-même. Mais alors, les structures de M ne sont déterminées qu'à l'isomorphisme près et le langage L ne peut être considéré comme empiriquement interprété, les termes descriptifs demeurant entièrement vagues par rapport à l'empirie. C'est dans ce sens que d'un point de vue empiriste, Carnap, dans son

article de 1927, parlait de « concepts impropres » et d'« objets indéfinis »). Pour que *L* soit considéré comme un langage empirique, c'est-à-dire comme un langage dont les termes ne sont ni déterminés de façon purement *a priori*, ni entièrement vagues par rapport à l'empirie, il faut avoir recours à un mode d'interprétation non implicite pour au moins une partie de son vocabulaire – à défaut de quoi les axiomes d'une théorie empirique n'auraient qu'une valeur de convention terminologique. Pour qui n'adopte pas une position conventionnaliste stricte et intégrale, il est essentiel de recourir à un moyen non verbal d'interprétation, que ce soit par ostension (s'aidant d'objets observables en guise d'exemples) ou par quelque procédé de mesure. Ce mode pragmatique d'interprétation – résultant d'un faire, et non d'un dire – est communément appelé interprétation ostensive, terme général recouvrant tout mode direct d'assignations de dénotation. Dire qu'une partie du vocabulaire descriptif de *L* doit être interprété de façon ostensive si *L* doit être considéré comme un langage empirique, c'est reformuler le modèle standard en termes strictement sémantiques.

La question méthodologique est liée à la double fonction assignée aux axiomes de la théorie en ce qui touche à cette partie du langage empirique qui n'est pas interprétée par ostension. Le problème des termes théoriques réapparaît sous la forme des difficultés épistémologiques que crée la présence, dans une théorie empirique, de termes définis de façon implicite ; d'ailleurs, n'entendait-on pas à l'origine par termes théoriques cette sorte de termes qui n'ont pas de dénominations observables et pour lesquels aucune interprétation ostensive n'est possible ? La notion de définition implicite rend précise l'idée intuitive de la théoricité des concepts scientifiques et représente un explicat possible de leur prégnance théorique (*theory-ladenness*). Bien que, d'une part, elle laisse entier le problème empiriste de la pertinence cognitive, elle offre d'autre part aux tenants de la conception reçue des théories scientifiques la possibilité de soutenir la thèse empiriste sous un angle différent ; selon les termes de Quine, elle permet de passer du réductionnisme à la dichotomie analytique-synthétique³⁶.

L'analyticité dans le modèle empiriste standard

Le cadre formel dans lequel la notion d'analyticité sera abordée est donc celui de l'enrichissement d'un système sémantique par voie de postulats³⁷. Nous entendons par système sémantique un couple $\langle L, M \rangle$ où L est un système syntaxique du premier ordre et M est le membre de la classe des modèles de L qui est considéré comme le modèle visé. Un énoncé σ de L est vrai, si et seulement si σ est satisfait dans le modèle propre de L (ssi $\sigma \in \text{Ver}(M)$). Les règles métalangagières qui déterminent les conditions de vérité de chaque énoncé de L sont appelées règles sémantiques puisqu'elles régissent la signification des termes logiques et extra-logiques de L . La notion de définition implicite se reflète sur le plan formel par la possibilité d'exprimer ces règles sous forme de postulats dans le langage-objet L . La notion de *postulats de signification dans le langage-objet* recouvre celle de *règles sémantiques dans le métalangage*, de même que le cas de l'élargissement d'un système sémantique par voie de postulats couvre celui de l'élargissement d'un tel système par voie de définitions métalangagières.

Dans l'optique du modèle standard, le langage observationnel L_o sera considéré comme un système sémantique du premier ordre $\langle L_o, M_o \rangle$ où le vocabulaire descriptif de L_o , noté $V(L_o) = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$ possède une interprétation non théorique, dans le sens où la signification des termes observationnels n'est pas stipulée par voie de postulats ou de définitions métalangagières. La notion d'interprétation ostensive se traduit dans le système par le fait qu'il n'y a aucun énoncé de L_o dont la vérité ne dépend que de la signification des termes $o_1, o_2, \dots, o_m$. Si l'on accepte de préciser la notion de vérité analytique par celle de vérité en vertu exclusive des règles sémantiques, le langage L_o contient certes des énoncés logiquement vrais (vrais en vertu de la signification des termes logiques de L_o), mais il ne contient aucun énoncé analytiquement vrai (vrai en vertu de la signification des termes logiques et descriptifs de L_o).

Considérons maintenant un système sémantique $L = \langle L, M \rangle$ qui résulte de l'enrichissement de L_o d'un vocabulaire descriptif $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ caractérisé de façon théorique, c'est-à-dire par voie d'un ensemble P de postulats qui stipulent la signification de ces termes théoriques. Dans ce contexte, certains énoncés de L seront vrais en vertu des significations des termes $t_1, t_2, \dots, t_n$ et, selon l'acception reçue

du terme *analytique* dans la tradition philosophique, ces énoncés seront exactement ceux qui doivent être considérés comme analytiques dans L . Il faut ici noter que la définition recherchée du concept d'analyticité dans L est une définition extensionnelle : il s'agit de définir la classe des énoncés qui tombent sous le prédicat en question. La solution du problème dépendra dans une large mesure des propriétés sémantiques de l'ensemble P et en particulier, de la question de savoir si P est un ensemble de postulats créateurs ou non.

Nous devons ici préciser la notion métalogue de créativité (syntaxique et sémantique). À cet effet, nous procéderons auparavant à la mise en place et à la fixation terminologique des notions formelles qui encadreront notre analyse proprement dite de la question de l'analyticité en science.

Un système sémantique L est une extension élémentaire de L_o , ssi $V(L_o) \subset V(L)$; on considère que L et L_o ont le même vocabulaire logique et $L_o \subset L$ est aussi appelé sous-langage de L . Au niveau des structures, nous pouvons définir les notions d'enrichissement et d'admissibilité. Si M et M_o sont respectivement les modèles propres de L et L_o , on dénotera par $M|_o$ la partie du modèle M qui procure une interprétation aux constantes descriptives de L_o . M est un enrichissement de M_o , si et seulement si $M|_o = M_o$; M_o est appelée une sous-structure de M . La structure M_o est dite être admise par un ensemble d'énoncés P de L , notée $M_o \in \text{Adm}(P)$, si et seulement si il existe un modèle visé M de L tel que $M|_o = M_o$ et $P \subseteq \text{Ver}(M)$. On peut alors préciser la notion sémantique de non créativité, ainsi que sa contrepartie syntaxique. Un ensemble P est *sémantiquement conservateur* par rapport à $L_o \subset L$, si et seulement si pour tout modèle visé M_o de L_o , $M_o \in \text{Adm}(P)$. L'ensemble P est *syntactiquement conservateur* (non-créatif), si et seulement si P n'a pas de conséquences logiques non tautologiques dans L_o . La notion sémantique de non créativité est plus forte que sa contrepartie syntaxique ; la première entraîne la seconde, mais non l'inverse³⁸.

Nous pouvons maintenant revenir à la discussion de la notion d'analyticité dans un langage scientifique L conçu d'après le modèle standard. Dans l'optique où L_o représente le fragment observationnel (empiriquement interprété) du langage L d'une théorie physique, les modèles M_o représentent des structures observationnelles possiblement enrichissables en des structures théoriques M qui forment l'interpréta-

tion visée du langage L de la théorie³⁹. On a vu que le présupposé de base concernant le sous-langage L_o de L est à l'effet que la signification des termes observationnels soit fixe ; cela revient à imposer la condition que les termes $o_1, o_2, \dots, o_m$ interprétés de façon ostensive, conservent dans L l'interprétation qu'ils avaient dans L_o . Puisque cette interprétation est donnée par M_o , la condition se formulera donc par la règle suivante :

$$[R_l] : M|_o = M_o$$

La règle $[R_l]$ stipule que la partie observationnelle $M|_o$ du modèle théorique M coïncide avec le modèle observationnel M_o . Cette condition peut être appelée la condition de l'invariance sémantique, puisqu'elle garantit que tout langage scientifique L contient un sous-langage L_o dont les termes descriptifs conserveront leur interprétation donnée indépendamment des nouveaux concepts que la théorie scientifique en question jugera bon de définir. Quant au second présupposé de base concernant le langage $L-L_o$, on sait qu'il postule que les termes théoriques ($t_i \in V_{L-L_o}$) sont interprétés de façon exclusivement théorique ; $t_1, t_2, \dots, t_n$ doivent être interprétés de telle façon que les postulats P qui les introduisent dans L soient vrais. C'est dire que le système sémantique $\langle L, M \rangle$ devra satisfaire à la condition suivante :

$$[R_s] : P \subseteq \text{Ver}(M)$$

Si $[R_l]$ et $[R_s]$ régissent tous deux le vocabulaire descriptif de L , $[R_s]$ est en fait la seule règle sémantique qui donne l'interprétation d'un terme descriptif ; car selon le présupposé initial, la signification des termes observationnels n'est pas stipulée par voie de postulats ou de définitions métalangagières. La règle $[R_l]$ ne détermine pas l'interprétation des termes observationnels (laquelle est donnée par M_o), elle ne fait que garantir sa stabilité. Notons enfin que la question de savoir si la condition $[R_l]$ est remplie est une question empirique qui dépend de la composition des structures observationnelles, alors que la question de savoir si $[R_s]$ est satisfait ne dépend d'aucun fait contingent, $[R_s]$ étant de nature purement conventionnelle.

Dans ce contexte, on peut déterminer la notion d'analyticité de manière assez directe. Si l'on accepte la convention de Carnap d'appeler *analytique dans L* tout énoncé de L qui doit uniquement sa vérité aux règles sémantiques de L et indépendamment de toute contingence extra-linguistique, les énoncés qui ne doivent leur vérité qu'à $[R_s]$ dans

tous les modèles de L seront les énoncés analytiques dans L^{40} . Si on dénote cette classe par $An(L)$, et si l'on dénote par $Cn(P)$ l'ensemble des conséquences sémantiques de P , on obtient la définition suivante :

$$[D_1] : \sigma \in An(L) \equiv \sigma \in Cn(P).$$

Cette définition de l'analyticité repose donc sur l'acceptation des règles $[R_1]$ et $[R_5]$ pour le système sémantique L . Notons que la conjonction de ces deux règles équivaut à la condition d'admissibilité de M_o par P , qui avait été définie :

$$M_o \in Adm(P) \equiv \exists M \in Mod(L) \text{ tel que : } M|_o = M_o \\ \text{et } P \subseteq Ver(M).$$

Or nous avons vu que la double fonction nomologique et heuristique accordée aux axiomes d'une théorie scientifique indique que P sera effectivement un ensemble de postulats créateur. En effet, si P est créateur par rapport au langage observationnel, il exerce une fonction heuristique en ce qu'il stipule l'interprétation des termes théoriques $t_1, t_2, \dots, t_n$. P possède de plus une fonction nomologique (et un contenu factuel) en ce qu'il restreint les dénотations admises des termes observationnels $o_1, o_2, \dots, o_m$: l'ensemble de postulats P n'admet que certaines structures observationnelles comme structures qui peuvent être enrichies en des structures théoriques qui procurent une interprétation à la théorie en question. Non seulement le rôle de l'axiomatisation en science, mais aussi l'emploi de définitions partielles dans la pratique scientifique indiquent qu'il faut admettre la possibilité que P soit un ensemble créateur. Il s'agira donc de s'assurer de l'existence d'un système sémantique L qui ne dépende pas de l'expérience (de la composition des structures observationnelles) tout en admettant des définitions créatrices dans le processus de formation des concepts en science.

Une façon d'y parvenir est de rendre conventionnelle l'existence du système sémantique L , c'est-à-dire de l'inclure dans les règles sémantiques. Dans l'optique empiriste, il semble indiqué de conserver $[R_1]$ et de modifier $[R_5]$ en la rendant conditionnelle de l'admissibilité de M_o par P . On obtient donc :

$$[R_5]^* : M_o \in Adm(P) \supset P \subseteq Ver(M).$$

La règle $[R_S]^*$ affaiblit suffisamment $[R_S]$ pour que l'ensemble P préserve les interprétations préalables des termes descriptifs de L_o (ce résultat est direct). L'interprétation des termes théoriques ne vaut que lorsqu'elle est licite du point de vue empirique. Ceci est en accord avec le précepte empiriste de base qui dit que si une théorie T doit être considérée comme empirique, il vaut mieux considérer comme non interprété tout terme descriptif de T qui n'est pas interprété empiriquement.

Par ailleurs, puisqu'on a conservé $[R_I]$ qui stipule l'identité entre M_o et $M|_o$, la règle $[R_S]^*$ possède la propriété visée d'être équivalente à :

$$M|_o \in \text{Adm}(P) \supset P \subseteq \text{Ver}(M).$$

C'est donc dire que si $[R_S]^*$ est assez faible du point de vue logique, elle est aussi assez forte pour bien s'acquitter de sa fonction heuristique à l'égard des termes théoriques. $[R_S]^*$ garantit que si l'interprétation des termes théoriques existe, elle est telle que stipulée par P . Puisque c'est là la véritable fonction sémantique de $[R_S]^*$, on préférera cette seconde formulation et la définition de l'analyticité devient :

$$[D_2] : \sigma \in \text{An}(L) \equiv \sigma \in \text{Cn}([R_S]^*).$$

Cette formulation est cependant impropre car $[R_S]^*$ est une règle sémantique et non un ensemble d'énoncés postulés dans L ; nous reviendrons plus tard sur la question de l'identification de la composante analytique de L . Il importe pour l'instant de voir comment la nouvelle définition $[D_2]$ évite les difficultés reliées à $[D_1]$. L'existence de véritables énoncés analytiques dans L ne dépend plus de l'expérience, mais d'une convention $[R_S]^*$. Pour en arriver à ce résultat, il a s'agit d'accepter que la présence d'énoncés conventionnellement vrais dans L soit elle-même une question de convention. Ce point rejoint la position de Quine pour qui la différence entre les énoncés analytiques et les énoncés synthétiques est essentiellement d'ordre pragmatique, n'étant pas une différence de nature. C'est aussi dire que l'idée de Carnap d'explicitier la notion d'analyticité dans L par la méthode des règles sémantiques est compatible avec les vues de Quine ; on peut, *si l'on veut*, déterminer la notion d'analyticité relativement à un langage donné. La controverse entre Quine et Carnap à ce sujet se situe sur le plan des visées épistémologiques, non sur celui des résultats. L'argument qui pourrait encore militer contre D_2 serait que cette définition

de l'analyticité théorique présuppose la dichotomie *observationnel / théorique*, mais, puisque Carnap est le premier à admettre que cette distinction est également de nature pragmatique, on a du mal à voir en quoi cette controverse peut être pertinente pour l'aspect sémantique du programme empiriste.

Nous avons donc pu constater comment l'empirisme sémantique est tenu d'accepter une certaine forme d'instrumentalisme dans la reconstruction du contenu factuel d'une théorie empirique. Dans le cadre de systématisation adopté, le contenu d'un énoncé σ dans L est directement identifié à la classe des modèles de σ (à son *interprétation* dans L). C'est dire que le contenu empirique d'une théorie se limite à cette partie de la théorie qui est pourvue d'une interprétation empirique. Puisque l'existence d'une interprétation empirique pour les termes théoriques d'une théorie scientifique T dans L n'est pas garantie, l'empirisme se voit pour ainsi dire forcé de jouer prudent, et de voir à ce que le contenu factuel de T soit exprimé dans cette partie de T qui est assurément pourvue d'une interprétation empirique ; l'énoncé qui exprime le contenu factuel de T doit donc être formulé dans le sous-langage L_o de L .

La solution immédiate serait d'éliminer syntaxiquement les termes théoriques et d'identifier le contenu factuel de la théorie à toutes les conséquences logiques des axiomes de T formulables dans le sous-langage L_o . Ce fragment observationnel $T \cap L_o$ de la théorie a auparavant été noté T_o . Puisque que l'on suppose que $T = Cn(A)$ est finitairement axiomatisée dans L , on a :

$$(\sigma \in T_o) \equiv (\sigma \in Cn(A) \cap L_o).$$

T_o est le *contenu observationnel* de T représentant cette partie de la théorie qui est entièrement interprétée d'un point de vue empirique. Peut-on identifier la composante synthétique de T à T_o ? Si l'on adopte le point de vue instrumentaliste voulant que la composante synthétique de T soit identique à la systématisation déductive qu'accomplissent les axiomes de T dans L_o , il semble que oui. En effet, si on entend par systématisation déductive de T dans L_o l'ensemble des relations logiques établies par T dans L_o , il est clair que T et T_o sont équivalentes à ce point de vue. Cette approche présente cependant peu d'intérêt – malgré le résultat de Craig sur l'axiomatisabilité de T_o – car elle élude entièrement les questions d'ordre sémantique⁴¹.

Frank Plumpton Ramsey a proposé un moyen de construire T_o qui correspond à une élimination sémantique des termes théoriques⁴². Puisque T a une axiomatisation finie, elle peut être représentée par un seul énoncé P qui est la conjonction de ses axiomes. Cet énoncé contient évidemment les deux sortes de termes descriptifs :

$$P(o_1, o_2, \dots, o_m, t_1, t_2, \dots, t_n) .$$

Si l'on remplace chaque constante théorique par une variable pour lier simultanément cette variable à un quantificateur existentiel, on obtient l'énoncé :

$$P^R = \exists x_1 \exists x_2 \dots \exists x_n P(o_1, o_2, \dots, o_m, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Cet énoncé est appelé l'*énoncé de Ramsey* de T . On remarque que P^R est un énoncé du second ordre dans L_o qui ne contient plus les termes théoriques de P .

L'énoncé de Ramsey de T a plusieurs caractéristiques intéressantes, dont la première est celle d'avoir exactement les mêmes conséquences logiques que T dans L_o . Abstraction faite des considérations d'ordre sémantique, cet énoncé représente donc une construction adéquate de T_o en ce qui concerne la question de systématisation déductive telle que définie plus haut.

Ramsey avait proposé d'identifier le contenu factuel de P à P^R , ce qui reviendrait, dans le contexte de notre discussion, à identifier la composante synthétique d'une théorie scientifique à son énoncé de Ramsey. Cette solution présente plusieurs aspects sémantiques intéressants :

- a) L'existence d'un système sémantique L est assurée et la présence de véritables énoncés analytiques dans L ne dépend pas de l'expérience.
- b) P^R a été obtenu de P de façon telle que son domaine de validité coïncide exactement avec $M|_o$, c'est-à-dire avec les structures observationnelles effectivement extensibles en des modèles entiers de P . Or si l'on utilise P^R pour exprimer le contenu factuel de T , c'est qu'on considère que P^R est vrai dans une structure observationnelle donnée ; la solution de Ramsey implique donc que le domaine de validité de P^R coïncide avec M_o . Choisir d'utiliser P^R pour exprimer le contenu

factuel de T revient alors à postuler l'identité de $M|_o$ et M_o , c'est-à-dire à accepter la règle $[R_l]$.

- c) Si P^R représente la composante synthétique de la théorie, il ne doit aucunement agir en tant qu'axiome définissant ou postulat de signification. Or cette condition est remplie puisque P^R ne contient aucun terme théorique et ne contribue sûrement pas à déterminer leur interprétation, en vertu du mode implicite de leur définition. Il n'y aura alors que la composante analytique de P , que nous noterons P_{AN} , pour se charger de la fonction heuristique des postulats eu égard à l'interprétation des termes théoriques. C'est donc dire que la règle $[R_s]$ régissant la signification des termes théoriques ne s'appliquera qu'à P_{AN} , et deviendra : $[R_s]^C : P_{AN} \subseteq Ver(M)$

Le système $[R_l] \wedge [R_s]^*$ devient donc $[R_l] \wedge [R_s]^C$, et le concept modifié d'analyticité théorique dans L s'obtient en remplaçant $[R_s]^*$ par $[R_s]^C$ dans $[D2]$:

$$[D3] \sigma \in An(L) \equiv \sigma \in Cn(P_{AN}).$$

La définition $[D3]$ représente un résultat analogue à celui du système $[R_l]$ et $[R_s]^*$; $[D3]$ est en effet équivalent à $[D2]$: $\sigma \in An(L) \equiv \sigma \in Cn([R_s]^*)$. L'élément nouveau est cependant apporté par l'identification de la composante synthétique P_{SYN} à l'énoncé de Ramsey de la théorie. La possibilité est ainsi donnée de mener à bien le programme carnapien, c'est-à-dire de construire l'énoncé P_{AN} dans L et ainsi obtenir la définition extensionnelle du concept d'analyticité dans L .

Carnap proposa, sur la base de l'équation ramseyenne $P_{SYN} = P^R$, d'identifier la composante analytique P_{AN} à l'énoncé $P^R \supset P$, qui est l'énoncé le plus faible (du point de vue logique) qui rende la théorie équivalente à la conjonction de ses deux composantes synthétique et analytique :

$$P \equiv (P^R \wedge (P^R \supset P))$$

L'énoncé $P^R \supset P$, qu'on note aussi P^C , est appelé l'*énoncé de Carnap* de la théorie représentée par P .

On avait déjà souligné le fait que l'identification de la composante analytique représente un certain choix ; Carnap fit d'ailleurs remarquer que P^C n'était pas le seul candidat possible. Winnie (1971) a

cependant démontré comment le choix de Carnap est très judicieux : P^C a la propriété de n'avoir que des conséquences tautologiques dans L_o . C'est donc dire que le choix de P^C comme composante analytique nous assure qu'il n'y aura pas d'énoncés synthétiques dans L_o qui deviendront analytiques dans L ; le problème sémantique central du choix de la composante analytique se trouve ainsi résolu. Quant à l'aspect empiriste de la solution de Carnap, il est assez évident. La loi logique $P \supset P^R$, ajoutée à la loi analytique $P^R \supset P$, pose l'équivalence logico-analytique $P \equiv P^R$ de la théorie et de l'énoncé de Ramsey de la théorie. Accepter P^C comme composante analytique revient donc à considérer que la théorie est équivalente, d'un point de vue empiriste, à son contenu factuel ; ceci est en accord avec la position instrumentaliste qui se contente de savoir (abstraction faite des considérations d'ordre sémantique) que P et P^R sont fonctionnellement équivalents par rapport à la systématisation déductive accomplie dans L_o .

La définition de l'analyticité proposée par Carnap s'obtient donc de [D3] en remplaçant P_{AN} par P^C . Mais encore faut-il que cette définition exprime la particularité de P^C de n'avoir que des conséquences tautologiques dans L_o ; il faudra donc inscrire dans la définition la clause que seul un énoncé théorique peut être analytique dans le système en question. On obtient donc enfin la solution de Carnap au problème de l'analyticité théorique dans les langages interprétés selon le modèle standard des systèmes empiriques :

$$[D4] : \sigma \in An(L) \equiv \sigma \in Cn(P^C)^{43}.$$

Le système $[R_i]$ et $[R_s]^C$ devient donc équivalent à $P^R \wedge P^C$, où P représente la conjonction (finie) des axiomes de la théorie interprétée $T(L)$. La règle de Carnap $[R_s]^C$ exprime pour ainsi dire le comportement à suivre en matière de sémantique si on accepte la règle $[R_i]$, c'est-à-dire si on accepte d'être empiriste. L'équivalence d'une théorie finitairement axiomatisée avec la conjonction de son énoncé de Ramsey et de son énoncé de Carnap représente une solution – adéquate par rapport au concept d'analyticité – au problème que posait la double fonction nomologique et heuristique des axiomes de la théorie en ce qui a trait à l'interprétation des termes théoriques. L'énoncé de Ramsey ne contribue sûrement pas à l'interprétation des termes théoriques, puisqu'il n'en contient pas, mais il semble tout aussi efficace que les axiomes P eux-mêmes en ce qui concerne la systématisation déductive qu'instaure l'explication scientifique dans le domaine de l'expérience.

Par ailleurs, l'énoncé de Carnap ne contribue en rien à cette systématisation déductive, car ses conséquences observationnelles sont tautologiques, mais il contient effectivement des termes théoriques et il semble tout aussi efficace que les axiomes P eux-mêmes en ce qui concerne l'interprétation empirique des termes théoriques. En effet, P^C stipule que les termes théoriques doivent être empiriquement interprétés de telle façon que P soit vrai si P^R est empiriquement vrai, c'est-à-dire si P^R est vrai dans M_o . Or P^R est vrai dans M_o , ssi $M_o \in \text{Adm}(P)$, d'où l'équivalence heuristique de la vérité de P^C et P par rapport à l'interprétation empirique des termes théoriques. Non seulement la conjonction $P^R \wedge P^C$ divise-t-elle sobrement la double fonction des axiomes originaux de la théorie, mais elle permet aussi de dégager les deux volets de l'affirmation empirique d'une théorie. Une théorie empirique est équivalente à la conjonction d'un énoncé P^R qui affirme l'existence d'une réalisation empirique de la théorie, et d'un énoncé P^C qui est neutre quant à l'existence d'une réalisation empirique de la théorie, mais qui affirme que si la théorie a un modèle empirique, alors les entités théoriques décrites par le formalisme logico-mathématique P de la théorie doivent être considérées comme des entités empiriques. L'identification de la composante analytique d'une théorie scientifique à son énoncé de Carnap P^C semble donc, à première vue, redonner à la thèse réaliste tous les droits qui lui avait enlevés l'adoption de l'énoncé de Ramsey comme composante synthétique : P^C affirme bel et bien l'existence des entités théoriques postulées par les axiomes de la théorie scientifique. C'est d'ailleurs une particularité épistémologique de l'empirisme sémantique que de constamment se mouvoir entre les deux pôles de l'instrumentalisme et du réalisme. Cet état de choses mériterait certes des commentaires plus poussés, mais nous devons ici faire le point sur notre discussion de l'analyticité théorique en science puisque [D4] représente la définition recherchée par l'empirisme logique.

On a vu comment, sous l'impulsion de Carnap, l'empirisme sémantique a pu reconstruire les systèmes empiriques en tant que systèmes sémantiques constitués des règles $[R_i]$ et $[R_s]^*$ qui, dans le cas d'une théorie finitairement axiomatisée, se traduisent respectivement par l'énoncé de Ramsey et l'énoncé de Carnap de la théorie. Considérant les théories scientifiques au même titre que les systèmes linguistiques formels, la reconstruction empiriste logique posait le principe qu'une théorie scientifique affirme la vérité des axiomes. Or c'est préci-

sément le caractère empirique d'une telle affirmation qui soulevait plusieurs difficultés en raison de la double fonction nomologique et heuristique des axiomes d'une théorie scientifique. Comparativement à la problématique de la signifiante (où la question de statut épistémologique devait être posée à chaque concept, sinon à chaque énoncé scientifique), la solution de Carnap représente un holisme accru dans la reconstruction logique d'une théorie scientifique. En effet, l'interprétation empirique de la théorie y est donnée par un seul et unique énoncé P^C . À cela s'ajoute une tendance plus nette en direction de la thèse pragmatiste, qui s'est toujours traduite chez l'empirisme logique par un principe de tolérance à l'égard de la diversité que peuvent prendre les formes de cadres linguistiques ; ce choix particulier des composantes conventionnelle et contingente d'une théorie scientifique n'en demeure pas moins essentiellement lié au désir d'étayer la thèse épistémologique empiriste et ne saurait aucunement s'imposer à un scientifique qui la récuse.

Notes du chapitre 1

1. Les témoignages abondent sur le rôle central de Carnap dans la dynamique du Cercle de Vienne. Citons uniquement Herbert Feigl (1975, xv) : « Carnap s'est de toute évidence imposé comme penseur principal du Cercle de Vienne. Son travail, sa pensée et son style, perspicaces, rationnels (où le moi n'entre pratiquement pas en ligne de compte) et rigoureux, axés sur la tâche à accomplir, nous ont pour la plupart beaucoup plus impressionnés que la pensée philosophique intuitive (en réalité artistique, bien qu'ingénieuse) de l'insaisissable et hermétique Wittgenstein. (Seuls Schlick et Waismann ont succombé à l'influence presque hypnotique de Wittgenstein). » On lira aussi Hempel, C., 1973b.
2. Voir Leroux, J., 2002b.
3. En particulier, Friedman, M., 1999, 2000a, 2004 et Richardson, A., 1998. Sur l'arrière-plan kantien de l'épistémologie de l'*Aufbau*, voir Sauer, W., 1989 et Howard, D. 1994. Les anthologies récentes de Friedman, M. et R. Creath, 2007 (sur la philosophie de Carnap) et de Richardson, A. et T. Uebel, 2007 (sur la philosophie de l'empirisme logique) attestent la double filiation néo-kantienne et « analytique » de ces philosophies.
4. Carnap, R., 1963, 13.
5. Carnap, 1922, 63-67. À Kant s'ajoutent des influences plus fraîches, celles de Husserl, Russell, Schlick et Reichenbach. Mais surtout, comme le remarque Tennant, N., 1987, 265 : « Sa [Carnap] thèse est un témoignage extraordinaire de la pléthore d'études fondationnelles qui avaient cours en sciences exactes au début du XX^e siècle. Carnap avait non seulement maîtrisé les œuvres logiques et mathématiques de personnages tels Frege et Hilbert, mais aussi celles de Bolzano, Cantor, Dedekind, Einstein, Fränkel, Hausdorff, Klein, Lobatchevsky, Lorentz, Minkowski, Pasch, Peano, Riemann, Weierstrass, Weyl et Zermelo. »
6. Voir Carnap, R., 1923, 1924, 1925, 1926.
7. Voir Carnap, R., 1927, 1928a, 1929.
8. Voir Gauthier, Y., 1997, 66-70.
9. Les entités de types 0 sont des objets, les entités de type 1 sont des propriétés d'objets, les entités de type 2 sont des propriétés de propriétés d'objets, et ainsi de suite.
10. Notons qu'on peut aussi formuler une théorie logique à l'aide exclusive de règles d'inférence. Pour une présentation élémentaire des notions formelles de base, ainsi que celle de théorie du 1^{er} ordre, voir Leroux, J., 1998, 170-176 ; 227-228.
11. Voir Hempel, C., 1958, 1970, comparé à 1973a, 1977 ; Rozeboom, W., 1960, 1962, et Feigl, H., 1970 ; Putnam, H., 1962 et Suppe, F., 1972, 1977 ; Achinstein, P., 1963, 1968, Winnie, J., 1965, 1967, et Przełęcki, M., 1969, 1974a.
12. Voir Campbell, N., 1920, Carnap, R., 1923, Bridgman, P., 1936, Braithwaite, R., 1953, Margenau, H., 1950 et Nagel, E., 1961.

13. Carnap, 1956b, 1958 et 1966 (1973), Hempel, 1958, 1970, et Przełęcki, M., 1969, 1974a.
14. Voir Leroux, J., 2010, chap. V.
15. Reichenbach, H., 1938, 4-5.
16. Suivant l'usage établi, nous utilisons l'expression *Aufbau* pour référer à cette œuvre maîtresse de Carnap.
17. Reichenbach, H., 5-6.
18. Voir Haack, S., 1977, Sauer W., 1985, 1989, Coffa, A., 1985, 1991, §11-12, Friedman, M., 1987, 1992, Richardson, 1990, 1992a, 1992b, 1998, Mayer, V., 1991, 1992, Sarkar, S., 2003, Hamilton, A., 1992 et Galison, P., 1990. 1993, Dahms, H.-J., 2004.
19. Voir Goodman, N., 1951 (2004), 1963, Proust, J. 1986, et Mormann, T., 2003, 2004.
20. Ryckman, T., 1999, 500.
21. Voir Leroux, 2010, chap. V.
22. Carnap, R, 1928b (2002), §55, 129.
23. *Ibid.*, §56, 129-130.
24. Voir Leroux, J., 2002b.
25. Carnap, R, 1928b (2002), §55, 129.
26. Voir sur ce point Caton, H., 1975, et Wolters, G., 1985.
27. Carnap, R., 1923, 90.
28. Carnap, R, 1928b (2002), §2, 59.
29. Heinrich Hertz, *Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft*, Leipzig, Barth, 1892 ; 2^e éd., 1894, 23.
30. *Ibid.*, 31.
31. Sur l'opérationnalisme, voir Leroux, J., 1999.
32. Voir Carnap, R., 1936-37.
33. $o_1(x)$ et $o_2(x)$ sont des formules de L_o contenant x comme seule variable libre.
34. À cet égard, on consultera Hempel, C., 1965c.
35. Child, J., 1971, résume bien la situation.
36. Voir Quine, W. V., 1951.
37. Nous suivons ici Przełęcki, M., 1969, et Williams, P. M., 1974, qui présentent des formulations équivalentes.
38. Voir Przełęcki, M., 1969, 53, Przełęcki, M et Wójcicki, R., 1969, 377. Notre discussion de l'analyticité, en plus de s'inspirer à ces deux ouvrages, se réfère aussi à Winnie, J., 1971 et Tuomela, R., 1973.

39. Pour simplifier la notation, nous faisons abstraction du caractère vague des termes observationnels et aussi nous considérons qu'un seul modèle propre M_o (plutôt qu'une classe de tels modèles).
40. Voir Carnap, R., 1956a, 10.
41. Voir Craig, W., 1953, repris de façon plus commentée dans Craig, W., 1956. Pour une évaluation de ces résultats, voir Leroux, J., 1988, 60-61.
42. Voir Ramsey, F., 1931.
43. Voir Carnap, R., 1958. L'idée est reprise dans Carnap, R., 1966.

Chapitre 2

L'explication scientifique. Carl Hempel (1905-1997)

Arrière-plan historique

Il semble aller de soi que la tâche de la science consiste à fournir une explication des phénomènes. Cependant, la question de savoir en quoi exactement consiste une explication révèle plusieurs difficultés qui ont fait que, au début du XX^e siècle, la fonction explicative de la science était largement tombée en discrédit¹. La raison principale en est que traditionnellement, l'explication scientifique était reliée à la notion de causalité. Rechercher l'explication d'un phénomène équivalait à en rechercher la cause, de même que trouver l'explication d'un phénomène consistait à en trouver la cause. Ce modèle traditionnel d'*explication causale* eut à subir les contrecoups des problèmes liés à la notion de causalité.

Le legs de David Hume sur la question est bien connu. Hume fit d'abord l'analyse suivante de la notion de causalité : celle-ci réfère à une relation causale entre des faits, des événements, et elle comporte la notion de nécessité. L'idée de causalité est donc selon Hume celle d'une relation nécessaire entre une cause et un effet. Mais existe-t-il des relations nécessaires ? Il y avait certes les relations logiques de connues, qui exprimaient des relations nécessaires entre des idées ou

des propositions. Mais les relations causales ne sont pas des relations logiques. La question se pose alors de savoir comment une relation causale, qui n'est pas de nature logique, peut être une relation nécessaire. C'est dire que l'analyse conceptuelle faite par Hume de la notion de causalité débouchait directement sur une analyse épistémologique.

Hume pose donc la question de l'origine de l'idée d'une connexion nécessaire entre cause et effet. Pouvons-nous faire l'expérience d'une connexion nécessaire entre des faits ou des événements ? La réponse de Hume est négative : on ne peut faire l'expérience que d'une conjonction constante (et non pas nécessaire) entre des faits ou des événements². Bref, pour Hume, la notion de causalité ne peut provenir de l'expérience, car elle comporte l'idée de relation nécessaire, et l'expérience ne livre que du contingent. Adoptant un point de vue empiriste qui professe que les notions qui ont droit de cité en science sont des notions qui proviennent de l'expérience, Hume en vint à un verdict négatif sur la notion de causalité : elle relève plus d'une habitude de penser qu'elle ne se fonde sur ce que nous observons. À la suite de Hume, on trouva la notion de cause suspecte du point de vue épistémologique, tant et si bien qu'elle devint considérée comme n'étant pas fondée sur l'expérience.

À cette critique d'ordre épistémologique s'en ajouta une seconde, voulant qu'elle soit une notion imprécise. Cette critique s'avéra tout aussi importante (sinon plus) que la première, eu égard à l'exigence pour la science d'employer des notions bien définies.

Soit un événement A qui cause un événement B . Selon la conception traditionnelle, on a l'idée que A entraîne nécessairement B si A est réalisé. Par ailleurs, les causes ne produisent des effets que sous certaines conditions et ces conditions doivent être données pour que la chaîne causale ait lieu. Ce qui s'exprime par le schéma :

{ A , sous certaines conditions $C_1, C_2, C_3, \dots$ } cause B .

Le premier volet de la critique consiste à dire qu'on ne connaît jamais la liste exhaustive de toutes les conditions sous lesquelles certaines causes ont certains effets. Donc la « cause entière », incluant toutes ses conditions d'effectivité, n'est jamais complètement connue. Le second volet consiste à dire que la distinction entre la cause A et ses conditions d'applications $C_1, C_2, C_3, \dots$ est arbitraire. On pourrait tout aussi bien dire qu'une condition C_1 , lorsque A, C_2 et C_3 , sont donnés,

cause l'événement B . Sur quels critères s'appuie-t-on pour attribuer le facteur causal à l'événement A plutôt qu'à C_1 ? Ce sont des critères d'ordre contextuel, pragmatique. Ce qui est relativement invariant, ce qu'on peut présupposer, ce qui est implicite, se range généralement dans les conditions ; tout dépend aussi des connaissances de chacun impliqué dans l'explication. Du point de vue théorique, il n'existe aucun critère précis, non contextuel, permettant de différencier une cause de ses conditions de réalisation : le concept de cause a certes des vertus pragmatiques, mais elle n'est pas un concept bien défini.

Voilà pour la critique provenant de la philosophie. Qu'en était-il alors de la notion de causalité en science ? Si elle n'apparaissait pas comme telle en mécanique classique, elle avait cependant son représentant dans la notion de force. La seconde loi de Newton $f = ma$ indiquait que les mouvements accélérés des points de masse étaient causés par l'action d'une force extérieure. De même la notion de force gravitationnelle, qui en outre était d'emblée suspecte aux yeux de Newton lui-même, puisqu'elle était une action à distance.

Les forces attractives et répulsives de la mécanique classique possédaient toutes la caractéristique d'être inobservables : ce que l'on observe et mesure directement, ce sont uniquement les positions des points de masse. Dans les termes de Heinrich Hertz :

On ne peut nier que dans un grand nombre de cas, les forces que la mécanique fait intervenir pour traiter des problèmes physiques fonctionnent comme des roues tournant à vide, qui ne sont d'aucune efficacité lorsqu'il s'agit de décrire les faits réels. [...] [En mécanique céleste] les forces gravitationnelles n'ont jamais été objet d'expérience immédiate. Toutes nos expériences passées se rapportent uniquement à la position apparente des étoiles. Nous ne nous attendons pas non plus à pouvoir un jour observer ces forces ; ce à quoi nous nous attendons des expériences futures se rapporte encore une fois à la position des points brillants dans le ciel qui sont la façon dont les astres nous apparaissent. Ce n'est que dans la déduction des observations futures à partir des observations passées que les forces gravitationnelles entrent provisoirement en jeu en tant que valeurs auxiliaires, pour ensuite disparaître de nos considérations³.

Un autre physicien de renom, Ernst Mach, soutenait à la même époque que la notion commune n'avait plus sa place dans les sciences développées, c'est-à-dire mathématisées, y étant avantageusement

relayée par celle d'*association fonctionnelle*. Puisqu'on n'a pas vraiment de critère pour distinguer A des conditions C_1, C_2, C_3 comme facteur causal, pourquoi ne pas dire : B est fonction de $\{A, C_1, C_2, C_3\}$, ou encore :

$$Y_B = f(X_A, X_1, X_2, X_3).$$

C'est ce qu'on fait dans les sciences « quantitatives », où l'on dit alors qu'on peut déterminer la valeur de Y_B de B sur la base des valeurs X_A, X_2, X_3, X_4 à l'aide de la fonction f . La notion mathématique de fonction ou d'association fonctionnelle vient donc avantageusement relayer la notion de cause, que Mach relègue aux sciences inférieures et au sens commun. Mach sera d'ailleurs l'un des ténors les plus importants du descriptivisme de son époque. Faisant sienne l'idée formulée par le grand physicien de Berlin, Gustav Kirchhoff, il soutiendra que le but de la science n'est pas d'expliquer, mais de donner une description la plus simple et la plus complète des faits, sous l'égide épistémologique du principe d'économie de la pensée.

Exposition du modèle

On peut à bon droit considérer le modèle logique d'explication scientifique élaboré par Carl Hempel à la fin des années 1940 comme une tentative de réhabilitation du concept d'explication scientifique. Cette notion avait été mise en veilleuse par la majorité des savants au début du siècle en raison du fait qu'ils n'avaient à leur disposition qu'un modèle causal d'explication scientifique et que la notion de cause, de même que la notion apparentée de force en mécanique classique, étaient en proie à de sérieuses difficultés. Dans un article écrit en collaboration avec Paul Oppenheim, Hempel définit une notion précise d'explication scientifique d'un fait qui évite tout recours à la notion problématique de causalité, tout en s'imbriquant dans le modèle empiriste standard des théories scientifiques⁴. Les composantes essentielles de ce modèle sont qu'une explication scientifique a) possède la même structure qu'un argument déductif et b) fait appel à des lois empiriques (elle comporte des énoncés nomologiques, c'est-à-dire qui ont caractère de loi). Le modèle est connu sous le nom de modèle déductif-nomologique, et il était déjà présent *in ovo* dans la *Logique de la découverte scientifique* de Popper.

Une explication scientifique a la forme logique suivante :

$$\begin{array}{rcl}
 L_1, L_2, L_3, \dots, L_m & & \textit{Explanans} \\
 C_1, C_2, C_3, \dots, C_n & & \\
 \hline
 E & & \textit{Explanandum}
 \end{array}$$

Ce modèle empiriste logique d'explication en science affirme l'isomorphisme des explications scientifiques et des arguments déductifs. Une explication comporte minimalement un *explanans* (l'« expliquant ») et un *explanandum* (le « devant être expliqué »). Plus précisément, une explication est un argument déductif dont les prémisses sont l'*explanans* et la conclusion, l'*explanandum*. En plus, l'argument possède les quatre caractéristiques suivantes :

1. L'*explanandum* est une conséquence logique de l'*explanans*. C'est dire que l'état de choses décrit par l'*explanandum* est nécessairement réalisé (est nécessairement vrai) si l'état de choses décrit par les prémisses est réalisé (est vrai). Cette caractéristique fait du modèle un modèle déductif.
2. L'*explanans* doit contenir des énoncés nomologiques, c'est-à-dire des énoncés qui ont caractère de lois. $L_1, L_2, \dots$ représentent ces énoncés nomologiques, alors que $C_1, C_2, \dots$ représentent des énoncés qui expriment des conditions initiales. Cette caractéristique fait du modèle un modèle nomologique.
3. L'*explanans* doit avoir un contenu empirique. C'est dire que la réalisation ou la non réalisation des prémisses peut être vérifiée empiriquement. En ce qui concerne les lois, la vérification empirique peut cependant être partielle et indirecte. Cette caractéristique fait du modèle un modèle empiriste.
4. Les prémisses constituant l'*explanans* doivent être vraies. Cela est une propriété générale des arguments déductifs. Si une des prémisses n'est pas empiriquement réalisée, alors il n'y a aucune nécessité à la réalisation empirique de l'énoncé représentant la conclusion. Cette caractéristique fait que le modèle d'explication est plus fort qu'un modèle de confirmation (où l'on exigerait des prémisses qu'elles soient confirmées plutôt

que vraies). Elle fait également que toutes les explications sont hypothétiques.

Le modèle face aux critiques

Ce modèle, abrégé sous le vocable modèle D-N, a été critiqué de parts et d'autres. À l'exception près de la première (pour les théories du premier ordre, nous avons une notion satisfaisante de conséquence logique), chacune des conditions soulève des problèmes. La question de savoir ce qu'est une généralisation qui a caractère de loi (la seconde condition) par rapport à une simple généralisation est une question non résolue. Elle comporte la question épineuse de savoir si le nomologique fait essentiellement appel à une notion de nécessité non verbale, ce qui serait très litigieux. La troisième condition assure que le modèle est un modèle empiriste et vise, intuitivement, à interdire les explications purement verbales, qui expliqueraient, par exemple, le célibat de Pierre par le fait que Pierre ne soit pas marié ; l'*explanans* n'aurait qu'à utiliser l'énoncé analytique (sans contenu factuel) : « Tout célibataire n'est pas marié. » Mais la notion d'analyticité est controversée, de même qu'il n'existe pas de consensus sur ce qu'est exactement le contenu factuel d'un énoncé ou d'une théorie. Enfin, la quatrième condition mettant en jeu la notion de vérité hérite de tous les débats qui entourent notion vérité comme correspondance aux faits. C'est dire qu'en vertu de nombre de questions irrésolues que soulèvent ces conditions, on ne peut aucunement considérer comme accomplie la mission du modèle qui était de livrer une notion précise de ce que constitue une explication scientifique d'un fait.

Dans un autre ordre d'idées, on a critiqué la valeur descriptive du modèle *D-N* en alléguant qu'il ne correspond pas aux explications telles qu'on les retrouve dans les manuels et la littérature scientifique. Mais cette critique porte à faux, car le modèle a le même statut que le modèle empiriste standard des théories scientifiques : il s'agit d'une reconstruction logique. Hempel ne prétend pas décrire les explications tel qu'elles sont formulées dans la littérature scientifique ; la prétention est qu'on peut reconstruire ces explications en tant qu'arguments déductifs possédant les caractéristiques formelles décrites par le modèle.

Le modèle $D-N$ affirme donc l'isomorphisme entre prédiction et explication, la différence étant d'ordre strictement pragmatique. Dans le contexte où le phénomène E est considéré comme donné, la recherche de l'*explanans* représente la recherche d'une explication de E . Dans le cas inverse où les lois et les conditions initiales sont données, la recherche d'un E représente la recherche d'un fait prédit. Dans le cas où le fait ou phénomène prédit est un phénomène passé, on parle de rétrodiction et il n'y a aucun problème à ce que des théories déterministes (comme le sont celles qu'envisage le modèle déductif) « rétrodisent » le passé. Certains auteurs ont invoqué à tort l'asymétrie temporelle du lien de causalité (les effets ne peuvent précéder leurs causes) pour critiquer le modèle. Il faut garder à l'esprit que le modèle logique n'est justement pas un modèle causal d'explication scientifique. Mais il est bel et bien un modèle d'explication et il doit répondre aux objections qui invoquent l'asymétrie de l'explication : on ne peut expliquer à la fois A par B et B par A .

Prenons l'exemple simplifié de deux faits, le décalage vers le rouge observé en astronomie (noté F_R), et l'expansion de l'univers (noté F_E). Utilisant L_D pour dénoter la loi de Doppler, la situation simplifiée est la suivante :

$$L_D \vdash F_R \equiv F_E$$

L'effet Doppler nous dit qu'on observera le décalage vers le rouge, si et seulement si les sources lumineuses s'éloignent de nous (l'univers est en expansion). Par la définition de l'équivalence en tant que double implication, on obtient : $L_D \vdash (F_R \supset F_E) \wedge (F_E \supset F_R)$. C'est dire qu'on a $L_D \vdash (F_R \supset F_E)$ et $L_D \vdash (F_E \supset F_R)$. Par un autre théorème élémentaire de logique, on obtient :

$$\{L_D \wedge F_R\} \vdash F_E;$$

$$\{L_D \wedge F_E\} \vdash F_R.$$

Voilà qu'en supposant l'effet Doppler, on peut autant expliquer l'expansion de l'univers par le décalage vers le rouge, que le décalage vers le rouge par l'expansion de l'univers. Mais la critique voulant que nous soyons en présence d'une explication circulaire (comme le serait d'ailleurs toute explication d'une équivalence) ne tient pas : ce n'est pas F_R seul qui explique F_E , comme ce n'est pas F_E seul qui explique F_R . On pourrait aussi opiner que le fait que le phénomène du décalage

vers le rouge entre dans l'explication de l'expansion de l'univers, va à l'encontre de ce que l'on entend usuellement par le mot explication. Mais ce serait oublier que l'expansion de l'univers fait ici figure de phénomène au même titre que le décalage vers le rouge.

Un autre exemple bien connu est celle du poteau et de l'ombre qu'il fait sur la pelouse. À l'aide de certaines suppositions d'ordre géométrique, on peut déterminer la longueur l de l'ombre par la hauteur h du poteau, l'angle α du soleil et la loi qui énonce que la lumière se propage en ligne droite. Mais on peut tout aussi bien déterminer la hauteur du poteau sur la base de la longueur de l'ombre et des autres informations. Est-ce à dire que la longueur de l'ombre explique tout aussi bien la hauteur du poteau, que la hauteur du poteau explique la longueur de l'ombre ? On retrouve ici la même critique voulant que le premier cas ne recouvre pas l'interprétation usuelle du mot explication. Il faut dire que le mot explication est riche de connotations et que Hempel précise bien que le sens que le modèle entend rendre est celui d'une réponse à une question de type « Pourquoi ? » (*An answer to a why-question*). Pourquoi est-ce que le poteau est de telle longueur ? Parce que l'ombre est de telle longueur. Le malaise (si malaise il y a) provient du fait qu'on pense la relation entre le poteau et l'ombre en termes communs de causalité alors que le modèle invite à éviter la notion de causalité.

Sans mettre en cause les aspects logiques de l'explication en science, ces exemples illustrent bien la teneur pragmatique de la notion intuitive d'explication que le modèle $D-N$ tente de préciser. Or ce modèle ne contient aucune composante pragmatique, du genre : qui explique à qui, où et quand ? Sans l'ajout de telles composantes, le modèle demeure en fait un modèle de description structurale. Les exemples ci-dessus ne soulèvent aucune difficulté si l'on considère que l'explication d'un fait concret se résorbe dans la donnée de la structure d'un système concret dans lequel ce fait peut être déterminé de façon univoque. C'est dire que la donnée de l'explication et la donnée de la structure se recouvrent, de sorte que le descriptivisme en science reprend tous ses droits.

La réduction en science

On peut généraliser le modèle logique de l'explication d'un fait à celui de l'explication d'une théorie. Cette problématique est connue sous le nom de *réduction théorique*. Plutôt que d'envisager le schéma :

$$\{ \textit{Théorie} \wedge \textit{Conditions} \} \vdash \textit{Fait}$$

On considère la dérivation d'une théorie particulière T_p sur la base d'une théorie plus générale T_g :

$$\{ T_g \wedge \textit{Conditions} \} \vdash T_p$$

On dit alors que la théorie T_p se réduit à un cas particulier de la théorie T_g , ou encore que T_g explique T_p . Cette généralisation du modèle d'explication en un modèle de réduction théorique n'est pas le fait de Hempel : elle fut principalement élaborée par Ernest Nagel et Wesley Salmon⁵. On dira, par exemple, que la thermodynamique se réduit à la mécanique statistique. De façon analogue, on dira que sous certaines conditions (par exemple, lorsque les vitesses envisagées sont négligeables par rapport à la vitesse de la lumière), les transformations de Lorentz (qui sont le groupe d'invariance de la théorie restreinte de la relativité) donnent les équations galiléennes (qui sont l'invariance de la mécanique classique). La notion de réduction théorique provient de la physique et non de la philosophie de la physique. Elle est de toute première importance, car elle implique non seulement celle de progrès, mais aussi celle d'unité. Elle recèle l'objectif, voire : l'impératif, d'unification des théories physiques. Si l'on choisit de parler autant d'explication des théories que d'explication des faits en physique, on peut soutenir qu'à ce niveau, l'unification tient lieu d'explication⁶.

La problématique de la réduction résiste cependant à une approche purement logique, dans la mesure où l'approximation est un concept qui est plus chez soi en mathématique qu'en logique (une notion satisfaisante d'*implication logique approximative* demeure encore à élucider). S'en tenir à une approche logique semblerait de plus exiger une interprétation purement syntaxique de la notion d'implication, en raison de la disparité conceptuelle des théories physiques mises en cause.

On pourrait donc penser qu'un modèle strictement mathématique soit une avenue idoine de solution. Dans le célèbre ouvrage *Gravitation* de Misner, Thorne et Wheeler (1973, §17.4), les auteurs

s'expriment ainsi sur la relation qui peut exister entre des théories qui se sont remplacées dans le temps :

[...] Au fur à mesure que la physique se développe et prend de l'expansion, son unité est maintenue par un réseau de principes de correspondance par lesquels des théories plus simples maintiennent leur vitalité au moyen de liens établis avec des théories plus exactes mais plus sophistiquées.

Les auteurs poursuivent en affirmant que cette réduction s'établit sur le plan de la mathématique :

La correspondance entre la nouvelle théorie et celle qui la précède nous permet de recouvrer l'ancienne théorie et elle peut être établie de façon directe à l'aide des mathématiques.

C'est dans ces lignes que poursuit Scheibe, qui souligne la diversité fonctionnelle des théories en physique⁷. Certaines théories ont pour objectif de recouvrir des faits, d'autres permettent de recouvrer des théories, et d'autres sont élaborées dans l'unique but d'opérer une telle réduction. Soulignons que la réduction n'implique pas que du mathématisme : elle nécessite une théorie physique à part entière.

Notons que sur le plan mathématique, le problème de circularité ne peut plus se poser. Ce peut être une question de mathématique de dériver approximativement les équations Newton de celles d'Einstein, mais sûrement pas l'inverse. L'asymétrie de la réduction offre ainsi une voie pour penser (localement) la notion de progrès en science, laquelle sera au cœur de l'approche initiale de Popper en méthodologie des sciences.

Notes du chapitre 2

1. Voir Leroux, J., 2010, vol. 1, chap. 2, en particulier p. 58-59.
2. Outre la notion de conjonction constante, la notion de causalité chez Hume comporte aussi celles de succession temporelle et de contiguïté spatiale, dont nous faisons ici abstraction.
3. Hertz, H., 1894, 14.
4. Voir Hempel, C., 1948, repris in 1965a.
5. Voir Nagel, E., 1961 et Salmon, W., 1998.
6. Une théorie représente déjà une unification des faits. Ernst Mach utilisait les expressions sans doute maladroites de résumé ou de condensé des faits.
7. Voir Scheibe, E., 1995.

Chapitre 3

Le rationalisme critique. Karl Popper (1902-1994)

Méthode et rationalité

Karl Raimund Popper est né à Vienne où il y fit des études en mathématiques, en physique et en philosophie. Il assista aux cours de Hans Hahn, de Moritz Schlick, et du psychologue Karl Bühler, sous la direction duquel il rédigea sa thèse doctorale sur la méthodologie de la psychologie cognitive¹. Par la suite, il entra en contact avec les membres du Cercle de Schlick par l'entremise de Heinrich Gomperz². C'est à cette époque qu'il rédigea son œuvre maîtresse, *Logik der Forschung* (La logique de la recherche), parue à Vienne en 1934 dans la collection dirigée par Moritz Schlick et Philip Frank³. La montée du nazisme força Popper à émigrer en Nouvelle-Zélande en 1937. C'est là qu'il rédigea ses deux ouvrages en philosophie sociale, *La société ouverte et ses ennemis* et *Misère de l'historicisme*. À la fin de la guerre, il revint à Londres (où il avait séjourné en 1935-36) et obtint une chaire de logique et de méthodologie scientifique au London School of Economics, poste qu'il occupa jusqu'à la fin de sa carrière⁴.

Parmi les auteurs que nous traiterons ultérieurement, Paul Feyerabend et Imre Lakatos proviennent des rangs du rationalisme critique,

bien qu'ils prendront tôt leurs distances par rapport à Popper. Gaston Bachelard et Thomas Kuhn ont développé leurs idées indépendamment de Popper. À l'instar du Cercle de Vienne et comparativement à ces auteurs, Popper a peu utilisé l'histoire des sciences pour étayer ses conceptions épistémologiques.

Popper propose une méthodologie des sciences qui veut correspondre à ce qu'il perçoit être le caractère essentiellement critique de cette discipline et qui s'appuie elle-même sur une théorie de la rationalité. Un de ses objectifs principaux est d'établir un critère de « démarcation » qui puisse faire le départ entre une discipline qui est scientifique et une discipline qui ne l'est pas. Le Popper de la *LdF* estime pouvoir baser le critère de démarcation sur la notion de *falsifiabilité* ou, préférentiellement, de *réfutabilité*. Ce n'est qu'ultérieurement (dans *Conjectures et réfutations*) qu'il intégrera la notion de progrès dans son critère de démarcation.

C'est dans l'article « Des sources de la connaissance et de l'ignorance » (qui est en introduction à l'ouvrage *Conjectures et réfutations*) que nous allons aborder les bases de la théorie poppérienne de la rationalité. Popper y fait l'histoire de ce qu'il considère être un grand mouvement d'émancipation épistémologique initié avec la Renaissance. Ce mouvement fut porté par l'idée que chaque individu est capable de discerner le vrai du faux et d'accéder à la connaissance par ses propres moyens. Invoquant respectivement la faculté des sens ou les pouvoirs de la raison comme faculté cognitive fondamentale, les grands courants épistémologiques classiques participèrent d'un même optimisme qui affirmait la possibilité pour chaque individu d'accéder à la connaissance et de critiquer en la matière toute institution ou toute autorité, qu'elle soit d'ordre étatique ou religieux. Popper ajoute que ce mouvement d'émancipation épistémologique fut également propice à l'émergence des valeurs que sont les droits de la personne et la liberté d'opinion.

Cet optimisme épistémologique n'eut toutefois pas uniquement des conséquences bénéfiques en raison de la conception de la vérité qui lui était inhérente. Cette conception, que Popper appelle la *théorie de la vérité manifeste*, tient que la vérité se dévoile sur le mode de l'évidence, qu'elle s'impose à tous avec le caractère de l'évidence lorsqu'elle est dévoilée. Mais si la vérité est manifeste, elle devrait s'imposer à quiconque possède ses sens et sa raison. Comment alors expliquer

qu'elle ne soit pas partagée de tous ? Dans cette optique, l'ignorance de la vérité peut uniquement être comprise comme un refus de se rendre à l'évidence, comme un processus de voilement, conscient ou inconscient, de ce qui se dévoile. L'envers de la médaille à l'idée que la vérité soit manifeste, à savoir que l'ignorance relève de la mauvaise foi, eut selon Popper des conséquences néfastes reliées au fanatisme et à ce qu'on appellerait ailleurs l'idéologie.

À l'opposé de la théorie manifeste de la vérité, Popper part du principe que l'homme fait des erreurs. L'homme est un animal confus et ses théories de la rationalité, ses théories politiques, ses théories scientifiques sont des tentatives confuses de venir à bout de sa confusion. Le faillibilisme, théorie de la rationalité à saveur socratique, appellera donc une méthodologie de la recherche de l'erreur et de la poursuite de son élimination.

Plutôt que de partir du principe qu'on peut connaître la vérité, partons de celui qu'on peut reconnaître l'erreur, qu'on peut l'admettre, et qu'on peut tenter de l'éliminer. Une connaissance critique peut s'appuyer uniquement sur ces trois idées. Il s'agira dès lors d'élaborer une méthode qui garantisse l'aspect critique de nos connaissances et qui en constitue du même coup le caractère scientifique. La théorie poppérienne de la rationalité se présente donc sous l'étiquette du *faillibilisme* et sa méthodologie, sous la bannière de la réfutabilité. L'esprit critique de la science consiste à utiliser une théorie jusqu'à preuve du contraire, avec présomption du contraire. L'idée peut paraître en soi étrange, puisque ceux qui se donnent la peine d'avancer des théories scientifiques présumant qu'ils ont raison.

Popper approche la notion de scientificité par le biais d'une théorie de la méthode qui puisse solutionner le problème de la démarcation entre science et non science. Il ajoute que sa solution est la clé de la plupart des grands problèmes de la philosophie des sciences⁵. Qu'a-t-on à gagner d'un critère de démarcation ? Premièrement, une détermination du concept de scientificité et, en second lieu, une méthode dans l'évaluation critique des théories scientifiques. De plus, en proposant le critère de réfutabilité comme critère de démarcation, Popper voudra à la fois apporter une solution au problème de l'induction et s'opposer à toute forme d'empirisme qui promulgue une méthodologie scientifique d'allégeance inductiviste.

Du point de vue de l'empirisme logique, le critère de démarcation de Popper aura ceci d'intéressant qu'il propose une caractérisation de la science empirique tout en se voulant être une critique de l'empirisme logique. Notons que Popper tente d'attaquer d'un seul front deux notions distinctes que sont la question de la teneur empirique d'une théorie et celle de son aspect critique. Il y a une certaine confusion reliée au projet de Popper, qui est à la fois d'exclure du domaine de la science les théories qui ne sont pas sujettes à une mise à l'épreuve empirique, et d'exclure les théories (empiriques ou non) qui sont imperméables à la critique.

Les théories que vise Popper dans le dernier cas sont la psychanalyse freudienne et le marxisme, auxquelles il dénie le statut de science. Il reproche à ces théories de comporter des « stratégies conventionnalistes » leur permettant de se soustraire à toute critique. Ces théories offrent pour Popper l'exemple des conséquences néfastes de la théorie de la conspiration de l'ignorance, car elles comportent comme partie intégrante une explication du fait que la critique, soit par ses dispositions sexuelles ou son statut socio-économique, résiste à reconnaître leur vérité.

En proposant le critère de réfutabilité comme critère de démarcation, Popper tente de récuser toute théorie qui n'est pas sujette à une épreuve expérimentale (à l'aide d'une notion formelle de réfutabilité) et toute théorie qui comporte des stratagèmes d'immunisation à la critique (à l'aide d'une notion méthodologique de réfutabilité). Il s'avère cependant que si la notion méthodologique de réfutabilité importe au problème de l'évaluation des théories scientifiques, la notion formelle, elle, est relativement inopérante. Par ailleurs, la notion méthodologique, que nous analyserons ci-dessous, n'est pas à même de fournir une détermination du concept de scientificité.

La réfutabilité des théories scientifiques

La notion formelle

Dans l'acception formelle du terme, une théorie est réfutable si elle possède des énoncés de base qui peuvent servir à sa réfutation et une structure déductive reliant ces postulats aux énoncés de base. En ce sens, la réfutabilité d'une théorie est une propriété structurelle du

langage des théories scientifiques (puisque c'est uniquement d'énoncés dont on peut prédiquer la vérité ou la fausseté). Sous cet aspect, Popper se situe sur le même plan que l'empirisme logique. La notion formelle de réfutabilité est une notion déductive. Elle repose sur la relation logique existant entre les lois ou les postulats théoriques d'une théorie et les énoncés de base qui peuvent servir à une réfutation. Dénотons par T l'ensemble des postulats théoriques d'une théorie donnée et par O un tel résultat expérimental accepté comme « falsificateur potentiel ». Utilisant le signe métalogue $\vdash$ pour noter la relation logique de dérivabilité, on peut représenter sur le plan logique la réfutation de T par O par l'inférence déductive qui porte le nom de *modus tollens* :

$$\{ T \supset O, \neg O \} \vdash \neg T.$$

Dans le cadre de la logique des prédicats du premier ordre, on peut se représenter une loi scientifique en tant qu'énoncé universel (dont la forme la plus simple serait $\forall xPx$), et un résultat observationnel en tant qu'énoncé singulier (dont la forme la plus simple serait Pa). La réfutation du postulat théorique par un résultat expérimental prend alors la forme suivante :

$$\{ \forall xPx, \neg Pa \} \vdash \neg \forall xPx$$

De façon analogue, on peut concevoir le processus de confirmation d'une théorie sur le mode des schémas $\{ T \supset O, O \} \vdash T$ ou $\{ Pa_1, Pa_2, Pa_3, \dots, Pa_n \} \vdash \forall xPx$, qui constituent des formes typiques d'inférence déductive non valide.

Popper propose une logique des sciences à caractère strictement déductif en frappant d'interdit toute problématique de la confirmation ainsi que toute mise à contribution épistémologique d'un concept logique de probabilité qui pourrait être utilisé comme degré de confirmation. Il aimera répéter que le calcul des probabilités n'a pas sa place en philosophie des sciences et qu'en ce qui touche la notion de probabilité logique qui intéresse tant les empiristes logiques, toutes les théories scientifiques ont le degré zéro de probabilité⁶. En ce qui touche la notion de probabilité *en science*, il mettra de l'avant la notion de *propension* que l'on passera sous silence, sinon pour dire qu'elle est l'objet de sérieuses critiques⁷.

Reprenant le thème de l'asymétrie de la confirmation et de la réfutation, Popper prétend ainsi résoudre par la négative le problème de l'induction associé au nom de David Hume⁸. Il n'est pas inutile de

rappeler que le problème de l'induction (que Hume a mal dissocié du problème de la causalité) ne porte pas sur la question de savoir s'il existe des inférences inductives, mais sur celle de savoir si elles sont justifiées. Donnons le schéma de deux formes d'inférence inductives qui étaient connues du temps de Hume :

$$\begin{aligned} & - Pa_1 \wedge Pa_2 \wedge Pa_3 \wedge \dots \wedge Pa_n \mid\text{--}_{\text{inductif}} P(a_{n+1}) \\ & - Pa_1 \wedge Pa_2 \wedge Pa_3 \wedge \dots \wedge Pa_n \mid\text{--}_{\text{inductif}} \forall x(Px). \end{aligned}$$

Notons en passant que la caractérisation scolaire du raisonnement inductif en tant que passage du singulier (ou du particulier) au général est fautive, comme le montre bien la première forme d'inférence ci-dessus.

L'analyse que fait Hume du raisonnement inductif est en tout point conforme à celle qu'en fait la logique moderne : les raisonnements inductifs sont exactement ceux qui augmentent le contenu (on dirait aujourd'hui : où il y a des modèles des prémisses qui ne sont pas des modèles de la conclusion). Quant au verdict de Hume, il est bien connu : seules les inférences qui n'augmentent pas le contenu, c'est-à-dire les inférences valides, sont la base de croyances justifiées. Notons que le problème de l'induction au sens de Hume ne se pose pas pour les mathématiques. Il y a évidemment beaucoup d'induction en mathématique et en logique. Déjà au niveau des concepts, on a qu'à penser à la définition usuelle des nombres naturels due à Peano qui comporte un principe d'induction :

$$\forall P[P(0) \wedge \forall x((P(x) \supset P(x+1))) \mid\text{--} \forall x(Px)].$$

Les preuves par induction sur les nombres naturels sont valides justement en raison du fait qu'elles portent sur des entités formelles définies par un principe de récurrence – ce que les objets empiriques ne sont pas. Notons aussi que dans des preuves de la forme $P(0) \wedge \forall x((P(x) \supset P(x+1))) \mid\text{--} \forall x(Px)$, la seconde prémisse est déjà un énoncé universel. Or dans l'analyse que fait Hume de la notion d'universalité, celle-ci ne peut tirer son origine de l'expérience : l'expérience ne livre que du singulier ou du particulier, jamais de l'universel⁹. C'est dire que le problème soulevé par Hume ne ferait surface que dans le contexte où un raisonnement par induction porterait sur des objets empiriques, puisque la croyance en la seconde prémisse est déjà en mal de justification. Quoi qu'il en soit, dans le contexte de la justification où il situe

sa méthodologie, Popper a beau jeu de déclarer toute procédure inductive non valide et non avenue, mais il peut difficilement proclamer avoir résolu quoi que ce soit.

Dans la mesure où le critère poppérien de démarcation s'identifie à la notion formelle de réfutabilité, ce critère est pour ainsi dire mort-né en raison des considérations que Pierre Duhem avait déjà élaborées concernant la mise à l'épreuve empirique des hypothèses en science¹⁰. Duhem avait souligné comment l'interconnexion logique des hypothèses en science rendait impossible la mise à l'épreuve d'une hypothèse théorique prise isolément. Si on note par T l'hypothèse théorique qui doit faire l'objet d'un test expérimental et par H_A l'ensemble des hypothèses auxiliaires qui sont nécessaires pour que cette hypothèse mène à des prédictions observationnelles O , la thèse de Duhem nous force à remplacer le schéma logique $\{ T \supset O, \neg O \} \vdash \neg T$ par le schéma :

$$\{ (T \wedge H_A) \supset O, \neg O \} \vdash \neg (T \wedge H_A)$$

L'équivalence logique des formes d'énoncé $\neg(T \wedge H_A)$ et $(\neg T \vee \neg H_A)$ indique bien qu'il n'y a aucune raison logique à considérer, dans le cas d'un résultat expérimental négatif, que c'est l'hypothèse théorique visée et non pas les hypothèses auxiliaires qui ont été réfutées. Le schéma révisé de la notion formelle de réfutabilité, de même que le fait que les multiples hypothèses d'une théorie donnée forment une structure de réseau, démontrent en outre qu'il est toujours possible d'immuniser une hypothèse théorique face à un verdict expérimental négatif et que, à la limite, toutes les hypothèses d'une théorie scientifique devraient être considérées comme réfutées *en bloc*, si telle chose existe.

Cette forme de holisme défendue par Duhem possède des aspects méthodologiques auxquels nous reviendrons bientôt. Pour demeurer sur le plan strictement formel, notons que seuls les énoncés qui ont la forme logique d'un énoncé universel sont réfutables au sens formel du terme. Donc tous les énoncés de la science qui ont la forme logique d'un énoncé existentiel (par exemple, ceux qui affirment l'existence d'une propriété physique ou d'une entité physique) ne répondent pas au critère de démarcation et doivent conséquemment être considérés comme non scientifiques.

Faisons le point sur la notion formelle de réfutabilité en tant que critère de démarcation entre science et nescience. Indépendamment du fait que ce critère présuppose une notion particulière de *théorie* (considérée comme *ensemble d'énoncés*) qui a fait l'objet de maintes critiques, vouloir juger de la scientificité d'une théorie sur la base exclusive de sa structure syntaxique nous ramène aux excès du Cercle de Vienne dans sa phase radicale. De plus, une telle approche syntaxique s'avère inadéquate quant au second volet de la question, qui est celle du caractère empirique ou de l'empiricité des théories envisagées par Popper. Dans l'optique d'une approche formelle, l'empiricité d'une théorie réside dans le mode d'interprétation dont elle est pourvue et représente donc une notion essentiellement sémantique. Popper a d'ailleurs lui-même convenu de l'insuffisance de l'approche formelle. Faisant allusion à la solution qu'il proposait au problème de la démarcation en 1934, Popper écrit dans *La connaissance objective* :

J'ai vite pris conscience que le problème de la démarcation et ma solution [...] restaient un peu formels et irréalistes : qu'on pouvait toujours éviter les réfutations empiriques. Il était toujours possible « d'immuniser » n'importe quelle théorie contre la critique¹¹.

Popper avance donc en retour une notion méthodologique de falsification :

C'est ainsi que je fus conduit à l'idée de règles méthodologiques et à celle de l'importance fondamentale d'une démarche critique ; à savoir d'une démarche qui évite la stratégie d'immunisation de nos théories contre la réfutation¹².

On perçoit déjà que cette méthodologie sera aux prises avec tout ce qui s'appelle conventionnalisme en science.

La notion méthodologique

La notion de réfutabilité comporte des aspects méthodologiques qui débordent la dimension purement formelle et qui lui sont essentiels. Elle consiste à concevoir la réfutabilité empirique non pas comme une propriété inhérente aux théories scientifiques, mais comme le résultat d'une méthodologie qui consiste à les rendre réfutables. C'est dire que les théories scientifiques ne sont pas réfutables en soi (ce qui revient à déclarer la faillite de la notion formelle), mais qu'il y va de la

sauvegarde de la dimension critique de la science de développer une méthodologie scientifique qui les rende réfutables.

Nous avons vu plus haut que dans le cas de l'incompatibilité d'une hypothèse théorique $\forall xPx$ avec un résultat expérimental $\neg Pa$, il n'y a rien, sur le plan strictement logique, qui force le théoricien à abandonner la théorie plutôt que le résultat expérimental. La logique déductive nous enseigne aussi que :

$$\{ \forall xPx, \neg Pa \} \vdash \neg \neg Pa$$

C'est dire qu'il n'y a aucune raison d'ordre logique à abandonner la théorie plutôt que le résultat expérimental négatif. La motivation ne peut provenir que d'une décision ou d'une volonté, d'ordre méthodologique, de faire prévaloir le résultat expérimental $\neg Pa$ sur l'hypothèse théorique $\forall xPx$.

Quels seraient les arguments d'ordre méthodologique ou épistémologique qui indiqueraient que la théorie doit être considérée comme étant réfutée ?

Notons d'abord que seul un positivisme anachronique pourrait accorder une priorité épistémique aux faits d'expérience, car ceux-ci participent du caractère hypothétique de la théorie. La notion d'expérience contrôlée implique le plus souvent la mise en œuvre de théories (qui ont le statut d'hypothèses) dans le processus même d'expérimentation. Nous aurons plus tard à discuter la prégnance théorique [*theory-ladenness*] des résultats d'observations. Cette notion, mise de l'avant par Feyerabend, mais connue de tous dans sa teneur intuitive, recouvre l'idée que l'observation scientifique ne gagne sa signification qu'à la lumière d'un éclairage théorique. Dans son langage typique, Bachelard disait des instruments modernes de mesure qu'ils étaient des « théories matérialisées ». Car le même argument peut être apporté en ce qui concerne la mesure¹³. Les résultats expérimentaux sont obtenus à l'aide de méthodes de mesure qui présupposent le plus souvent la validité de certaines théories, de sorte que le statut hypothétique de ces dernières s'en trouve retransmis aux résultats expérimentaux obtenus – et leur statut empirique, remis en question¹⁴.

Notons également l'exigence de reproductibilité pour tout résultat expérimental significatif (y compris la fusion à froid). À plus forte raison, seuls les résultats expérimentaux reproductibles pourraient agir

comme instances de réfutation¹⁵. Or l'exigence de reproductibilité implique un principe inductif qui va à l'encontre de toute prétention à une méthodologie purement déductive pour la science. Qui refuse tout principe inductif pourrait choisir de considérer l'exigence de la reproductibilité du fait expérimental en tant qu'hypothèse scientifique. C'est donc dire que dans le schéma formel du processus de réfutation, le résultat expérimental négatif, tout comme l'énoncé théorique supposément réfuté, possède le statut épistémologique d'hypothèse. On pourrait envisager une mise à l'épreuve de l'hypothèse de la reproductibilité du résultat expérimental négatif, et les résultats de cette mise à l'épreuve reposeraient en retour sur l'hypothèse de leur reproductibilité ; ainsi le point de vue méthodologique exclusivement déductiviste défendu par Popper se trouve impliqué dans une régression à l'infini.

Eu égard à ces considérations, la méthodologie poppérienne doit non seulement assumer le caractère hypothétique des énoncés qui peuvent servir d'instance de réfutation (les *énoncés de base* poppériens), elle doit aussi en assumer le caractère conventionnel. Le critère méthodologique de réfutation (en tant que critère de démarcation) exigera que l'on convienne, par *fiat* méthodologique, d'un ensemble de résultats expérimentaux fondamentaux (des énoncés de base) qui servent d'instances potentielles de falsification. C'est dire que dans la mise à l'épreuve d'une hypothèse théorique, il faut dresser une liste de tests fondamentaux qui constituent la base expérimentale l'expérience et, de plus, maintenir notre volonté de considérer l'hypothèse en question comme réfutée si elle est réfutée par ces tests fondamentaux.

Popper est donc tenu de préciser en quoi consiste exactement le caractère *ad hoc* d'une hypothèse auxiliaire ; parallèlement, il se voit mis en demeure de démontrer l'existence d'*expériences cruciales* en science. C'est également pour contrer l'argument duhémien de l'impossibilité d'une mise à l'épreuve expérimentale d'une hypothèse prise isolément que le réfutabilisme méthodologique poppérien est mis en demeure d'élaborer des méthodes qui permettent d'isoler une hypothèse théorique dans le contexte d'une « tentative sérieuse de réfutation ». Malheureusement, l'école poppérienne n'a jamais réussi à établir cette notion¹⁶. Il en va de même pour les tentatives infructueuses de préciser ce qui constituerait le caractère *ad hoc* d'une hypothèse ou encore le caractère crucial d'une expérience.

La notion de *vérisimilitude*

Devant l'échec du réfutabilisme méthodologique, Popper a voulu intégrer la notion de progrès à la détermination conceptuelle de ce que constitue la science. C'est dire qu'un critère formel de progrès pourrait être candidat au rôle de critère de démarcation. Popper a introduit le terme *vérisimilitude* pour désigner une notion formelle de progrès qui recouvre l'idée intuitive d'une approche progressive à la vérité, ou encore, d'un concept de vérité en tant que notion limite.

Popper emprunte à la sémantique formelle pour définir deux notions de base, celle de *contenu de vérité* d'une théorie, et celle de *contenu de fausseté*. Soit L un langage formel, σ une interprétation de L (l'interprétation visée) et A une théorie axiomatisée (consistante) formulée dans le langage L . On peut définir la notion de vérité (« vrai dans L sous σ ») dans le sens de Tarski. Identifions le contenu assertorique de L à l'ensemble des énoncés de L (c'est-à-dire à l'ensemble des formules de L qui sont vraies ou fausses). Par rapport au modèle σ (le fragment de réalité couvert par L), le langage L est égal à l'union de l'ensemble de ses énoncés vrais sous σ (noté V) et de l'ensemble de ses énoncés faux sous σ (noté F) ; c'est dire qu'on a : $L = V \cup F$.

Notons :

T_A : L'ensemble des théorèmes de A .

$\neg T_A$: L'ensemble des négations des théorèmes de A , c'est-à-dire l'ensemble des énoncés qui contredisent A .

(Nous pouvons faire abstraction des énoncés indécidables de A . Cette simplification n'a aucune incidence sur les résultats).

Nous obtenons rapidement les intersections suivantes :

T_A^V : L'ensemble $(T_A \cap V)$ des théorèmes de la théorie A qui sont vrais sous σ ;

T_A^F : L'ensemble $(T_A \cap F)$ des théorèmes de A qui sont faux sous σ ;

$\neg T_A^V$: L'ensemble $(\neg T_A \cap V)$ des énoncés qui contredisent A qui sont vrais sous σ ;

$\neg T_A^F$: L'ensemble $(\neg T_A \cap F)$ des énoncés qui contredisent A qui sont faux sous σ .

On peut identifier les succès de la théorie A à l'ensemble $T_A^V \cup \neg T_A^F$, et les échecs de la théorie A à l'ensemble $T_A^F \cup \neg T_A^V$. I_A^V et I_A^F peuvent être interprétés positivement ou négativement. De façon positive, I_A^V représente des vérités que la théorie ne permet pas de contredire et I_A^F représente des faussetés que la théorie ne permet pas d'affirmer. De façon négative, I_A^V représente des vérités que la théorie ne permet pas d'affirmer et I_A^F représente des faussetés que la théorie ne permet pas de contredire. Pour les besoins de la cause, nous pouvons faire abstraction des énoncés indécidables de A .

On peut identifier le contenu de vérité de la théorie à l'ensemble T_A^V et le contenu de fausseté de la théorie à l'ensemble T_A^F . Présupposant que les contenus de vérité et de fausseté d'une théorie donnée soient mesurables, Popper définit le degré de vérisimilitude $Vs(A)$ de la théorie A de la façon suivante :

$$Vs(A) = T_A^V - T_A^F.$$

Pour montrer que la définition proposée du degré de vérisimilitude est adéquate, Popper formule deux conditions d'adéquation :

- Le degré de vérisimilitude d'une théorie donnée augmente si son contenu de vérité augmente et son contenu de fausseté n'augmente pas.
- Le degré de vérisimilitude d'une théorie donnée augmente si son contenu de fausseté diminue et son contenu de vérité ne diminue pas.

Ces conditions correspondent à l'idée intuitive d'une approche progressive à la vérité dont il s'agit ici d'en construire l'*explicitat* formel. Il y va donc pour Popper de faire la preuve que sa définition remplit les conditions d'adéquation. Ce qui est remarquable ici n'est pas l'exécution de la preuve (elle est très simple), mais le fait que Popper adopte ici exactement les méthodes sémantiques formelles (qu'il a par ailleurs tant critiquées) de l'empirisme logique.

Présupposant deux théories A, B qui partagent le même langage L et la même interprétation σ , Popper définit la notion formelle de progrès en tant que vérisimilitude relativement supérieure. La théorie B constitue un progrès sur la théorie A ssi B a un degré de vérisimilitude supérieur à A : $Vs(B) > Vs(A)$, c'est-à-dire :

$$\{T_A^V - T_A^F\} \subset \{T_B^V - T_B^F\}$$

On peut démontrer que cette notion formelle de progrès satisfait à la condition suivante :

$$\left((T_A^V \subset T_B^V) \wedge (T_B^F \subseteq T_A^F) \right) \vee \left((T_A^V \subseteq T_B^V) \wedge (T_B^F \subset T_A^F) \right) \text{ }^{17}.$$

Cette dernière formule exprime de façon formelle l'idée intuitive de progrès en tant qu'augmentation relative du degré de vérisimilitude : le contenu de vérité augmente alors que le contenu de fausseté n'augmente pas, ou le contenu de vérité ne diminue pas alors que le contenu de fausseté diminue.

On peut critiquer plusieurs présupposés implicites de cette approche, dont celui de la commensurabilité (A et B ont une interprétation commune) des théories A et B . Une critique importante touche à l'aspect purement qualitatif de la définition poppérienne : il n'y a aucun moyen de mesurer le contenu de vérité et le contenu de fausseté d'une théorie donnée, de sorte que les notions de vérisimilitude et de progrès théorique demeurent des définitions purement métallogiques.

La critique la plus sévère est une critique interne¹⁸. Même si on en accepte les présupposés, on peut démontrer que la définition formelle que Popper propose de la notion de progrès ne s'accorde pas avec sa théorie de la rationalité. On peut montrer que le critère formel de progrès

$$\left((T_A^V \subset T_B^V) \wedge (T_B^F \subseteq T_A^F) \right) \vee \left((T_A^V \subseteq T_B^V) \wedge (T_B^F \subset T_A^F) \right)$$

est logiquement équivalent à :

$$(T_A \neq T_B) \supset \left((T_A^V \subseteq T_B^V) \wedge (T_B^F = \emptyset) \right)$$

Or le principe de faillibilité nous indique que nos théories ne sont jamais entièrement dépourvues d'erreur, c'est-à-dire qu'on a : $T_B^F \neq \emptyset$. La définition qualitative que Popper propose de la vérisimilitude est non seulement métaphysique (au sens où les contenus de vérité et de fausseté d'une théorie sont inconnaissables), mais elle contredit aussi sa théorie de la rationalité.

De plus, sa définition ne s'accorde pas avec la méthodologie de la réfutation. On peut montrer qu'on peut très bien avoir $V_s(B) > V_s(A)$ alors qu'en fait, la théorie B a été réfutée et la théorie A est corroborée (a résisté aux tentatives de falsification). Il se peut, en effet, que la

théorie *B* renferme moins de fausseté que la théorie *A*, mais que nous ayons fait l'expérience de plus de fausseté dans *B* que dans *A*¹⁹.

On pourrait aussi tenter de coupler la métaphysique réaliste de la vérisimilitude avec la méthodologie de la réfutation en lui adjoignant un principe d'induction – ce dont Lakatos a vainement tenté de convaincre Popper. À force d'éliminer l'erreur, on peut espérer la vérité (comme absence d'erreur) en bout de chemin, mais le chemin est infini. À défaut de réviser la notion réaliste de vérité inhérente au discours sur la vérisimilitude, le réfutabilisme nous laisse sur l'image navrante de l'évolution des théories scientifiques comme une longue procession de théories fausses. Alors même que la problématique interne de la méthodologie poppérienne connaissait déjà de graves ennuis, des critiques provenant de l'histoire des sciences s'ajoutèrent. On a invoqué l'histoire des sciences pour montrer a) que dans son développement historique, la science n'a pas appliqué le réfutabilisme méthodologique poppérien, et b) que si la science avait adopté le réfutabilisme méthodologique poppérien, elle ne se serait pas développée. Cette critique sera illustrée par les écrits de Kuhn et Feyerabend.

Notes du chapitre 3

1. Popper, K., 1928. Pour une étude extensive des années de formation de Popper, voir Hacohen, M., 2000.
2. Popper ne fut jamais invité par Schlick aux réunions du Cercle de Vienne et il en conserva d'ailleurs un grand dépit. Il participa cependant au « Colloquium de mathématiques » de Karl Menger.
3. Popper, K., 1934 (1973). La traduction française est faite sur la traduction anglaise et elle en reprend le titre *Logique de la découverte scientifique*, ce qui est malheureux. Outre le fait que recherche et découverte sont deux choses différentes, Popper se situe résolument dans le contexte de la justification, et non dans le contexte de la découverte. Nous utiliserons l'abréviation *LdF* pour référer à cet ouvrage.
4. Pour une autobiographie intellectuelle, on consultera Popper, K., 1974 (1981).
5. Popper, K., 1963 (1985), 72.
6. L'ouvrage classique sur la question est Carnap, R., 1950.
7. Voir Popper, K., 1990 (1992).
8. Une formulation en est due à Blaise Pascal, dans une lettre au très Révérend Père Noël : « De sorte que, pour faire qu'une hypothèse soit évidente, il ne suffit pas que tous les phénomènes s'en ensuivent, au lieu que, s'il s'ensuit quelque chose de contraire à un seul des phénomènes, cela suffit pour assurer de sa fausseté. » (*Œuvres, publiées avec des instructions et des notices par Henri Massis*, Paris, Cité des livres, v.5, 1926, 82).
9. Il en va de même pour la notion de nécessité : l'expérience ne livre que du contingent. Kant prit la contrepartie de l'analyse de Hume pour définir l'*a priori* comme tout ce qui a caractère d'universalité et de nécessité.
10. Voir Duhem, P., 1906 (1981), chap. VI, §II (« Qu'une expérience de physique ne peut jamais condamner une hypothèse isolée, mais seulement tout un ensemble théorique »). W.V. Quine s'est réclamé de Duhem (plutôt que de Hertz, H., 1894) pour reprendre la thèse de la sous-détermination empirique de telles hypothèses théoriques où plusieurs hypothèses analytiques différentes peuvent régir la mise en rapport de l'hypothèse avec l'observable.
11. Popper, K., 1972 (1991), 77.
12. *Ibid.*, 78.
13. Cette notion de procédé de mesure « gouverné par la théorie », appliquée aux fonctions mathématiques qui entrent dans la représentation ensembliste d'une théorie, a donné lieu au critère original de « fonction théorique relativement à une théorie donnée » proposé par J. D. Sneed (1971).
14. Le mouvement structuraliste reprenait ainsi à son compte la célèbre problématique empiriste logique des termes théoriques en science.

15. À ceux qui voulaient opposer sciences humaines [*Geisteswissenschaften*] et sciences de la nature [*Naturwissenschaften*] en soulignant que le fait historique n'arrive qu'une fois, Mach avait répliqué que « la nature aussi n'arrive qu'une fois ».
16. Pour une critique relativement exhaustive de la méthodologie poppérienne, voir Grünbaum, A., 1976a, 1976b, 1976c et 1976d.
17. Voir Scheibe, E., 1976, 553-554.
18. Nous référons ici à Tichý, P., 1974, Miller, D., 1974, et Harris, J. H., 1974.
19. Pour un traitement plus récent de la question, voir Niiniluoto, I., 1998.

Chapitre 4

Le rationalisme appliqué. Gaston Bachelard (1884-1962)

L'épistémologie historique

L'épistémologie de Bachelard a ceci de commun avec celle du Cercle de Vienne qu'elle présuppose la rationalité de la science, à l'opposé de l'approche poppérienne, où, on l'a vu, le faillibilisme, en tant que théorie de la rationalité, vient cautionner une méthodologie proposée de la réfutation. Bachelard tient que toute notion de rationalité issue d'une doctrine philosophique ne saurait constituer pour la science qu'un corps étranger, inapte à lui apporter de véritables assises. Il faut plutôt inverser les rôles : la science est « la rationalité en marche » et c'est d'elle que la philosophie puisera sa notion de rationalité. Alors que la théorie poppérienne de la rationalité possédait une certaine saveur socratique, les vues de Bachelard sur la question ont, quant à elles, une teneur dialectique : la science est à la fois *produit* et *producteur* de rationalité. Ainsi, elle peut se fier à ses propres méthodes, et surtout, se guider sur sa propre histoire, qu'elle révisé et sanctionne au gré d'une lecture récurrente de l'applicabilité des concepts qu'elle a conservés.

Alors que Popper critiquait implicitement Descartes en s'en prenant (et en reprenant, *nolens volens*, la critique de Leibniz) à l'idée d'asseoir la notion de vérité sur celle d'évidence, Bachelard adressera explicitement à la philosophie cartésienne une critique plus globale, celle d'être le fait d'une pensée close :

Pour le philosophe qui, par métier, trouve en soi des vérités premières, l'objet pris en bloc n'a pas de peine à confirmer des principes généraux. [...] Le philosophe est préparé à développer, à propos de la science, une philosophie claire, rapide, facile, mais qui reste une philosophie de philosophe. Alors, une seule vérité suffit à sortir du doute, de l'ignorance, de l'irrationalisme [...]. L'esprit vit une seule évidence. Il n'essaie pas de se créer d'autres évidences. L'identité de l'esprit dans le *je pense* est si claire que la science de cette conscience est immédiatement la conscience d'une science, la certitude de fonder une philosophie du savoir¹.

La venue à maturité de la géométrie moderne et l'avènement de la théorie de la relativité en physique indiquent pour Bachelard un événement de la raison scientifique. Il y a lieu de mentionner ici une première influence, celle de Léon Brunschvicg, qui fut, avec Abel Rey, directeur de thèse de Bachelard à la Sorbonne. Procédant à l'examen des conditions de possibilité de la connaissance, l'idéalisme critique de Brunschvicg s'inspirait de Kant, à la différence toutefois que cet examen devait dorénavant procéder sur le plan historique, et non sur la base d'une déduction transcendantale². Se proposant d'investiguer, dans la constitution historique du savoir, le progrès de la conscience vers la conscience de soi, Brunschvicg soutenait une conception évolutive de la raison, une « raison-activité » [par opposition à une « raison-substance »], capable de renouveler indéfiniment sa propre structure selon les suggestions d'une « expérience-activité ». La liberté de l'esprit s'illustrait par l'instruction de la raison par la science. C'est de Brunschvicg que Bachelard retiendra l'idée que la philosophie doit s'instruire de la science, où se produisent historiquement des *événements de la raison*. Dans cette optique, l'histoire de la science devient partie prenante de l'épistémologique des sciences, et ne peut être qu'elle-même épistémologique.

Mais là où Brunschvicg avait voulu dynamiser la notion de rationalité sans pour autant sacrifier le cartésianisme, Bachelard jugera que l'avènement de la géométrie moderne a marqué un événement décisif de la pensée scientifique et de la rationalité qu'elle induit : la pensée

scientifique s'est ouverte, devenant ainsi « non cartésienne ». Dans le domaine de la pensée géométrique, la science a dialectisé ses principes. La géométrie moderne a opéré la synthèse, au sens hégélien de sursumption [*Aufhebung*] des géométries euclidienne et non euclidiennes, en maintenant, relevant et annulant à la fois ce qui avait été d'abord pensé être leur incompatibilité³. La négation du cinquième postulat d'Euclide est pour Bachelard un exemple de négation *fine* ; on pourrait dire, toujours en termes hégéliens, que la pensée géométrique moderne s'est réalisée en niant la négation interne :

Une des activités de la science est la recherche de la négation partielle, de la négation fine. Seule la négation fine fait penser. La négation massive du logicien ne sert qu'à discuter⁴.

Bachelard, qui jugeait la dialectique hégélienne désertique, par rapport aux grandes synthèses discursives qui ont cours en science, s'exprime ainsi :

La géométrie non euclidienne n'est pas faite pour contredire la géométrie euclidienne. Elle est plutôt une sorte de facteur adjoint qui permet la totalisation, l'achèvement de la pensée géométrique, l'absorption dans une pangéométrie. Constituée en bordure de la géométrie euclidienne, la géométrie non euclidienne dessine du dehors, avec une lumineuse précision, les limites de l'ancienne pensée. Il en sera de même pour toutes les formes nouvelles de la pensée scientifique qui viennent après coup projeter une lumière récurrente sur les obscurités des connaissances incomplètes⁵.

Ce thème de l'élucidation apportée par une *lecture récurrente* de l'évolution d'une théorie scientifique est de première importance et nous aurons l'occasion d'y revenir. Poursuivons pour l'instant la filiation qui existe entre Bachelard et Brunschvicg en abordant un point épineux de l'épistémologie bachelardienne, qui est celui de sa relation à la logique de son temps. Dans la *Philosophie du non* (1940), Bachelard somme la logique traditionnelle de dialectiser ses principes, sans faire aucune mention de la nouvelle logique initiée par Frege et Russell. De façon générale, Bachelard semble avoir hérité de Poincaré l'opinion voulant que la logique constitue un cadre conceptuel relativement stérile pour la science. Quant à la mise à contribution de la logique formelle sur le plan épistémologique, il espérait assez peu d'une « logique des sciences », contrairement à l'épistémologie viennoise des années 1930. Je réfère ici autant à l'empirisme logique, qui a œuvré à

une notion de probabilité logique pouvant éventuellement servir à une méthodologie de la confirmation, qu'à Popper, qui a tenté l'aventure d'une « logique de la recherche ». En ce qui concerne la notion déductive formelle de réfutation utilisée par Popper, elle correspondrait plutôt à la « négation massive du logicien » ci-dessus mentionnée. Par ailleurs, l'épistémologie de Bachelard fait meilleur accueil à l'induction, comme en fait foi sa thèse doctorale sur la connaissance approchée (terme qu'il emprunte à Duhem et qu'il applique aux processus successifs d'approximations en physique mathématique). Les premiers travaux de Bachelard indiquent comment celui-ci octroyait une valeur inductive aux méthodes mathématiques employées en physique sur le plan heuristique.

La critique que Bachelard adresse à la logique ou l'axiomatique formelle est en tout point conforme à celle que formulait Hegel : on y pose des définitions et des axiomes sans indiquer la relation qu'ils entretiennent avec le résultat qui en émergera. La légitimation du choix des définitions et des axiomes est externe au système formel, de même que la nécessité qui gouverne le procès logique :

En ce qui concerne la connaissance [mathématique], on ne rend pas compte de la nécessité de la construction. [...] Ainsi la démonstration suit une voie qui commence en un point quelconque sans qu'on sache encore le rapport de ce commencement au résultat qui doit en sortir. Le cours de la démonstration comporte *telles* déterminations et *tels* rapports, et en écarte d'autres sans qu'on puisse se rendre compte immédiatement selon quelle nécessité cela a lieu ; une finalité extérieure régit un tel mouvement⁶.

Dans *Le rationalisme appliqué*, Bachelard dénie toute valeur prospective aux études axiomatiques (qui ne peuvent que reprendre le chemin déjà fait) ; de plus, « l'axiomatisme masque sa finalité » et surtout, « il marque l'apogée de l'anti-psychologisme ». La nécessité, cependant, de « restituer la *conscience du non-rigoureux* pour qu'une pleine prise de conscience de la rigueur soit possible », fait en sorte pour Bachelard que « le psychologisme reprend sa fonction⁷ ».

La logique formelle en tant que logique des sciences ne peut prendre en compte la finalité interne (en somme : l'auto-construction de la rationalité au gré de ses applications historiques) qui constitue la normativité de la science. L'histoire des sciences est menée pour Bachelard par une nécessité qu'elle n'aura pas, par exemple, chez Imre

Lakatos, qui a tenté une dialectique des mathématiques dans ses *Preuves et réfutations*. Bachelard subordonne en fin de compte la pensée scientifique à la pensée mathématique. Si la science a ceci de particulier qu'il y a une nécessité à l'œuvre dans son histoire, elle le doit aux mathématiques :

En somme, la science instruit la raison. La raison doit obéir à la science, à la science la plus évoluée, à la science évoluant. La raison n'a pas le droit de majorer une expérience immédiate ; elle doit se mettre au contraire en équilibre avec l'expérience la plus richement structurée. En toutes circonstances, l'*immédiat* doit céder le pas au *construit*. Destouches répète souvent : si l'arithmétique, dans de lointains développements, se révélait contradictoire, on réformerait la raison pour effacer la contradiction, et l'on garderait intacte l'arithmétique. [...]

Cette extension n'est pas faite. En la suggérant possible nous voulons simplement affirmer que l'arithmétique n'est pas plus que la géométrie une promotion naturelle d'une raison immuable. L'arithmétique n'est pas fondée sur la raison. C'est la doctrine de la raison qui est fondée sur l'arithmétique élémentaire⁸.

Les rôles entrevus par la tradition de Frege et Russell se voient ainsi inversés : c'est l'arithmétique qui est aux fondements de la logique. Logique arithmétique, logiques internes des sciences qui animent les différents domaines de théorisation du savoir (les « rationalismes régionaux » du *Rationalisme appliqué*), voilà autant d'idées peut-être entrevues par Bachelard, mais non accompagnées de recherches formelles qui franchissent le seuil de la logique contemporaine. Cela dit sous toute réserve, car la citation ci-dessus donne aussi à penser que Bachelard était d'opinion qu'il n'y a qu'une arithmétique, comme le pensaient Poincaré et Brunschvicg⁹.

Sur la question du rapport de la logique aux mathématiques, Bachelard campe du côté de Jean Cavaillès, de qui il a appris que contrairement aux mathématiques, la logique ne parvient pas à « pénétrer l'expérience ». Ce n'est d'ailleurs pas de son ressort, car elle doit demeurer, selon l'expression d'un autre maître, Ferdinand Gonseth, la « physique de l'objet quelconque¹⁰ ».

Sur un plan plus général, l'épistémologie historique de Bachelard repose sur une lecture rétrospective des concepts scientifiques qui présente des affinités avec la reconstruction rationnelle des Carnap et Reichenbach. Cette reconstruction, qu'il préfère concevoir en analogie

au processus d'épuration en chimie, n'a pas cependant chez Bachelard les attributs logiques et dépsychologisants qu'elle a chez l'empirisme logique, qui s'était largement associé au combat mené par Frege (et tenu pour gagné jusqu'à ce que Quine adienne) contre le psychologisme. Bachelard n'a jamais rompu avec le psychologisme¹¹. Non pas qu'il n'estimait aucunement les études axiomatiques ; en témoigne du contraire la valeur exemplaire d'ouverture de la pensée scientifique qu'il accordait à celles ayant mené à la géométrie moderne. Dans son compte rendu de l'ouvrage de Hans Reichenbach sur la théorie des probabilités, où il mentionne également les travaux de ce dernier sur la théorie de l'espace-temps (*Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, 1928), Bachelard ne manque pas de reconnaître les mérites des investigations axiomatiques, soulignant la « saine pédagogie de la formalisation » et la « soudaine homogénéité » conceptuelle apportée par une axiomatisation complète¹². Mais s'il est sympathique à l'approche axiomatique du fait qu'elle incarne ce mouvement d'émancipation de l'intuition, essentiel aux synthèses discursives de la science moderne, il déplore du même coup que la reconstruction axiomatique soit disloquée de la psychologie de l'esprit scientifique.

La notion d'histoire récurrente ou de lecture à rebours des concepts historiquement (c'est-à-dire aujourd'hui) sanctionnés par la science encadre l'emphase mise par Bachelard sur les moments de discontinuité en science. Bachelard concevra en effet la philosophie des sciences comme l'histoire des concepts scientifiques et celle-ci, comme histoire récurrente. À la source de cette notion centrale, il y a l'idée que le passage du discours préscientifique au discours scientifique est un moment de discontinuité marqué sous le signe de la rationalité. Il y a un point de rupture où une instance de rationalité s'instaure ; une nouvelle conceptualité s'implante, véhiculant des *valeurs épistémologiques* qui désormais s'imposent. L'histoire récurrente retracera le point d'émergence d'un discours scientifique qui réorganise et restructure le discours qui le précédait. La problématique du nouveau discours est largement déterminée par celle du discours dont elle se dégage, mais elle n'est pas donnée dans l'ancien discours et à c'est à ce titre qu'elle vient le relayer. Le nouveau cadre théorique est constitué d'éléments empruntés à l'ancien discours, mais il ordonne, organise et agence ces éléments de façon différente. C'est ce qui provoque une rupture, d'où jaillissent de nouvelles possibilités théoriques et empiriques.

Analyser un cadre théorique ou un concept par récurrence, c'est retracer son développement en déterminant son emploi précis actuel et, en remontant dans le temps, mettre au jour les points de rupture, les moments de réorganisation conceptuelle qui étaient en même temps des moments d'extension d'une base empirique réorganisée. Point méthodologique important : la localisation de points de rupture, des moments de réorganisation, ne peut se faire qu'au mode de l'indicatif présent. Pour obtenir ses objets d'étude, c'est-à-dire les concepts scientifiques dont il s'agit de retracer la constitution historique, l'histoire récurrente se place à l'intérieur du cadre théorique où ceux-ci ont reçu leur détermination.

C'est au chapitre du discontinuisme que Bachelard prend ses distances de Brunschvicg, pour qui la transformation de la raison était l'effet d'un progrès continu dont chaque étape était la marque d'une victoire de l'esprit sur son passé.

Bachelard face à Mach et Poincaré

Abordons maintenant le rapport de Bachelard à deux éminents scientifiques qui n'ont pas manqué de l'influencer. C'est sur un fond établi par Mach et Poincaré – penseurs de la continuité – que Bachelard formule ses premières thèses discontinuistes. Le thème des coupures ou ruptures, à la fois ontologiques et épistémologiques, s'adresse primordialement à la relation entre connaissance commune et connaissance scientifique. La philosophie du non est on ne peut plus claire là-dessus : « Il y a rupture entre la connaissance sensible et la connaissance scientifique¹³. » De la conclusion de sa thèse de doctorat à son dernier livre consacré à l'épistémologie, rien n'y changera :

Nous croyons, en effet, que le progrès scientifique manifeste toujours une rupture, de perpétuelles ruptures, entre connaissance commune et connaissance scientifique, dès qu'on aborde une science évoluée, une science qui, du fait même de ces ruptures, porte la marque de la modernité¹⁴.

Les travaux séminaux de Mach en histoire de la mécanique ont sans aucun doute guidé Bachelard dans les jalons qu'il posait à une épistémologie historique des sciences. Pour Mach, la science est la continuation de la même systématisation de l'expérience, condensée et

symbolique, à laquelle les hommes procèdent spontanément durant toute leur histoire et qu'exprime l'organisation conceptuelle. La connaissance est approchée par Mach en tant que fait biologique, elle équivalait à une fraction de l'activité pratique, à des réponses d'adaptation de l'organisme à la totalité des conditions d'existence¹⁵. La science se développe en servant d'abord des buts pratiques, mais elle s'affranchit de ce défaut peu à peu. Mach y voyait une différence progressive, selon que l'on ne pense plus les objets exclusivement en termes de leur utilité, et selon que se fait le passage de l'adaptation des idées aux faits à l'adaptation des idées entre elles : « Si on jette un regard en arrière, on voit que le progrès scientifique est dû à une correction continue de la pensée vulgaire¹⁶. »

Sur cette même question de la constitution des objets de science, on pourrait aussi, comme le fit Poincaré, envisager différentes strates d'objectivation, allant des soi-disant « faits bruts » jusqu'aux faits scientifiques. Ce dernier, qui concevait l'objet de science comme étant d'emblée mathématisé, critiqua son compatriote Édouard Le Roy lorsque ce dernier affirma que « la science crée le fait ». La science crée effectivement le fait scientifique, même si elle ne crée pas le fait brut ; se désintéressant du fait brut, la science ne se préoccupe finalement que de faits de sa propre fabrication. Pour Poincaré, le fait brut n'est pas en dehors de la science, puisque, tout créé qu'il soit par le savant, « Le fait brut ne sera jamais que le fait brut traduit dans un autre langage¹⁷. »

Notons au passage que cet intérêt apparent de Poincaré au langage n'en fait pas pour autant un philosophe du langage, et que Bachelard est hostile au tournant linguistique même lorsqu'il écrit en *Introduction du Nouvel esprit scientifique* : « Toute pensée scientifique s'interprète à la fois dans le langage réaliste et dans le langage rationaliste¹⁸. »

De Mach, Bachelard retiendra l'idée d'une épistémologie étroitement reliée (sans s'y réduire) à la psychologie de la connaissance et œuvrant plus à une épuration qu'à un ajout conceptuel quelconque à la science. Le savant viennois s'était ainsi exprimé sur sa conception de l'épistémologie :

Voilà en quoi consiste ce que je cherche à faire pour la méthodologie scientifique et la psychologie de la connaissance. Je ne songe pas à introduire de philosophie nouvelle dans les sciences de la nature, mais j'en

voudrais séparer une ancienne philosophie vieillie, et cet effort a d'ailleurs été mal pris par plus d'un savant¹⁹.

Par ailleurs, Bachelard récusera le principe machien d'économie de la pensée, qu'il écorche déjà dans sa thèse de doctorat :

Si la théorie n'était qu'une organisation économique, si elle n'avait de règles qu'en vue de la commodité ou même de la clarté, elle travaillerait sur les résultats expérimentaux à la simple manière d'une mnémotechnie, elle serait solidaire des valeurs psychologiques plutôt que des valeurs rationnelles. Apte à économiser, elle n'aurait aucune force pour acquérir. L'examen historique auquel nous nous sommes livré ne nous permet guère de nous limiter à ces thèses. La théorie mathématique nous a paru inventive dans son essence [...] ²⁰.

À l'instar des membres du Cercle de Vienne, Bachelard trouve insuffisante l'épistémologie machienne qui ne voit dans la théorie scientifique qu'une organisation économique de l'expérience et qui, surtout, ne rend pas justice au rôle des mathématiques dans la connaissance scientifique. On ne saurait exagérer l'importance épistémologique assignée par Bachelard aux mathématiques. L'épistémologie de la rectification des concepts est une philosophie informelle des mathématiques (c'est là précisément ce qui l'empêche de se réduire à la psychologie de la connaissance). La pensée commune admet et corrige déjà ses erreurs et ce n'est pas ce qui la met sur la « voie royale » d'une science. La pensée franchit le seuil de la scientificité moderne lorsqu'elle s'affranchit de l'intuition (comme la géométrie moderne s'est affranchie de l'intuition *a priori* de l'espace au profit au profit de la notion *a priori* de groupe) et se guide sur des principes mathématiques (comme la notion d'invariance) qui définiront ses véritables objets. L'objet de science pour Bachelard n'est pas un objet de l'intuition, donné dans une perception immédiate ; il est un objet de l'entendement, fruit d'une synthèse discursive et produit d'une problématique. À maintes reprises Bachelard caractérisera les objets de connaissance scientifique en tant que « tissus de relations » et insistera sur le fait qu'ils sont individuéés selon leur position dans un système global de relations.

Bachelard adhère au point de vue épistémologique qui tient que la science n'est qu'un système de relations. La formulation la plus nette et la plus concise de cette conception est sans doute due à Poincaré :

La science, en d'autres termes, est un système de relations. Or, c'est dans ces relations seulement que l'objectivité doit être cherchée. [...]

Dire que la science ne peut avoir de valeur objective parce qu'elle ne nous fait connaître que des rapports, c'est raisonner à rebours, puisque précisément ce sont les rapports seuls qui peuvent être regardés comme objectifs²¹.

Ce principe était largement partagé à cette époque puisque Poincaré, soulevant la question de savoir si la science nous fait connaître « la véritable nature des choses », affirme sans ambages que *personne* n'hésiterait à répondre non²².

Le point de vue structuraliste permet ainsi de s'épargner beaucoup de naïvetés, épistémologiques comme ontologiques :

Ce que [la science] peut atteindre, ce ne sont pas les choses elles-mêmes, comme le pensent les dogmatistes naïfs, mais seulement les rapports entre les choses ; en dehors de ces rapports, il n'y a pas de réalité connaissable²³.

La connaissance scientifique, de renchérir Bachelard, peut prétendre à plus d'objectivité que la connaissance commune dans la construction de ses objets du fait qu'elle opère des synthèses plus englobantes qui, de plus, tendent à absorber les synthèses partielles.

La conception bachelardienne des théories physiques

L'avènement de la physique mathématique signe pour Bachelard la nouveauté essentielle de l'esprit scientifique et scelle du même coup la suprématie du rationalisme sur le réalisme. Les grandes lignes des conceptions bachelardiennes des théories scientifiques se retrouvent dans son ouvrage de 1928, *Étude sur l'évolution d'un problème de physique*. Dans ce qui constituait la seconde partie de sa thèse de doctorat, Bachelard y étudiait le développement historique de la théorie de la chaleur. On sait que Abel Rey, son second directeur de thèse, avait été l'auteur d'un ouvrage qui attira d'ailleurs l'attention des premiers membres du Cercle de Vienne, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*²⁴. Rey y décrivait la faillite des modèles mécanistes en physique et des tentatives de fournir une explication des phénomènes naturels en termes de mécanismes réels sous-jacents. Les théories physiques étaient dorénavant considérées comme des descriptions symboliques des phénomènes, exemptes d'interprétation littérale

au sens du réalisme scientifique. Ces principes de la physique phénoménologique alors régnante en Europe (et non en Angleterre) seront repris et illustrés par Bachelard à l'aune d'une étude de la genèse de la thermodynamique.

La théorie de la chaleur au XVIII^e siècle débute avec la notion de calorique : lorsqu'il y a échange de chaleur, il y a échange de calorique. Le calorique est-il alors une substance ? En tout cas, nous dit Bachelard, nous venons d'introduire dans notre langage un substantif. Penser le calorique en tant que substance nous incite à le penser en tant que substance matérielle. Apparaît alors la conception du calorique en tant que fluide, comme c'est le cas chez Lavoisier. On peut aussi penser le calorique en tant qu'échange, en tant que mouvement (le calorique dénoterait un échange de quelque chose d'autre, comme le fera la théorie cinétique de la chaleur), comme c'est le cas chez Laplace. Calorique-fluide ou calorique-mouvement sont des images avec lesquelles on pense au départ le phénomène. Ce sont également des hypothèses. En ce sens, une hypothèse est une position de généralité primordiale entièrement fondée sur des vues *a priori*.

La méthode d'alors consiste donc à faire l'hypothèse d'un fluide et de lui construire *a priori* des propriétés particulières qui lui confèrent tous les caractères du phénomène envisagé. Selon Bachelard, l'erreur fondamentale de cette méthode, qui demeure en deçà de la physique mathématique, consiste à partir d'une généralité préconçue (une « généralité de premier aspect ») et à laisser à l'expérimentation le soin de la confirmer. La méthode devrait plutôt être de partir d'une généralité qui doit pouvoir trouver l'occasion de sa rectification (qui écarte les généralités de premier aspect). Les hypothèses générales initiales, immédiatement gagnées du phénomène par voie d'abstraction, rencontreront la plupart du temps des confirmations expérimentales faciles (parce que préfabriquées), mais elles constituent en fait un obstacle à la connaissance du phénomène : « Or, en ce qui concerne les phénomènes calorifiques, c'est dès les premiers pas qu'on trouve le plus grand des obstacles²⁵. »

La notion d'*obstacle épistémologique* est déjà en place, de même que sa critique du modèle hypothético-déductif de la science. On pose une hypothèse, on en déduit les conséquences logiques au niveau de l'observable, et on évalue l'hypothèse à l'aune de son adéquation empirique.

Bachelard termine son examen de l'état de la théorie de la chaleur par ce verdict : « [Bien que l'hypothèse du calorique fut très propre à exprimer les faits], le 18^e siècle s'achevait sans qu'on eût tenté une véritable liaison mathématique des phénomènes thermiques²⁶. »

Le XIX^e siècle voit l'avènement d'une approche positive. Il ne s'agit plus de partir d'une idée générale, de faire l'hypothèse d'un fluide et de lui construire *a priori* des propriétés particulières lui conférant tous les caractères du phénomène envisagé. La nouvelle approche consiste à partir du fait et à l'épurer avant de l'enrichir. Jean-Baptiste Biot, dans son *Traité de physique* (1816), illustre cette méthode qui consiste à se baser sur des faits généraux qui servent ensuite de principes dans la recherche. C'est dire qu'on part d'un terme général, et non pas d'une hypothèse qui détermine une reconstruction idéale du phénomène. Ce terme apparaît dans des équations et il devient impliqué dans des calculs. Le calcul conduit à une vérification expérimentale qui lui est liée. L'approche devient phénoménologique : « On pourrait dire qu'à aucun moment on ne perd de vue l'expérience : les principes, les hypothèses, les calculs, l'expérimentation restent constamment au même niveau, dans le plan même du phénomène²⁷. »

Cette approche phénoménologique, souligne Bachelard, délaisse entièrement le modèle hypothético-déductif de la science :

Ainsi, une expérience bien faite est toujours positive. Mais cette conclusion ne réhabilite pas la positivité absolue de l'expérience tout court, car une expérience ne peut être une expérience bien faite que si elle est complète, ce qui n'arrive que pour l'expérience précédée d'un projet bien étudié à partir d'une théorie achevée. [...] Les enseignements de la réalité ne valent qu'autant qu'ils suggèrent des réalisations rationnelles²⁸.

Le mouvement qui suivra Biot ira « exactement à l'inverse du mouvement qui part d'une hypothèse que l'expérience doit ensuite légitimer »²⁹. Bachelard repère dans le mémoire de Joseph Fourier, *Traité analytique de la chaleur* (1822) le seuil de la physique mathématique. Fourier analyse la propagation (et non la production) de chaleur. Il met en jeu les notions de conductibilité (interne et externe), pensées comme « facilité » de la propagation thermique, et de chaleur spécifique. Ces trois paramètres suffisent à connaître l'état calorifique d'un corps (propriétés purement thermiques et non pas mécaniques). C'est au moyen de ces trois paramètres que la théorie sera construite, et c'est

au moyen de la théorie que ces paramètres seront précisés. On conserve l'idée de s'appuyer uniquement sur le fait, de s'en tenir à une prise mathématique du fait.

La physique mathématique, note Bachelard, repose sur le principe de la rationalité du réel :

On ne fait pas de physique mathématique sans cette confiance en la rationalité de l'expérience. En quittant l'observation pour le calcul, comment pourrait-on espérer retrouver la conclusion de l'observation si l'on ne croyait pas qu'un plan rationnel sous-tend les faits empiriques et les suit dans leur développement ? Un des caractères de la positivité, c'est précisément cette rationalité par laquelle l'expérience se révèle entièrement adaptable aux mathématiques. Le tout est de ne pas toucher à faux au point de départ³⁰.

« Ne pas toucher à faux au point de départ » : n'y insérer que des mathématiques, plutôt que des hypothèses des images générales et métaphoriques. Bachelard poursuit en commentant *Théorie mathématique de la chaleur* (1835) de Siméon Denis Poisson. La méthode de Poisson prend le phénomène dans une richesse plus grande en l'abordant cependant avec des notions réduites au minimum. Poisson déduit sa théorie d'un seul et unique principe hypothétique. Il se donne pour tâche de tirer par un calcul rigoureux, toutes les conséquences d'une hypothèse générale sur la communication de la chaleur. Toutes ces conséquences apparaissent comme une transformation de l'hypothèse même, à laquelle « le calcul n'ôte et n'ajoute rien ». Le système déductif, assuré d'une vraisemblance préliminaire par la simplicité de l'hypothèse, trouve une légitimation dans la conformité de ses conclusions avec l'expérience. Commentant l'approche de Poisson, Bachelard formule déjà un thème qu'il développera ultérieurement : « Jamais plus nettement la solidarité de l'expérience et de la théorie n'a été affirmée, cependant on n'a jamais cherché à si longue échéance la justification de la pensée par le fait³¹. »

C'est dans les travaux de Gabriel Lamé, dont il étudie les *Leçons sur la théorie analytique de la Chaleur* (1861), que Bachelard situe l'avènement de la physique mathématique, une « véritable révolution philosophique ». Il ne s'agit plus de faire l'hypothèse d'une structure et de lois, de soumettre cette hypothèse au traitement mathématique et d'en déterminer la valeur pragmatique par référence à la vérification expérimentale seule. Avec Lamé, nous dit Bachelard, le calcul « doit

tout faire » : fournir l'hypothèse, coordonner les domaines, construire de toutes pièces le phénomène. « Ce que ses prédécesseurs firent par chance, Lamé veut le faire par principe et poser des hypothèses mathématiques aussi générales que possible³². » On fait appel à une hypothèse pour spécifier la loi générale (dans ce cas-ci : une loi d'action) et on écrit par suite les équations aux dérivées partielles du problème proposé. Si l'expérience fournit une vérification approchée de la loi intégrale, on ne doit pas s'en contenter ; il reste en effet à éliminer ce qu'il y a d'hypothétique à la base de la construction. Pour cela, on revient au point de départ pour tâcher d'étendre la théorie inaugurée en éliminant certaines restrictions de départ (qui induit une extension ou un élargissement du phénomène de départ). De là résulte un autre principe, qui n'est encore que probable, et qui conduit à un nouveau système d'équations plus général que le premier. On peut continuer indéfiniment cette élimination des restrictions ; à chaque fois, on y gagne en généralité, cette plus grande généralité apporte un gain de complexité, on introduit de nouveaux termes, de nouveaux coefficients qui apparaissent dans les équations à mesure qu'on écarte successivement diverses restrictions.

Lorsqu'on aura banni toute hypothèse, toute idée préconçue, toute restriction relative au principe de départ, on en arrive à la forme que devront avoir, essentiellement, les équations générales de la théorie. Cette conquête d'un principe général est en somme préliminaire à la vraie méthode. Elle a un rôle d'instruction, elle nous familiarise avec les moyens de résolution et surtout elle nous indique la ligne de généralité croissante.

C'est de cette généralité qu'il faudra toujours partir pour l'analyse définitive qui seule peut rendre compte de l'exacte coordination de la réalité. On aura la sécurité de tenir le réel si l'on sait garder la généralité parfaite. Le particulier est un point de vue, il ne saurait fournir ni les bases ni même l'exemple ou l'occasion d'une explication, car il n'y a pas d'autre explication que la coordination mathématique dans une généralité maxima³³.

Notre connaissance scientifique du fait est une « connaissance approchée ». Il faut assurer aux structures mathématiques initiales le maximum de généralité possible et imposer un minimum de structure au début ; le fait d'expérience sera par la suite structurellement enrichi

(des restrictions initiales seront progressivement levées) de proche en proche.

C'est donc à l'étude du développement historique de la théorie de la chaleur que Bachelard élabore ses conceptions du *nouvel esprit scientifique* et plus particulièrement, de la nouveauté essentielle de la physique mathématique. La rationalisation des phénomènes naturels anciennement opérée par la physique classique est relayée par une prise en charge purement mathématique de l'expérience. Alors qu'on procédait auparavant par construction d'hypothèses rationnelles et de concepts explicatifs (le plus souvent : mécanistes) dont la vérification était reportée à des vérifications ultérieures, la nouvelle physique laissait aux mathématiques le travail de pénétration d'une expérience d'emblée rationnelle. Pour employer les termes de Bachelard, théorie et expérience étaient maintenant « solidaires ».

Bachelard et l'épistémologie viennoise

Dans l'année qui suivit la publication du *Nouvel esprit scientifique*, Bachelard rédigea des recensions de Karl Popper, Hans Reichenbach et Hans Hahn³⁴. Cet intérêt de Bachelard porté à l'épistémologie viennoise ne fut cependant pas payé de retour. Le *Nouvel esprit scientifique* ne fut jamais recensé dans la revue *Erkenntnis*, et son œuvre épistémologique fut entièrement négligée autant par l'école poppérienne que par le mouvement empiriste logique. Quant à Popper, typiquement, il mentionne, dans une entrevue accordée à Hans-Joachim Dahms et Friedrich Stadler en 1991, que Bachelard a fait un compte rendu élogieux de sa *Logik der Forschung*, pour ajouter tout bonnement que ce dernier y aurait fait des emprunts³⁵ !

La même situation se perpétuera dans la tradition analytique en philosophie des sciences, pourtant marquée dans les années 1960-1970 par l'entrée en scène d'auteurs férus d'histoire des sciences tels que Kuhn, Lakatos et Feyerabend ; on continuera d'ignorer entièrement l'œuvre imposante d'un penseur tout dédié à l'émergence d'une épistémologie historique des sciences. Seul Kuhn, également à l'occasion d'une entrevue tardive dans sa carrière, rend un hommage mitigé à Bachelard, et encore, de façon anecdotique³⁶.

En ce qui touche les liens à établir entre Bachelard et Popper, il est évident que le premier s'inscrit carrément en faux à la méthodologie des *Conjectures et réfutations*. Dans *Le nouvel esprit scientifique*, le modèle hypothético-déductif de la science qui sous-tend la *Logik der Forschung* se voit relégué à l'époque de la physique classique ou, sur le plan épistémologique, à celle du rationalisme classique. C'était l'époque où, nous dit Bachelard, l'esprit scientifique était entièrement engagé dans la *rationalisation du réel*. La raison était affairée à pénétrer le réel et un conflit avec l'expérience était toujours possible. Or la suprématie récente de la physique mathématique indique que l'esprit scientifique se développe dorénavant et de façon définitive dans l'autre sens du vecteur, c'est-à-dire la *réalisation du rationnel* ; et cette réalisation du rationnel accomplie par la physique mathématique ne peut, en clair, que signifier la réalisation des mathématiques :

Toutefois, le sens du vecteur épistémologique nous paraît bien net. Il va sûrement du rationnel au réel [...]. Autrement dit, l'application de la pensée scientifique nous paraît essentiellement réalisante. Nous essaierons donc de montrer au cours de cet ouvrage ce que nous appelons la réalisation du rationnel ou plus généralement la réalisation du rationnel du mathématicien³⁷.

Nous avons vu dans la section précédente comment, dans cette nouvelle physique mathématique, l'expérience est d'emblée rationnelle, puisque toujours sujette à mathématisation. Plus n'est besoin d'élaborer des hypothèses rationnelles (dont le caractère objectif s'avérerait tôt ou tard le plan phénoménal, puisqu'elles étaient construites *a priori* de façon à recouvrir les caractères des phénomènes envisagés). Dorénavant, la mathématique suffit à la théorie physique en tant qu'appareil analytique. Les concepts fondamentaux de la physique sont des concepts d'origine mathématique munis *au départ* (lors de leur introduction dans la théorie physique) de l'expérience étendue qui leur correspond. Cette solidarité indéfectible entre théorie et expérience rend désuète la méthodologie de la réfutation : « Toute la doctrine de l'hypothèse de travail, écrit-il, nous paraît vouée à une prompte décadence³⁸. » L'expérience est dorénavant pensée dans toute sa positivité et si un résultat expérimental est négatif, c'est que le test était mal conçu, ou que le fait expérimental était incomplet, parce que la théorie était inachevée :

Ainsi, une expérience bien faite est toujours positive. Mais cette conclusion ne réhabilite pas la positivité absolue de l'expérience tout court, car une expérience ne peut être une expérience bien faite que si elle est complète, ce qui n'arrive que pour l'expérience précédée d'un projet bien étudié à partir d'une théorie achevée³⁹.

Dans la recension qu'il fait de la *Logik der Forschung*, Bachelard accorde que Popper propose certains arguments personnels, mais il dit surtout reconnaître dans l'ouvrage « beaucoup de thèmes de l'épistémologie viennoise », incluant évidemment celle du Cercle de Vienne. En ce sens déjà, et à l'instar de Carnap, il n'est pas de ceux qui voient en Popper l'« opposition officielle » du Cercle de Vienne (Neurath) ou – beaucoup s'en faut – le fossoyeur (autoproclamé) de l'empirisme logique. Il y va d'un commentaire très lucide sur la *Logik der Forschung* :

Cette étude menée avec un sens critique très aigu conduit d'abord à séparer plus qu'à réunir les domaines de la logique et de l'expérience. La logique arrive cependant plus ou moins directement à pénétrer l'expérience, ou plutôt à encadrer l'expérience, ou plutôt encore à doubler l'expérience d'une façon assez insidieuse pour que la déclaration de causalité se fasse parfois sous le couvert d'une déduction à partir d'un ensemble de lois générales et des conditions toutes particulières de leur application⁴⁰.

En effet, le modèle déductif-nomologique d'explication scientifique, plus tard élaboré par Hempel, se trouve *in ovo* dans la *Logik der Forschung*.

Bachelard ne s'en prend pas tant au modèle hypothético-déductif de la science qu'à l'exploitation épistémologique qu'entend faire l'épistémologie viennoise de la logique formelle. Comme l'expression « de façon assez insidieuse » le laisse bien voir, la logique, pour Bachelard, ne pénètre pas l'expérience : cela est l'affaire des mathématiques. On a mentionné plus haut la fin de non-recevoir que Bachelard avait opposée à la nouvelle logique. Pour un Carnap qui, à l'instar de Bachelard, voit dans la science un système de relations et qui, contrairement à Bachelard, a été très tôt au fait de la nouvelle logique, qui incorporait la logique des relations élaborée dans la seconde moitié du XIX^e siècle et achevée par Ernst Schröder, l'équation était simple : si la science est un système de relations et si la nouvelle logique comporte la logique des relations, l'épistémologie traditionnelle des sciences doit être relayée

par la logique de la science. Ce passage est indiqué dans son article « De la théorie de la connaissance à la logique de la science »⁴¹. Alors que la philosophie des sciences de Carnap délaisse Kant au fur à mesure qu'elle fait place à une théorie du langage, l'épistémologie bachelardienne demeure fidèle à Kant par la centralité qu'elle accorde à la mise au jour du processus d'objectification des concepts.

Nous touchons ici à un second point de divergence fondamentale entre Bachelard et l'empirisme logique, qui est la question du psychologisme. On entend par psychologisme la doctrine qui affirme que la logique décrit le processus effectif de la pensée et par là, relève de la psychologie⁴². De ce point de vue découle que les lois de la logique perdent leur nécessité et deviennent historiquement contingentes, au même titre que les lois de la psychologie. On sait que Frege, et à sa suite Husserl, avaient mené un combat contre le psychologisme et les prétentions de la psychologie empirique à fonder la logique (ce qui voulait dire aussi pour Frege fonder les mathématiques). L'empirisme logique dans son ensemble s'est associé au combat mené (et tenu pour gagné) contre le psychologisme. Bachelard, pour sa part, ne renonça jamais au psychologisme. Dans sa recension de l'ouvrage de Reichenbach sur la théorie des probabilités, il reconnaît les mérites des investigations axiomatiques formelles, soulignant la « saine pédagogie de la formalisation » et la « soudaine homogénéité » conceptuelle apportée par une axiomatisation complète, mais il déplore du même coup que l'axiomatisation scientifique demeure disloquée de la psychologie de l'esprit scientifique.

Terminons par la question du conventionnalisme. Dans ses souvenirs du Cercle de Vienne, l'un des empiristes logiques de la première heure, Philipp Frank, ne manqua pas de souligner que la méthode axiomatique prônée par l'empirisme logique comportait et exigeait même une interprétation conventionnaliste des axiomes qui faisaient le travail du principe de causalité :

Le système axiomatique, l'ensemble des relations entre les symboles, est un produit de notre libre imagination ; il est arbitraire. Mais si les concepts qui y apparaissent sont mis en relations définissantes avec certains autres qui sont reliés à l'observation, ce système axiomatique, s'il est bien choisi, devient une description économique des faits observables. On peut alors introduire la loi de causalité en tant que convention arbitraire, la délivrant ainsi de ses apparences paradoxales⁴³.

Pour Frank, successeur d'Einstein à la chaire de physique théorique à Prague, l'épistémologie collective du groupe autour de Schlick était issue d'une synthèse entre le phénoménalisme machien et le conventionnalisme français des Poincaré, Rey et Duhem.

C'est ici qu'on peut mentionner un différend d'importance entre Bachelard et l'empirisme logique. À l'opposé de l'empirisme logique, qui fut dès l'origine fortement influencé par le conventionnalisme sémantique de Poincaré et de Hertz, pour plus tard (sous l'influence d'Hilbert) l'amalgamer à la méthode axiomatique formelle, Bachelard s'est montré réticent à la valorisation épistémologique des conventions en science. Curieusement, conventionnalisme et empirisme étaient pour lui plus ou moins identiques, et il les considérait tous deux comme des philosophies trop « détendues »⁴⁴. En particulier, il croyait le conventionnalisme incapable d'expliquer le processus d'objectivation des concepts scientifiques et ne le considérait certes pas comme un point de vue épistémologique à part entière⁴⁵.

L'empirisme logique était pour sa part profondément convaincu de l'importance du vecteur conventionnaliste, tant et si bien que l'usage aujourd'hui est de caractériser sa doctrine comme effectuant la relativisation de l'*a priori* en termes conventionnalistes. On conviendra que ce n'est que sur la base de conventions nécessaires à la construction de ses concepts de base que la théorie physique en arrive à des énoncés contingents, et il y a un sens certain à placer les conventions au centre de la réponse à la question kantienne des conditions de possibilité de la science.

Notes du chapitre 4

1. Bachelard, G., 1940, 8-9.
2. Voir Leroux, J., 2010, chapitre premier. Notons l'analogie de l'approche avec celle de Helmholtz pour qui l'analyse des sensations, que Kant avait rapidement menée de façon *a priori* dans l'*Esthétique transcendante* de la *Critique de la raison pure*, devait dorénavant être prise en charge de façon empirique par la science de la physiologie.
3. Voir *ibid.*, Chapitre III.
4. Bachelard, G., 1951, 112.
5. Bachelard, G., 1934, 12.
6. G. W. F. Hegel, *La Phénoménologie de l'esprit*, t. I, tr. J. Hyppolite, Paris, Aubier, 1941, 37-38.
7. Bachelard, G., 1949, 28sq.
8. Bachelard, G., 1940, 144.
9. J'emploie les expressions logique arithmétique et logique interne au sens d'Yvon Gauthier (*Internal Logic. Foundations of Mathematics from Kronecker to Hilbert*, Dordrecht, Kluwer, 2002), comme j'ai acquiescé plus haut à sa traduction de *Aufhebung* par « sursomption ».
10. Voir Dominique Lecourt, « 'Épistémologie », in *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, éd. D. Lecourt, Paris, PUF, 1999, 365-368 : « Dès 1926, le mathématicien philosophe suisse Ferdinand Gonseth, dans son grand ouvrage sur *Les fondements des mathématiques*, pose que « les règles de la logique ne paraissent pas avoir un domaine de validité illimité » et « ne sont peut-être justes qu'en fonction de ce à quoi on les applique ». Le mathématicien et logicien italien Frederigo Enriques se rallie bientôt à l'idée que la logique serait « une physique de l'objet quelconque ». Le jeune philosophe et logicien français Jean Cavaillès va dans le même sens, rejoint par Bachelard.
11. Voir Leroux, J., 2010, Chapitre V.
12. Bachelard, G., 1935b.
13. Bachelard, G., 1940, 10.
14. Bachelard, G., 1953, 207.
15. L'épistémologie évolutionniste mise en vogue par Quine se réclame de Mach et Boltzmann.
16. Ernst Mach, *La connaissance et l'erreur*, Paris, Flammarion, 1908, 13.
17. Henri Poincaré, *La valeur de la science*, Paris, Flammarion, 1905, 158.
18. Bachelard, G., 1934, 7. Pour la relation de Bachelard à l'épistémologie viennoise, voir Leroux, J., 2002a.

19. Ernst Mach, *La connaissance et l'erreur*, Paris, Flammarion, 1908, 9.
20. Bachelard, G., 1928, 158-159.
21. Henri Poincaré, *La valeur de la science*, Paris, Flammarion, 1905, 181.
22. *Ibid.*, 181 (c'est nous qui soulignons).
23. Henri Poincaré, *La science et l'hypothèse*, Paris, Flammarion, 1902, 25.
24. Paris, Alcan, 1907 ; 3^e éd., 1930, Sur ce point, voir également Leroux, J., 2010, Chapitre II.
25. Bachelard, G., 1928, 160.
26. *Ibid.*, 24.
27. *Ibid.*, 31.
28. Bachelard, G., 1934, 12-13.
29. Bachelard, G., 1928, 25.
30. *Ibid.*, 58.
31. *Ibid.*, 73.
32. *Ibid.*, 105.
33. *Ibid.*, 107-108.
34. Bachelard, G., 1935a, 1935b, 1935c.
35. Friedrich Stadler, *Studien zum Wiener Kreis*, Francfort-sur-le-Main, Suhrkamp, 1997, 542-543.
36. Aristides Baltas, Kostas Gavroglu et Vassiliki Kindy, « A Discussion with Thomas S. Kuhn », in Kuhn, T., 2000, 255-323, 284-285. La réception plus récente de Bachelard aux Etats-Unis s'intéresse plutôt à son œuvre poétique. Voir : Teresa Castelão-Lawless, « La philosophie scientifique de Bachelard aux États-Unis : son impact et son défi pour les études de la science », in *Bachelard dans le monde*, éd. Jean Gayon et Jean-Jacques Wunenburger, Paris, PUF, 2000, 77-94.
37. Bachelard, G., 1934, 8.
38. *Ibid.*, 10.
39. Bachelard, G., 1934, 13. À noter que Bachelard répond " Oui, mais... " au positivisme comme tel.
40. Bachelard, G., 1935a, p. 446.
41. Carnap, R., 1936b.
42. Voir Leroux, J., 2010, Chapitre V.
43. Frank, P., 1949 (1975), 14.
44. Bachelard, G., 1949, 8.

45. « On prenait au XIX^e siècle les hypothèses scientifiques comme des organisations schématiques ou même pédagogiques. On aimait à répéter qu'elles étaient de simples moyens d'expression. La science, croyait-on, était réelle par ses *objets*, hypothétique par les *liaisons* établies entre les objets. À la moindre contradiction, on abandonnait ces hypothèses de liaison que l'on taxait de conventionnelles, comme si une convention scientifique avait d'autre moyen d'être objective que le caractère rationnel ! » (Bachelard, G., 1931, 55-65 ; 1970, 11-24, 13-14).

Chapitre 5

L'historicisme. Thomas Kuhn (1922-1996)

L'acquisition des théories scientifiques

La venue en philosophie de Thomas Kuhn n'est pas due à sa formation académique, mais à ses intérêts personnels. Lors de ses études en physique de l'état solide, il put suivre des cours de philosophie – où Kant fut une « révélation ». Ses études doctorales à Harvard n'étaient pas encore terminées qu'il accepta une charge d'enseignement en histoire de la physique. La parution en 1962 de son premier ouvrage *La structure des révolutions scientifiques* suscita un énorme intérêt en philosophie des sciences, qui fut prompte à s'accaparer les nouveaux vocables (*paradigme, science normale, incommensurabilité*) et à engager la discussion sur des points litigieux¹. En fait, autant du côté des tenants de l'empirisme logique que de celui de l'école poppérienne, on assista à un véritable branle-bas de combat face à ce qui fut perçu comme un ouvrage qui mettait en question les valeurs de rationalité et d'objectivité en science. Plusieurs des débats qui suivirent de près la parution de la *Structure des révolutions scientifiques* (dorénavant *SRS*) furent dus dans une large mesure à des erreurs de lecture, pour lesquelles Kuhn a d'ailleurs reconnu une certaine part de responsabilité². Au reste, c'était bel et bien les notions de rationalité, d'objectivité

et de progrès scientifiques *telles que conçues par la philosophie des sciences* que la SRS invitait à repenser.

Kuhn publia deux ouvrages en histoire des sciences, l'un sur la révolution copernicienne, et l'autre sur le rayonnement du corps noir et la révolution quantique³. Sur le strict plan de l'histoire des sciences, Kuhn dit avoir puisé surtout chez Alexandre Koyré, qui lui reconnut subséquemment le mérite d'avoir rapproché ce que les historiens des sciences appellent l'*histoire interne* et l'*histoire externe*⁴. C'est toutefois dans ses articles s'adressant à la communauté philosophique que Kuhn a exposé et élaboré les conceptions qui lui ont valu l'intérêt d'un vaste public.

Les conceptions épistémologiques de Kuhn s'imbriquent dans un ensemble de thèses portant sur les paradigmes scientifiques, la science normale, les crises et les révolutions scientifiques, thèses qui dressent un modèle discontinuiste de l'évolution des théories scientifiques où l'emphase est mise sur l'incommensurabilité des théories rivales qui se sont succédées dans l'histoire des sciences.

Il serait erroné de penser que c'est cet aspect discontinuiste du modèle kuhnien qui a causé une si vive réaction au sein de la philosophie des sciences. On a vu que l'école poppérienne a toujours opéré à l'intérieur d'un tel modèle, alors que l'empirisme logique, dont l'épistémologie fut rôdée en regard de la révolution einsteinienne, l'a toujours tenu pour acquis. Il y a une vulgate qui attribue à l'empirisme logique la naïveté de soutenir une conception continuiste ou cumulative de l'évolution des théories scientifiques. Cela relève d'une coutume bien ancrée chez ses opposants d'utiliser l'empirisme logique comme simple repoussoir. On pourrait en effet sérieusement se demander quel « néopositiviste » a défendu un modèle linéaire de l'évolution des sciences. Certes aucun membre du Cercle de Vienne. Prenons uniquement à témoin Carnap qui, à titre d'éditeur de l'*International Encyclopedia of Unified Science* (la revue officielle de l'empirisme logique exilé aux États-Unis), écrivit deux lettres à Kuhn exprimant son approbation enthousiaste à l'emphase mise dans l'ouvrage sur le rôle de schèmes conceptuels novateurs lors de révolutions scientifiques⁵.

Le modèle discontinuiste mis de l'avant dans la SRS n'attaquait donc aucune conception philosophique reçue ; de plus, il correspondait à l'image que les scientifiques eux-mêmes se font du développe-

ment de la science. Limitons-nous à citer à témoin deux auteurs qui ont été traités dans le premier volume de cet ouvrage, Ludwig Boltzmann et Henri Poincaré.

Erhard Scheibe a attiré l'attention sur le fait que, déjà en 1895, Boltzmann exprimait des vues étonnamment similaires à celles que l'on retrouvera chez Kuhn :

Peut-être le profane s'image-t-il qu'on ajoute continuellement aux conceptions de base et aux causes fondamentales des phénomènes, et qu'on arrive à en savoir toujours plus dans ce qui procède d'un développement continu. Cette conception est toutefois erronée, et l'évolution de la physique théorique s'est toujours accomplie par bonds. Maintes théories ont été développées sur des décennies, voire sur plus d'un siècle, si bien qu'elles finissaient par offrir une image passablement exhaustive d'une certaine classe de phénomènes. Puis alors de nouveaux phénomènes étaient découverts qui contredisaient cette théorie. Les tentatives d'accorder la théorie à ces nouveaux faits demeuraient vaines. Il en résultait une lutte entre les tenants de l'ancienne théorie et ceux d'une toute nouvelle façon de concevoir les choses, jusqu'à ce qu'enfin cette dernière s'implante de façon générale⁶.

Et Boltzmann de continuer :

On disait alors que l'ancienne façon de voir les choses avait été reconnue comme fausse. Cela sonne comme si la nouvelle façon devait être absolument juste, et comme si l'ancienne (en tant que fausse) devenait complètement inutile. Pour éviter l'apparence de faire cette double assertion, on dit aujourd'hui tout simplement que le nouveau mode de représentation offre une meilleure image [*Abbild*], plus achevée, qui décrit plus adéquatement les faits. On veut par là exprimer clairement que l'ancienne théorie aussi était utile, en ce qu'elle aussi donnait une image partielle des faits, de même que la possibilité n'est pas exclue que la nouvelle théorie puisse être repoussée à son tour par une autre encore plus adéquate⁷.

Henri Poincaré s'est aussi exprimé sur le sujet. Après avoir énoncé le principe que nous ne connaissons pas les choses, mais uniquement les rapports entre les choses, il décrit ainsi l'évolution des théories en science :

Au premier abord il nous semble que les théories ne durent qu'un jour et que les ruines s'accumulent sur les ruines. Un jour elles naissent, le lendemain elles sont à la mode, le surlendemain elles sont classiques, le troisième jour elles sont surannées et le quatrième elles sont oubliées. Mais

si l'on y regarde de plus près, on voit que ce qui succombe ainsi, ce sont les théories proprement dites, celles qui prétendent nous apprendre ce que sont les choses. Mais il y a en elles quelque chose qui le plus souvent survit. Si l'un d'entre elles nous a fait connaître un rapport vrai, ce rapport est définitivement acquis et on le retrouvera sous un déguisement nouveau dans les autres théories qui viendront successivement régner à sa place⁸.

On le voit, aspects de continuité et aspects de discontinuité en science font bon ménage dans l'idée que se font les scientifiques du développement de leur discipline. Le modèle kuhnien ira dans les mêmes lignes, affirmant l'alternance de périodes (sociologiquement stables) de science normale et de périodes (instables) de science révolutionnaire, cette dernière résultant de la présence d'anomalies qui en viennent à causer une crise dans la communauté scientifique. Kuhn, qui s'est toujours dit étonné de l'émoi provoqué par la parution de la *SRS*, aurait convenu de cette filiation existant entre ses propres conceptions, et celles qui ont cours en physique.

Les vives réactions des milieux philosophiques au modèle de Kuhn provenaient essentiellement du fait que ce dernier y parvenait par une voie qui était étrangère, sinon réfractaire, au cadre épistémologique même de la philosophie des sciences, c'est-à-dire le contexte de la justification. Kuhn construit son modèle et forge son vocabulaire en poursuivant une problématique de l'acquisition ou de l'apprentissage des théories scientifiques. Le contexte de l'acquisition des théories scientifiques peut aussi correspondre, lorsqu'il s'agit de théories nouvelles, au contexte de la découverte.

Kuhn approche la question de l'acquisition d'une théorie scientifique en analogie avec celle de l'acquisition d'une langue. C'est d'ailleurs des grammaires scolaires, utilisées pour apprendre les langues étrangères, qu'il emprunte la notion de paradigme. Quiconque a appris le latin, le grec ou quelque autre langue flexionnelle connaît bien les paradigmes de déclinaisons et de conjugaisons, par exemple : « *amabo, amabas, amabam, amabamus, amabatis, amabant* ». Le verbe latin *amare* est utilisé comme exemple-type pour indiquer comment former le mode prétérit de tous les verbes latins ayant la terminaison *-are*. Une grammaire doit montrer comment conjuguer le plus de verbes possibles, tout en en conjuguant le moins possible : elle se sert d'un nombre relativement restreint de paradigmes qui exemplifient la conjugaison

de verbes réguliers. C'est ainsi qu'un locuteur internalisera (et non pas : apprendra par cœur) la grammaire d'une nouvelle langue. Dans leur période de formation, les scientifiques internalisent une théorie à l'aide de paradigmes dont se servent les manuels. Les manuels contiennent des exemples-type (souvent illustrés) des problèmes centraux que la théorie s'applique à résoudre, et de solutions que la théorie leur apporte. Dans sa formation scientifique, le néophyte se verra confronté à des problèmes similaires où il devra trouver des solutions similaires. Il se familiarise ainsi avec la sorte de problèmes auxquels il sera professionnellement confronté, et la sorte de solutions licites auxquelles il devra parvenir. Dans les termes de Kuhn, il s'engage dans une activité de résolution de problèmes et il internalise une constellation de problèmes et de solutions aux problèmes, ce qui constituera le gros de sa formation de base. On pourrait s'étonner que Kuhn ne fasse aucune mention des mathématiques (dans les manuels contemporains de physique, les premiers chapitres sont entièrement dédiés à l'appareil mathématique nécessaire pour comprendre la théorie), qui sont le passage nécessaire à la compréhension des théories scientifiques. Mais Kuhn adopte d'emblée une approche fortement instrumentaliste sur la question : on acquiert une théorie scientifique en apprenant comment l'appliquer.

La transposition de la notion de paradigme du contexte des grammaires d'école à celui des manuels scientifiques s'avère fertile à plusieurs points de vue. Dans la *SRS*, le terme paradigme tient lieu et place du terme théorie, dont Kuhn est très économe. Kuhn voulait ainsi marquer le fait qu'il se distançait de l'approche syntaxique des théories scientifiques qui prévalait alors autant chez les poppériens que chez les empiristes logiques : la conception d'une théorie en tant que système axiomatique d'énoncés établissant une systématisation déductive de l'expérience. Kuhn préfère utiliser le terme paradigme, qui, au niveau des connotations, est beaucoup plus large que ce que la logique des sciences considère être son matériau d'analyse.

L'approche de Kuhn s'apparente plutôt à la conception sémantique qui considère les théories scientifiques en tant qu'entités conceptuelles s'appliquant avec plus ou moins de succès à un domaine empirique d'applications visées. Puisque ce sont des énoncés (des entités linguistiques), et non des concepts (des entités sémantiques), dont on peut prédiquer la vérité et la fausseté, il s'en ensuit que tout

prétendu processus de réfutation est d'emblée mis hors circuit dans l'optique de Kuhn⁹. Son approche admet de fortes composantes conventionnalistes aux théories scientifiques et elle est très proche d'une prise de position anti-réaliste concernant la question du réalisme scientifique. En fait, Kuhn ne parviendra jamais à apaiser la tension, constamment présente en lui, entre le réalisme scientifique dont il n'a jamais pu se départir, et l'anti-réalisme inhérent à son approche instrumentaliste – ce qui explique, entre autres, qu'il se soit toujours abstenu de parler de vérité ou de fausseté en science.

L'évolution des théories scientifiques

Dégageons d'abord les points saillants du modèle kuhnien d'évolution des théories scientifiques.

1. Dans l'histoire des sciences se succèdent des périodes de science normale et de science révolutionnaire. Au début il y a une période préparadigmatique.
2. Une période de science normale est caractérisée par la domination d'un paradigme internalisé par un certain groupe de chercheurs. Cela établit une tradition de résolution d'énigmes [*puzzle-solving tradition*].
3. Une période de science révolutionnaire est déclenchée par une crise. Cette crise provient de l'émergence d'anomalies et d'échecs répétés à pouvoir les résoudre.
4. Une révolution scientifique consiste en un changement de paradigme.
5. Le paradigme régnant demeure jusqu'à l'émergence d'un nouveau paradigme.
6. Les paradigmes sont incommensurables. La révolution scientifique que constitue un changement de paradigme se compare plus ou moins à un processus de conversion collective à une nouvelle croyance.

On remarque la centralité de la notion de paradigme, qui est mise à contribution à plus d'un titre. Sur le plan scientifique, le paradigme est ce qui à la fois permet et guide la recherche. Sur le plan de l'histoire

des sciences, le paradigme est ce qui sert de principe d'identification et d'individuation des communautés scientifiques. À l'intérieur du modèle, enfin, c'est sur la base de cette notion que Kuhn définit la science normale (suprématie du paradigme), la crise scientifique (ébranlement du paradigme) et la révolution scientifique (changement d'adhésion collective au paradigme).

Les paradigmes scientifiques

La notion de paradigme apparaît déjà dans Kuhn (1959), mais c'est dans son article de 1961 sur la fonction de la mesure en physique moderne qu'on retrouve la première transposition du concept de paradigme du contexte des grammaires à celui des manuels scientifiques¹⁰.

L'article aborde l'image qui se dégage du rôle de la mesure dans les manuels de physique. Kuhn souligne au départ qu'il ne s'intéresse pas au rôle traditionnellement dévolu à la mesure par la philosophie des sciences, tout en convenant qu'effectivement, la mesure possède en science à la fois une fonction heuristique, dans la découverte de nouvelles théories, et une fonction d'ordre méthodologique, dans la vérification ou la mise à l'épreuve des théories connues. Toutefois, cette double fonction heuristique et méthodologique n'est pas ce qui transparaît dans les manuels ; elle se manifeste plutôt dans la littérature scientifique que constituent les écrits originaux, les revues savantes et les périodiques. Kuhn ajoute que le rôle important de la mesure dans la découverte et dans la vérification des théories est le plus apparent dans le contexte bien spécifique de théories qui ne sont pas encore achevées, ou de théories qui font l'objet d'une mise en examen. Alors que dans les manuels, où le contexte (pédagogique) est tout autre, l'illustration des procédés de mesure joue un rôle essentiellement différent.

Les manuels donnent une présentation standardisée et remise à jour de la théorie dont il s'agit. La donnée des lois générales de la théorie est accompagnée d'exemples d'applications réussies, souvent à l'aide de tableaux comportant des résultats de mesure :

Valeurs théoriques (prédites)	Valeurs expérimentales (mesurées)
3,2426	3,2424
4,1618	4,1627
5,1830	5,1819
...	...

Que représentent ces tableaux, ces chiffres ? Ils n'ont pas pour but de rapporter le résultat d'une mise à l'épreuve de la loi en question, ou de montrer comment on en est arrivé à cette loi. Ces tableaux illustrent et définissent en même temps ce que représente pour cette théorie l'adéquation empirique. Le degré de divergence permis entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées varie selon la spécificité des théories et la particularité des applications, et ces tableaux nous indiquent la sorte d'exactitude à laquelle on est en droit de s'attendre de la théorie. Dans un certain sens, ils opèrent une fonction sémantique en ce qu'ils déterminent de façon paradigmatique (à l'aide de cas exemplaires d'application réussie de la théorie) ce qui tient lieu de correspondance aux faits pour cette loi dans ce genre d'applications. Ces tableaux sont intégrés aux paradigmes, c'est-à-dire aux cas les plus généraux et les plus importants d'application réussie de la théorie et, dans leur ensemble, ils en donnent le mode d'emploi. La théorie, nous dit Kuhn, serait incomplète sans ces tableaux.

Voilà donc le rôle tout à fait différent des procédés de mesure dans le contexte de l'apprentissage d'une théorie. Kuhn n'occulte pas pour autant les fonctions heuristique et méthodologique de la mesure en science. Dans son schéma d'évolution des théories scientifiques, la teneur méthodologique de la mesure se manifeste particulièrement en période de science normale. Le perfectionnement de la théorie en tant que paradigme (ou ensemble de paradigmes, au sens où Kuhn l'utilise dans cet article) comporte l'amélioration de son adéquation empirique, c'est-à-dire des correspondances entre les valeurs prédites et les valeurs obtenues. Cette fonction méthodologique de la mesure n'est toutefois pas celle qu'ont théorisée les poppériens : il ne s'agit pas de soumettre la théorie à des tentatives de réfutation, mais plutôt d'augmenter son degré d'exactitude. La mesure possède également sa fonction heuristique en contexte de science normale : l'invention de

nouveaux procédés de mesure pourront mener à l'extension de la théorie à de nouveaux domaines d'application.

Dans le modèle de Kuhn, la fonction que la méthodologie poppérienne attribue à la mesure n'opère qu'en période de crise, lorsque l'adhésion collective au paradigme vacille. En période de science révolutionnaire où un paradigme rival est en gestation, on invente de nouveaux instruments et de nouveaux procédés de mesure. Kuhn ajoute que dans le choix entre deux paradigmes, exactitude et précision des mesures demeurent les critères qui répugnent le plus aux scientifiques d'abandonner. Bref, parmi les deux fonctions généralement reconnues à la mesure par la philosophie des sciences, la fonction méthodologique se fait plus forte en période de science normale, alors que la fonction heuristique est plus présente en contexte de science révolutionnaire.

Ces considérations sur le rôle de la mesure indiquent bien ce que Kuhn entendait initialement par le terme paradigme : les paradigmes sont des cas exemplaires d'application réussie de la théorie, que les auteurs de manuels choisissent à des fins pédagogiques et qui sont « internalisés » dans la formation de l'« esprit scientifique », en quelque sorte. L'étudiant apprend ainsi à décoder les phénomènes selon les termes de ces paradigmes et à les repérer dans une panoplie d'autres phénomènes similaires. Dans leur ensemble, ces paradigmes enseignent une façon de voir le monde et de découper la réalité.

Quand Kuhn publiera un an plus tard la *SRS*, le terme paradigme sera utilisé de façon générique, connotant l'ensemble des paradigmes d'une théorie. Appartiennent au paradigme dans ce sens plus général les équations fondamentales, les modèles et les abstractions utilisées par la théorie. De plus, le terme acquiert une plus forte connotation sociologique dans la *SRS* : cette constellation de composantes du paradigme constitue l'allégeance collective de la communauté scientifique associée au paradigme. Kuhn en viendra en préférer au terme paradigme le terme *matrice disciplinaire*, réservant le premier à son emploi original, que l'on retrouve dans l'expression *applications paradigmatiques d'une théorie*.

C'est dans son article sur la fonction du dogme dans la recherche scientifique, publié en 1963, que Kuhn pose les bases sociologiques de son étude de la science¹¹. Comme le titre l'indique, Kuhn y traite du

dogmatisme en science, un anathème pour les poppériens (qu'il ne nomme pas).

Tel que Kuhn l'entrevoit, le scientifique individuel, dans sa pratique ordinaire, normale, fait preuve de dogmatisme. Il est convaincu du bien-fondé de la théorie dans laquelle il opère et il est confiant dans ses succès futurs. Il a de fortes préconceptions sur la sorte de phénomènes que l'on peut bien rencontrer dans la nature et sur les moyens à utiliser pour y appliquer la théorie. Il connaît déjà à l'avance les moindres détails des résultats escomptés. Si les résultats prévus et calculés ne tardent pas trop à venir, il aura mérité ses subventions et l'estime de ses collègues. Dans le cas contraire, il va lutter jusqu'à ce qu'il obtienne les résultats conformes. Et pourtant, nous dit Kuhn, on considère généralement l'entreprise scientifique comme étant une activité critique. Certes, l'histoire des sciences est là pour nous révéler tous les préjugés entretenus par les plus grands savants, voire dans certains cas leur résistance à toute innovation, mais ce phénomène est relégué au rang de l'anecdote. Pourtant, d'ajouter Kuhn, le dogmatisme est beaucoup plus la règle que l'exception dans la pratique scientifique. Il importe de voir que cette attitude caractérise ce qu'il y a de plus bénéfique et de plus créateur dans la recherche scientifique. Loin d'être un indice d'égarements singuliers, ce dogmatisme est davantage une caractéristique qui a des racines profondes dans la méthodologie des communautés scientifiques ; il est même un indice que la discipline en question a atteint un stade de maturité.

Selon Kuhn, la science adulte ne saurait exister sans un tel dogmatisme. Il pose la thèse que les paradigmes en science sont exclusifs. Le paradigme représente la façon de faire de la communauté scientifique en question, et un nouveau paradigme ne peut pas cohabiter avec un ancien. On n'incite pas le scientifique individuel, dans sa formation, à s'instruire des paradigmes anciens. Kuhn y va de l'occasion pour déplorer l'anhistorisme régnant dans l'enseignement des sciences et y aller d'une seconde thèse concernant les paradigmes scientifiques : l'oubli de leur histoire. Kuhn aborde en passant un point sur lequel Bachelard a élaboré : la relation particulière que la science entretient avec son histoire (comparativement aux arts ou, disons, la philosophie). Lorsqu'une tradition scolastique [*textbook tradition*] s'est implantée dans une discipline scientifique, où le paradigme est constamment mis à jour (incluant le formalisme mathématique) pour

fins pédagogiques, les débuts sont oubliés. On mentionne rapidement les classiques, dont certaines lois de la théorie portent le nom, mais on n'incite pas à *lire* Galilée ou Newton ; il y a des départements d'histoire des sciences pour cela.

Antérieurement à l'implantation d'un paradigme, dont l'émergence d'une tradition de manuels est le signe, Kuhn envisage l'existence d'une période préparadigmatique – laquelle est, à notre sens, une catégorie douteuse, car, comme nous l'avons mentionné, le paradigme est pour Kuhn ce qui à la fois permet et guide la recherche. Une période préparadigmatique ne pourrait donc correspondre qu'à une période préscientifique, au mieux, à une période d'ébauche, au pire, à une période de tâtonnements. Il est également évident qu'un paradigme ne peut pas jaillir de nulle part : il n'y a pas de point zéro de la connaissance. Or ce qui est ici envisagé est différent du passage d'un paradigme à un autre, qui tombe sous la catégorie kuhnienne de révolution scientifique. L'idée du passage d'une période préparadigmatique à une période paradigmatique renvoie à celle du passage de la connaissance commune à la connaissance scientifique. Mais on trouvera peu d'indications sur ce thème chez Kuhn.

Quoi qu'il en soit, Kuhn réserve un traitement essentiellement sociologique à la question de l'émergence d'un paradigme scientifique. Il y a bel et bien un certain flou, admet-il, à la délimitation des paradigmes, mais, nous assure-t-il, les paradigmes sont facilement identifiables par l'historien des sciences. Le paradigme newtonien, par exemple, comporte les équations de mouvement plus la loi de gravitation et les succès paradigmatiques qui ont présidé à son implantation, soit l'intégration des mécaniques terrestres et célestes, avec, en supplément, l'explication du phénomène des marées. Sauf qu'on pourrait objecter que la loi de gravitation, en tant qu'action à distance, n'a jamais obtenu l'adhésion inconditionnelle des troupes (même si, bien sûr, tous l'utilisaient).

En résumé, un paradigme kuhnien a de prime abord une fonction sociologique, en tant qu'objet d'allégeance collective et principe de cohésion de la communauté. Il possède sa force méthodologique et sa fonction heuristique. Pour qu'il y ait recherche scientifique, il doit y avoir quelque chose qui la guide et indique les directions à prendre : c'est ce qu'accomplit le paradigme, en tant que constellations d'approches acceptées et de solutions légitimes. Le paradigme a enfin un

impact ontologique : c'est lui qui nous informe de quelles sortes d'entités est peuplé l'univers et de quelle sorte de comportement sont susceptibles ces entités.

Même si Kuhn n'aborde pas cette problématique, il importe de souligner que le paradigme possède une fonction essentielle, qu'on pourrait proprement qualifier d'épistémologique, qui est celle de permettre l'explication scientifique. Il en est de l'explication comme il en est de la définition et de la preuve. Notre situation épistémologique n'en est pas une où l'on définit tout, où l'on prouve tout, où l'on explique tout. De même qu'une analyse de la définition fera le tri entre *termes primitifs* et *termes définis* sur la base des termes primitifs, de même qu'une analyse de la preuve départagera les énoncés primitifs (les *axiomes* acceptés sans preuve) des énoncés prouvés sur la base de ceux-ci (les *théorèmes*), une analyse de l'explication verra la nécessité de poser du non-expliqué (au double sens qu'il n'est pas expliqué et qu'il ne demande pas explication) afin de permettre l'explication de ce qui exige explication. Eu égard aux phénomènes naturels, ce non-expliqué ou cette base du système explicatif correspond à ce qu'on pourrait considérer comme un cours normal des choses ; armés d'un tel cours normal des choses auquel s'associent des schèmes d'attentes, nous pouvons expliquer les phénomènes qui exigent explication (qui dévient de cet horizon d'attentes) sur la base de ce qui ne demande pas explication. La science ne se demande pas pourquoi tel et tel phénomène s'est comporté de telle et telle façon ; elle se demande pourquoi tel et tel phénomène s'est comporté de telle et telle façon, *et pas autrement*. Bien que Kuhn n'ait pas lui-même abordé ce point, on peut affirmer en toute sécurité que le paradigme, tel qu'il l'entend, est ce qui permet l'explication en science.

La science normale

Nous avons dit plus haut que l'approche kuhnienne s'apparente aux conceptions sémantiques des théories scientifiques. Parmi celles-ci, la conception structuraliste initiée et élaborée par Joseph Sneed et Wolfgang Stegmüller dans les années 1970 a eu l'intéressante caractéristique de présenter à la fois une continuation de la problématique empiriste logique et une intégration des vues de Kuhn sur la science

normale¹². Nous utiliserons cette reconstruction, à laquelle Kuhn a acquiescé, afin d'illustrer les vues de Kuhn sur la science normale¹³.

Il faut auparavant revenir sur un changement terminologique important en ce qui concerne la notion de paradigme. Subséquemment à la parution de la *SRS*, Kuhn a introduit la notion de matrice disciplinaire pour dénoter ce qu'une communauté scientifique partage comme allégeance collective, et ce qui l'individualise en même temps. Une matrice disciplinaire est composée :

- de généralisations symboliques, par exemple le schéma $f = ma$;
- de modèles, par exemple l'atomisme ;
- de valeurs, par exemple, l'exactitude, la précision ;
- d'exemples typiques ou standards de résolutions d'énigmes, de succès paradigmatiques concrets.

Le terme paradigmatique est dorénavant réservé à la quatrième composante de la matrice disciplinaire : des cas paradigmatiques de recherche réussie. Cette composante est pour lui la plus importante : les cas paradigmatiques d'applications réussies de la théorie sont ce qui imprègnent le plus la recherche normale, sont ce qui caractérisent le plus l'activité du groupe et le stabilisent à la fois¹⁴.

Nous avons vu plus haut qu'une théorie scientifique serait incomplète sans la donnée des cas exemplaires d'application réussie de la théorie. Une théorie, dans cette nouvelle terminologie, comporte essentiellement deux composantes : une composante abstraite (des généralisations symboliques, des modèles, des valeurs) et une composante concrète (un ensemble paradigmatique d'applications réussies).

À ce titre, la notion kuhnienne de théorie s'apparente à la notion structuraliste. Afin d'illustrer de façon sommaire l'approche structuraliste, rappelons la distinction entre un énoncé (ou une proposition – nous pouvons utiliser ces termes comme synonymes dans le présent contexte) et une fonction propositionnelle – ce que Frege appelait un *concept*. Une fonction propositionnelle Px n'est pas une proposition et il n'y a aucun sens à affirmer qu'elle soit vraie ou fausse. Mais lorsqu'on l'applique à un objet déterminé, disons a , elle génère la proposition singulière Pa qui, elle, est vraie ou fausse. L'approche de base du

mouvement structuraliste est de considérer les théories comme des entités conceptuelles en ce sens. Elles ne comportent pas d'énoncés, mais elles mènent à un nombre ouvert d'énoncés $Pa, Pb, Pc, \dots$ par le fait de leur application.

À l'instar de Kuhn, Sneed et Stegmüller considèrent qu'une théorie scientifique possède deux composantes : l'une d'ordre conceptuel et l'autre, d'ordre objectuel. Plus précisément, on identifie une théorie T à un couple $\langle M_T, A_V \rangle$ où M_T se compose de modèles théoriques hautement mathématisés, et A_V , la composante objectuelle, qui est un domaine ouvert d'applications concrètes visées de la théorie. En d'autres termes, M_T est composé de modèles théoriques, incluant tout l'appareil analytique de la théorie, et A_V représente un ensemble de fragments observables de réalité auxquels la théorie entend s'appliquer. Ce domaine est déterminé de façon paradigmatique et il forme corps avec le noyau (D'ailleurs, dans le formalisme de Sneed, A_V est un sous-ensemble de M_T et ne doit son existence indépendante qu'à la nature concrète des structures qui le composent).

Dans une telle caractérisation, la théorie ne comporte pas de propositions universelles du genre $\forall x Px$; elle agit plutôt comme une fonction propositionnelle $P(\dots)$ qui, appliquée à des systèmes empiriques $a, b, c, \dots$, génère des propositions $Pa, Pb, Pc, \dots$ lorsqu'il est affirmé que la théorie s'applique adéquatement à ces systèmes. En fait, Sneed et Stegmüller adoptent la voie proposée par Ramsey (décrite au chapitre I) qui consiste à subsumer tous ces énoncés Pa, Pb, Pc sous un seul : $\exists \xi (\xi x \wedge x \in A_V)$. Cet énoncé affirme que tous les domaines d'applications visées de la théorie A_V peuvent être enrichis de relations théoriques ξ qui en font des modèles de la théorie¹⁵.

Le cadre d'analyse adopté par l'approche structuraliste gagne son aptitude à prendre en compte l'aspect dynamique des théories scientifiques à l'aide de deux distinctions qui renvoient à une perspective temporelle. Sneed distingue, parmi les modèles M_T d'une théorie, un sous-ensemble N qui représente les équations fondamentales de la théorie. N est appelé le noyau de la théorie. Parallèlement, il distingue, parmi les applications visées A_V de la théorie, un sous-ensemble A_p d'applications paradigmatiques. Le couple $\langle N, A_p \rangle$, c'est-à-dire les équations fondamentales couplées à leurs succès empiriques exemplaires, représente un paradigme au sens où Kuhn l'entendait initialement. Considéré sous son aspect temporel, $\langle N, A_p \rangle$ renvoie au couple

initial qui a gagné l'adhésion collective de la communauté scientifique associée à la théorie $\langle M_T, A_V \rangle$.

Le paradigme, disait Kuhn dans la *SRS*, n'est pas remis en question en période d'évolution normale. Les équations fondamentales qui composent le noyau N servent de base à la formulation de lois additionnelles qui sont des particularisations de celles-ci. Cette extension du noyau N à des modèles théoriques plus spécialisés M_T permettent d'étendre le domaine initial d'applications réussies A_p à des systèmes auxquels la théorie ne s'appliquait pas au départ. Le progrès en période de science normale consiste en des extensions du noyau (progrès théorique) et du domaine d'application (progrès empirique). Les modèles théoriques M_T prennent de l'ampleur par rapport aux théorisations de base N , et le domaine d'applications visées A_V prend de l'extension par rapport aux succès paradigmatiques initiaux A_p . C'est cette période de développement normal où les scientifiques travaillent à élaborer le noyau et à étendre le domaine d'application de la théorie. C'est dire qu'autant la recherche théorique que la recherche empirique se font sur la base du noyau et des applications paradigmatiques. Les équations fondamentales N sont présupposées (et non remises en question) dans la recherche de lois plus spécialisées. Quant aux succès paradigmatiques A_p , ils ont convaincu la communauté et ils servent de guides dans la recherche de nouvelles applications pour la théorie.

On retrouve dans cette reconstruction les idées émises dans la *SRS* voulant que le paradigme, en période de science normale, ne soit jamais remis en question, tout en demeurant perfectible. Dans les termes de la reconstruction structuraliste, le domaine d'applications visées A_V (qui fait corps avec la théorie $\langle M_T, A_V \rangle$) est déterminé de façon paradigmatique : les systèmes A_V sur lesquels le travail empirique se porte sont des domaines qui présentent des traits de similarité avec les applications réussies exemplaires A_p de la théorie. Déterminer un ensemble de façon paradigmatique revient à déterminer un ensemble malléable, extensible *et* rétractible. Car il se peut très bien qu'on ait travaillé, un certain temps, à appliquer la théorie à un domaine auquel on pensait qu'elle devrait s'appliquer (on a inclus un système à l'intérieur de A_V), pour éventuellement (suite à des échecs répétés d'application réussie) l'exclure de ce domaine. On le voit, un tel mécanisme ne laisse aucune place à quelque processus de réfutation que ce soit. De plus, le processus entier semble relever, sinon d'une logique de l'induc-

tion, à tout le moins d'une confiance d'ordre pragmatique en l'induction. On comprendra que la *SRS* heurta de front non pas l'empirisme logique, mais bien la méthodologie poppérienne. La réaction première de Popper fut d'ailleurs de nous prévenir des « dangers » de la science normale, pour admettre par la suite que sa méthodologie du rationalisme critique avait complètement négligé ce phénomène essentiel en science :

À la même époque, je pris conscience [...] de la valeur de l'attitude dogmatique – il faut que quelqu'un défende la théorie contre la critique, sinon elle succombera trop facilement, et avant d'avoir pu apporter ses contributions au progrès scientifique¹⁶.

Il faudra cependant attendre Lakatos pour qu'un poppérien prenne en compte les idées de Kuhn sur le plan méthodologique et tente de les intégrer à une forme amendée de rationalisme critique.

Les périodes de crise scientifique

Si les paradigmes scientifiques ne sont pas mis en question en période d'activité normale, ils ne sont pas pour autant éternels. En tentant d'élaborer l'élément conceptuel de la théorie en vue d'étendre son domaine d'application, on rencontre certaines difficultés. Certaines applications envisagées résistent et exigent beaucoup d'ingéniosité pour être converties en applications réussies du cadre théorique. En période de science normale, il y a toujours des problèmes à régler. Certains sont poursuivis et occupent la recherche, d'autres sont relégués à plus tard, d'autres, enfin, sont carrément évincés du domaine d'applications espérées de la théorie. Certains phénomènes récalcitrants peuvent cependant devenir le point de focalisation de la recherche. Règle générale, nous dit Kuhn, on assistera à l'apparition progressive d'anomalies, c'est-à-dire de phénomènes observés auxquels la théorie devrait normalement s'appliquer, mais ne s'applique pas. De tels problèmes non résolus ou inexpliqués peuvent prendre l'allure de problèmes insolubles ou inexplicables, c'est-à-dire ébranler la confiance et entraver le développement heureux du paradigme.

La question se pose de savoir si un paradigme scientifique doit nécessairement confronter des anomalies. Un paradigme ne pourrait-il pas chevaucher de succès en succès ? Y a-t-il une fatalité à la prolifération d'anomalies dans la vie normale d'un paradigme ? Kuhn

n'apporte aucune réponse à cette question. Plus intéressant est la réponse qu'il n'apporte pas, qui consisterait à dire que le paradigme contient des erreurs sur lesquelles on tombera tôt ou tard. Kuhn évite également d'évoquer la complexité de la réalité. Restons-en aux faits, et l'apparition d'anomalies est un fait historique dans l'évolution des sciences. En se développant, les paradigmes scientifiques ont de plus en plus d'ambitions et sans doute que l'ampleur des problèmes croît avec l'accroissement de la tâche.

Il y a une seconde question qui demeure sans réponse chez Kuhn. L'émergence d'anomalies peut provoquer une crise, mais ne provoque pas nécessairement une crise. Une anomalie peut être refoulée par la communauté scientifique, comme elle peut devenir le centre d'intérêt, le problème central, le point focal de la recherche. Tout paradigme vit dans un océan de problèmes à régler et l'existence d'anomalies est le lot de la vie normale d'un paradigme. Comment faire la différence entre les anomalies qui seront rangées sous la rubrique des défis et celles qui vont ébranler chez certains la confiance au paradigme et mener éventuellement à une crise ? Il n'y a pas de différence objective et la question est essentiellement de nature psychologique.

Devant des échecs répétés à résoudre une anomalie, le chercheur individuel qui s'est spécialisé dans le domaine ne pourra condamner la théorie. Ce sera plutôt à lui-même en tant qu'individu et en sa qualité de chercheur que s'adresseront les sourires de ses collègues. Kuhn utilise l'analogie du jeu d'échecs où le joueur qui ne connaît que des insuccès ne peut blâmer les règles du jeu. Il peut évidemment se mettre à travailler sur des règles alternatives, mais il tombera en discrédit auprès de la communauté des joueurs d'échecs.

La prolifération d'anomalies peut cependant mettre en branle un processus sociologique de généralisation de la perte de confiance au paradigme. De plus en plus de chercheurs tenteront des voies alternatives impliquant une dérogation aux équations fondamentales de la théorie. La communauté scientifique vit alors une période de crise où les vertus de la cohésion des approches font place aux tentatives d'élaboration de nouvelles équations, de nouveaux modèles, de conceptualisations autres des phénomènes.

En termes sociologiques, la communauté scientifique en période de crise est instable. Au début, les anomalies éparses ne pouvaient pas

discréditer le paradigme, mais seulement le scientifique individuel. Lorsque les anomalies prolifèrent, le blâme devient collectif et bascule sur le paradigme lui-même. Les anomalies n'ont pas chez Kuhn le statut épistémologique d'instances de réfutation de la théorie ; elles possèdent plutôt le statut sociologique de collectivisation de l'échec. Elles peuvent entraver le développement et la croissance du paradigme, mais elles ne peuvent, en elles-mêmes, causer sa chute. Sauf qu'en science, un paradigme qui ne progresse plus est déjà un paradigme défunt.

L'incommensurabilité kuhnienne

Kuhn caractérise une révolution scientifique en tant que passage d'un paradigme à un autre. Dans le but d'illustrer ses conceptions sur le sujet, nous discuterons deux questions auxquelles il tente de donner réponse :

1. Comment en vient-on à accepter un nouveau paradigme ?
2. Quel rapport existe-t-il entre l'ancien et le nouveau paradigme ?

Quant au premier point, nous avons vu que Kuhn, dans la *SRS*, pose la thèse de l'exclusivité des paradigmes scientifiques : puisque le paradigme est le principe d'identification et d'individuation des communautés scientifiques, deux paradigmes ne peuvent pas cohabiter à l'intérieur d'une communauté scientifique. À l'issue d'une crise menant à une révolution scientifique, le nouveau paradigme aura délogé l'ancien. Dans la *SRS*, Kuhn décrit ce processus en termes essentiellement psychosociologiques.

Dans une période de science révolutionnaire, l'activité scientifique normale est perturbée et la cohésion du groupe, mise à l'épreuve. Les proposants du nouveau paradigme tentent de convaincre les tenants de l'ancien paradigme de la supériorité du nouveau paradigme ; ils tentent d'amener les tenants de l'ancien paradigme à adopter un nouveau schème conceptuel (symbolisations de base, modèles, valeurs, etc.) et à les amener à une nouvelle vision des choses. Éventuellement, de nouveaux instruments et de nouvelles méthodes sont mis de l'avant. Bref, on invite à une façon différente de faire de la science. Interviennent alors de nouveaux rapports de force à l'intérieur de la commu-

nauté scientifique, sur lesquels la sociologie des sciences, nous dit Kuhn, pourrait faire de plus amples études.

À l'issue de la révolution scientifique, le changement d'allégeance au paradigme aura été le fait d'un choix de groupe. Au niveau du chercheur individuel, chacun y aura été de son propre cheminement. D'aucuns auront trouvé le nouveau paradigme plus prometteur ; à d'autres, il aura paru plus fertile, plus élégant, plus simple, plus précis, etc. Plusieurs auront invoqué une meilleure correspondance aux faits. Ces critères d'évaluation théorique qui ont cours en science sont connus de tous et Kuhn dit n'avoir rien à y ajouter, si ce n'est de s'inscrire en faux contre le spectre d'un algorithme de décision. Certaines approches formelles en méthodologie des sciences pourraient voir dans l'existence de tels critères un processus de décision gouvernant le choix entre paradigmes rivaux et répondant d'une quelconque théorie du choix rationnel. Nous avons ici affaire, souligne-t-il, à des valeurs, et non à des règles. Ces valeurs président au choix, mais elles ne le dictent pas. Prises une à une, elles peuvent aisément entrer en conflit (force prédictive et précision), comme elles peuvent être mesurées et pondérées de façon différente parmi les membres de la communauté ; qui aura fait carrière comme expérimentateur, par exemple, sera porté à accorder une plus grande importance à la précision des résultats qu'à l'élégance des équations mathématiques. L'absence d'algorithme de décision et la présence de facteurs subjectifs qui opèrent en science n'entravent pas la rationalité de l'entreprise ; Kuhn y décèle même une sorte de rationalité collective :

[...] Le recours du groupe à des valeurs partagées plutôt qu'à des règles partagées est une manière de répartir les risques et d'assurer les succès de l'entreprise à long terme¹⁷.

Il peut y avoir des failles d'objectivité et de rationalité dans la façon dont chaque membre individuel se ralliera au choix du groupe, mais ce changement de paradigme arrêté par la communauté scientifique *est* rationnel. C'est un choix professionnel qui porte l'autorité de la communauté en question, et c'est un choix scientifique en vertu de chacune des valeurs qui y président. Kuhn ne semble aucunement disposé à s'engager dans un discours sur l'objectivité et la rationalité de la science. « Supprimez la valeur *précision* ou *accord avec la nature*, dit-il, et le choix s'apparentera plus à celui d'une communauté philosophique¹⁸ ». Quant à la rationalité de la science, ce n'est pas qu'il

minimise l'idée, mais il la subordonne à la notion de progrès, qu'il juge coextensive à la notion même de science :

Notons immédiatement qu'une partie de la question [en quoi consiste le progrès en science ?] relève entièrement de la sémantique. Dans une très large mesure, le terme « science » est réservé à des domaines où le progrès est évident¹⁹.

La communauté scientifique est tout simplement l'autorité compétente en la matière pour décider lequel des deux paradigmes est le meilleur gage de progrès. À la question de la rationalité des choix inter paradigmatiques lors de révolutions scientifiques, Kuhn apporte une réponse qu'il veut positive et factuelle, et qui s'appuie sur une position historiciste : c'est un fait de la science que, historiquement, les communautés scientifiques ont su procéder au meilleur choix.

Le second point touche la double thèse de l'incompatibilité et l'incommensurabilité des paradigmes qui se succèdent lors d'une révolution scientifique.

Par incompatibilité des paradigmes, Kuhn n'entendait rien de plus précis que leur exclusivité rapportée plus haut : on ne peut accepter l'un sans rejeter l'autre. Dans le dialogue qui s'est immédiatement engagé entre les philosophes et l'auteur de la *SRS*, Kuhn a été mis en demeure de préciser ses vues et ses termes sur nombre de questions, dont la première porta sur ce qu'il faut entendre, au juste, par paradigme. C'est dans ce contexte que le terme a passé, pour ainsi dire, du substantif au qualificatif, dans le sens où nous l'avons vu à la section précédente : une théorie scientifique, au sens de Kuhn, est une matrice disciplinaire possédant des composantes d'ordre conceptuel et une composante d'ordre concret, un ensemble d'applications paradigmatiques de la théorie. Kuhn a délaissé sa réticence initiale à employer le terme théorie, une fois qu'il a été clair qu'il envisageait par là autre chose que la conception reçue des théories scientifiques. En ce sens, nous parlerons désormais de l'incompatibilité et de l'incommensurabilité des théories scientifiques.

Kuhn n'a pas proprement insisté sur la thèse de l'incompatibilité, dont l'élaboration, de par la nature même de la question, exige que l'on procède à l'analyse logique des théories scientifiques. Il est plutôt revenu à Paul Feyerabend d'utiliser l'incompatibilité de théories successives ou rivales comme argument dans ses attaques contre

l'empirisme logique. Il en va de même pour les aspects de la thèse d'incommensurabilité qui impliquaient des considérations d'ordre logique. Nous reportons donc ces questions au chapitre suivant.

Le thème de l'incommensurabilité des théories est rapidement devenu le point nodal de ce qu'on pourrait appeler la philosophie kuhnienne des sciences.

Les formulations initiales de la *SRS* s'aidaient d'analogies tirées de la *Gestalttheorie* en théories de la perception. Nous connaissons tous ces images où l'on « voit » soit un canard ou un lapin, soit une vieille dame ou une jeune dame. La thèse d'incompatibilité était exemplifiée par le fait que l'on perçoit soit un canard, soit un lapin, mais pas les deux en même temps. L'incommensurabilité émanait des difficultés de passer d'une vision à l'autre. La même analogie exemplifiait ce que Kuhn entendait par phénomène de conversion d'un paradigme à l'autre : le passage de la perception d'un forme à l'autre, lorsqu'il se fait, n'est pas progressif, mais instantané : on ne voyait qu'un canard et, tout d'un coup, on voit le lapin. Même que, dans certains cas, on peut avoir de la difficulté à revenir à l'ancienne vision. Kuhn empruntait le vocable *gestaltswitch* ou « dévissage de formes » pour indiquer que dans le cas de révolutions scientifiques, les paradigmes impliqués étaient irréconciliables, et que l'un, en fait, refoulait l'autre. Ces catégories d'ordre psychologique, qui pouvaient tout au plus s'appliquer au scientifique individuel, firent long feu dès que Kuhn amorça son dialogue avec les philosophes des sciences. On ramena rapidement le débat sur le plan méthodologique. Admettant que des notions telles que *gestaltswitch* et conversion puissent être d'une grande importance dans la psychologie du chercheur individuel, on objecta qu'elles étaient inopérantes lorsqu'il y va d'établir le bien-fondé d'une théorie scientifique. Quels que soient les motifs et les expériences personnelles qui aient pu mener un scientifique à adhérer à telle ou telle théorie, lorsqu'il s'agira de la défendre ou de la soumettre à la discussion publique, ce même scientifique ne fera pas appel à ses expériences subjectives ; il tentera plutôt de démontrer les avantages objectifs de la théorie, et cela, en faisant appel à des critères généralement reconnus.

Nous avons déjà signalé l'erreur d'interpréter Kuhn comme s'il niait l'existence de critères communs d'évaluation des théories scientifiques en lice. Nous avons vu comment ce dernier n'eut aucunement à faire marche arrière sur cette question. Le problème n'est pas que nous

ne disposons pas de tels critères. Ces critères, que nous connaissons tous, sont cependant interprétés, évalués et pondérés différemment selon les appartenances respectives au paradigme ; surtout, ils agissent comme valeurs qui ne sauraient en aucun cas constituer un algorithme de décision qui dicte le choix inter-paradigmatique. Notons également que les critères d'évaluation des théories scientifiques évoluent au fil de l'évolution des théories scientifiques. Ces débats initiaux, concernant les aspects méthodologiques inhérents à la thèse d'incommensurabilité, ne sont pas ceux qui ont orienté le développement des conceptions kuhnniennes sur la question. Ce sont les aspects sémantiques de la question qui ont formé le cadre de l'évolution des vues de Kuhn sur l'incommensurabilité.

Kuhn a rapidement senti le besoin d'encadrer, d'affermir et d'étayer ses vues sur la base d'une théorie du langage. Un de ses premières tentations, pourrait-on dire, fut de considérer le cadre d'une théorie de la communication pour abriter la thèse de l'incommensurabilité. L'approche demeurerait sociologisante, le phénomène visé se résolvant en un bris partiel de communication parmi les membres de la communauté scientifique. L'attention s'est rapidement tournée sur la cause de ce phénomène, qui serait dû à l'impossibilité de traduire d'une théorie à l'autre un certain nombre de termes structurellement reliés les uns aux autres. L'incommensurabilité kuhnienne a alors fait son lit d'une problématique des avatars de la traduction, ce qui a incité à des rapprochements avec les thèses de W. V. Quine sur la question :

Dans mon livre sur les révolutions, je décris celles-ci comme des épisodes au cours desquels le sens de certains termes scientifiques change, et j'avance l'idée qu'il en résulte une incommensurabilité entre les points de vue, et une rupture partielle de la communication entre les partisans des diverses théories. Je me suis rendu compte, depuis lors, que l'expression « changement de sens » recouvre un problème bien plus qu'un phénomène isolable, et je suis maintenant persuadé, en grande partie par le travail de Quine, que les problèmes de l'incommensurabilité et de la communication partielle devraient être traités d'une autre manière. Les défenseurs des diverses théories (ou des paradigmes différents, au sens large de ce terme) parlent des langages différents – des langages qui expriment des adhésions différentes, sur le plan cognitif, qui correspondent à des mondes différents. Leur capacité de saisir les points de vue des uns et des autres est, par conséquent, limitée inévitablement par les imperfections du processus de traduction et de détermination des réfé-

rents. Ces questions sont celles qui m'intéressent le plus aujourd'hui, et j'espère pouvoir en dire quelque chose avant longtemps²⁰.

Les thèses quiniennes de la relativité de l'ontologie, de l'inscrutabilité de la référence, de la sous-détermination empirique de la théorie sémantique d'une langue courante ainsi que de son indétermination empirique en contexte de traduction radicale, étaient déjà bien en place dans l'horizon philosophique américain lors de l'apparition simultanée des thèses d'incommensurabilité de Kuhn et de Feyerabend.

Puisque les paradigmes kuhniens constituent des *visions du monde* à part entière, et puisqu'ils opèrent chacun un découpage différent de la réalité, le rapprochement avec la thèse de la relativité de l'ontologie était invitant. D'ailleurs, le reproche de relativisme fit aussi bonne figure dans la réception initiale réservée à la *SRS*. Règle générale, Kuhn va moins loin que Quine au chapitre de la relativité de l'ontologie et de l'inscrutabilité de la référence. Il faut dire que les thèses de Quine sont tributaires d'une théorie behavioriste de la signification (que Kuhn n'a pas à accepter) et s'adressent en premier lieu aux langues courantes. Au demeurant, le scientifique confronté au nouveau langage d'une nouvelle théorie n'est jamais placé en contexte de traduction radicale (absence de tout interprète)²¹.

Les derniers développements des réflexions de Kuhn sur la notion d'incommensurabilité démontrent un rapprochement progressif avec l'épistémologie empiriste logique. Fait significatif, la notion locale d'incommensurabilité à laquelle il parvient est tributaire de la conception empiriste logique des théories scientifiques en tant qu'ensembles d'énoncés (*statement view*) :

Quand j'affirme que deux théories sont incommensurables, j'affirme qu'il n'y a pas de langage, neutre ou autre, dans lequel les deux théories, conçues en tant qu'ensembles d'énoncés, peuvent être traduites sans qu'il n'y ait pertes ou résidus²².

Kuhn adopte également de l'empirisme logique l'idée que les théories scientifiques comportent des règles de correspondance reliant les termes théoriques dont l'interprétation est donnée par la théorie, et les termes observationnels (dont l'interprétation se fait par ostension ou par quelque procédé de mesure). À l'instar des Schlick et Carnap des années 1920, il considère que l'idée d'une définition axiomatique

ou de définition implicite stipulée par les axiomes rend adéquatement la notion intuitive d'interprétation théorique. Quant aux termes observationnels, il en vient à les caractériser comme Hempel le faisait, c'est-à-dire en tant que termes composant du vocabulaire dont l'interprétation est donnée antérieurement à celle que véhicule la théorie. Enfin, il emprunte à l'empirisme sémantique la thèse centrale stipulant que les théories scientifiques comportent nécessairement un stock de tels termes interprétés par ostension ou quelque autre procédé empirique. Son analyse se porte sur les relations de similitude qui agissent dans la construction des concepts d'espèces (naturelles ou autres) et qui ne relèvent pas de règles explicites.

La thèse qui en ressort est celle d'une incommensurabilité locale d'un réseau de tels termes. Lors d'une révolution scientifique, une partie des relations de similitude change. L'incommensurabilité renvoie à ce changement dans le réseau de relations de similitude, qui induit dans le langage de la nouvelle théorie une structure taxinomique différente dans le langage non-théorique. Cela permet à Kuhn de maintenir une thèse d'incommensurabilité (au niveau du langage non-théorique) qui n'est pas liée à un changement des référents lors de révolutions scientifiques ; c'est l'identification des référents des termes « non-théoriques » qui procède différemment, alors que les référents, en soi (le « monde »), demeurent intouchés. Les objets que des structures taxinomiques différentes classifient différemment sont déjà des objets d'ostension, et non des stimuli. Alors que Quine, pour sa part, envisage (dans *Le mot et la chose*) les aspects logiques du processus même de réification dans le passage des stimuli à la chose. Nous aborderons en conclusion le rapport étroit qu'entretient la thèse kuhnienne d'incommensurabilité avec celle du réalisme scientifique.

Notes du chapitre 5

1. Kuhn, T., 1962 (1983).
2. Kuhn, T., 1970c.
3. *La révolution copernicienne* (1957), tr. Avram Hayli, Paris, Fayard, 1973 ; *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912*, Chicago, The University of Chicago Press. 1978.
4. Pour des détails d'ordre biographique, on lira Aristides Baltas, Kostas Gavroglu et Vassiliki Kindy, « A Discussion with Thomas S. Kuhn », in *Kuhn, T.*, 2000, 255-323.
5. Voir Reisch, G., 1991 et Friedman, M., 2003.
6. Ludwig Boltzmann, « Josef Stefan », in *id.*, *Populäre Schriften*, Leipzig, Barth, 1095 ; 2^e éd., Braunschweig, Vieweg, 1979, 59-66, 60, et Scheibe, E., 1997, 13-14.
7. *Ibid.*, 60.
8. Henri Poincaré, *La valeur de la science*, Paris, Flammarion, 1905, 182.
9. Pour la réplique de Kuhn aux objections des poppériens, voir Kuhn, T., 1970a, 1970b et 1970c.
10. Voir Kuhn, T., 1959, 1961.
11. Voir Kuhn, T., 1963.
12. Voir Sneed, J. D., 1971, Stegmüller, W., 1979. Pour une discussion de l'approche structuraliste en regard de l'empirisme logique, voir Leroux, J., 1988. Leroux (1989) donne un exposé succinct du développement de l'approche structuraliste jusqu'à sa formulation mature (Balzer, W., C. U. Moulines et J. D. Sneed, 1987). Moulines (2006, chap. 6) offre un aperçu récent de cette approche et des conceptions apparentées.
13. Voir Kuhn, T., 1976 ; 1977b, Préface, n. 1.
14. Sur ce changement de terminologie, voir Kuhn, T., 1970b, 1970c, et 1974.
15. C'est le mérite de Sneed d'avoir souligné que cette possibilité d'enrichissement théorique de l'expérience est toujours donnée, et que seule une analyse plus poussée de ces relations théoriques (présence de « contraintes » et de « liens ») permet de faire ressortir le caractère contingent de cet énoncé. Bien qu'important sur le plan épistémologique, cet amendement à la solution de Ramsey engagé par Sneed se rattache à l'empirisme logique et non à Kuhn, de sorte que nous n'irons pas plus avant dans cette problématique, d'ailleurs exposée dans Leroux, J., 1988, chap. II.
16. Popper, K., 1972 (1991), 78. Voir auparavant Popper, K., 1970, qui dit « éprouver de la pitié » pour le scientifique de la science normale.
17. Kuhn 1962 (1983), 254.

18. Kuhn, T., 1977c (1990), 439. Pour un aperçu des critiques autres que poppé-riennes adressées à la *SRS*, voir Israel Scheffler, *Science and Subjectivity*, New York, Bobbs-Merrill, 1967. Kuhn, T, 1970b, 1970c, réplique en partie aux premières critiques de Dudley Shapere (« The Structure of Scientific Revolutions », *Philosophical Review*, 73, 1964, 383-394 et « Meaning and Scientific Change », in *Mind and Cosmos*, éd. Robert G. Colodny, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1966, 41-85). Shapere a répondu aux répliques de Kuhn dans les articles « The Paradigm Concept » (*Science*, 72, 1971, 706-709) et « Vision and Revolution. A Postscript on Kuhn » (*Philosophy of Science*, 39, 1972, 266-374).
19. Kuhn 1962 (1983), 219.
20. Kuhn, T., 1977b (1990), 28-29.
21. C'est un fait rarement noté que le contexte de traduction radicale de Quine relève d'une expérience de pensée qui stipule que la langue parfaitement inconnue n'a aucun passé ni aucun lien de parenté avec une famille de langues connues (sinon le linguiste anthropologue aurait plus que des hypothèses analytiques prélevées de sa propre langue pour faire la théorie de cette langue).
22. Kuhn, T., 1983, 36.

Chapitre 6

Le rationalisme critique amendé. Imre Lakatos (1922-1974)

L'Histoire de la méthodologie des sciences

D'origine hongroise, Imre Lakatos, alias Molnar, alias Lipsitz, s'intéressa d'abord aux mathématiques et à l'histoire des mathématiques, autant que lui permirent ses fortes convictions marxistes, puis communistes, puis révisionnistes. Il grandit dans le matérialisme dialectique et fréquenta Georg Lukács. Lors du soulèvement de Budapest en 1956, il s'enfuit à Vienne et poursuivit subséquemment des études doctorales en philosophie des mathématiques sous l'égide de Richard Braithwaite à Cambridge. De 1960 à sa mort subite en 1974, il enseigna au London School of Economics.

Dans sa collaboration initiale avec Popper, il proposa de démontrer comment la méthodologie des conjectures et réfutations opère en mathématique. Sa thèse de doctorat, intitulée « *Essays in the Logic of Mathematical Discovery* », devint plus tard l'ouvrage *Proofs and Refutations*¹. Lakatos y illustre comment le développement des mathématiques ne constitue pas un processus stable d'accumulation de vérités assurées et non sujettes à révision ; ce qui prévaut est plutôt un processus où l'on avance des conjectures et où l'on tente ensuite de les prouver, c'est-à-dire de les réduire à d'autres conjectures. Ces tentatives

de preuve sont suivies d'une critique, en l'occurrence : de tentatives d'invalidation où, par exemple, on tente d'exhiber un cas pour lequel le théorème ne vaut pas. Selon Lakatos, toutefois, l'analyse des preuves en mathématiques révèle que ce processus déborde le simple cadre de l'essai et de l'erreur. Il y a, en mathématique, une heuristique qui peut faire l'objet d'une reconstruction rationnelle. Cette notion d'heuristique, au sens de l'*ars inveniendi* de Leibniz, absente chez Popper, sera le fil conducteur de l'élaboration de sa méthodologie des programmes de recherche scientifique. Ainsi, la collaboration entre Lakatos et Popper fut de courte durée, le premier développant une méthodologie des sciences qui était au départ un dépassement de la méthodologie du second. Le thème de l'induction devint rapidement un sujet de discorde. Lakatos tenta (sans jamais y parvenir de son vivant) de faire admettre à Popper la nécessité, pour la méthodologie de la corroboration, d'admettre un principe d'induction, qui seul pourrait lui assurer une valeur axiologique². Sur ce point, on a vu que toute valeur d'instance de réfutation accordée à un résultat expérimental fait appel en quelque sorte à un principe d'induction. On exige en effet non seulement d'une expérience scientifique qu'elle soit « contrôlée », mais aussi que le résultat soit reproductible. (En science, « une fois » ne compte pas). Or la reproductibilité d'un résultat ne demeure toujours que postulée.

À l'instar de Kuhn, Lakatos considère que l'histoire des sciences contredit la méthodologie poppérienne de la réfutation. Il entreprend d'élaborer une méthodologie des sciences qui demeure fidèle au contexte de la justification et qui propose un critère amendé de démarcation, au sens de Popper. Cette méthodologie voudra conserver l'apanage d'un rationalisme critique, tout en prenant pour tâche d'élaborer une conception plus nuancée de la rationalité scientifique qui la rende adéquate sur le plan historique.

Dans l'ébauche de son projet d'étendre aux théories empiriques ses conceptions sur l'évolution des théories mathématiques, Lakatos dit s'être remémoré les enseignements de Pierre Duhem (*La théorie physique. Son objet, sa structure*, 1906). Duhem y faisait valoir que les hypothèses scientifiques ne font pas l'objet d'une mise à l'épreuve expérimentale prises isolément ; toute hypothèse s'insère dans un réseau d'interconnexions avec d'autres hypothèses, de sorte que c'est le système théorique pris dans son ensemble qui porte le fardeau de

l'adéquation empirique de la théorie³. Cette prise en compte du conventionnalisme méthodologique de Duhem s'accompagnera chez Lakatos d'une extension de l'objet d'évaluation épistémologique. L'analyse ne portera plus sur une théorie scientifique individuelle, mais sur *une suite* de telles théories composant un *programme de recherche scientifique*. Ainsi, l'objet d'évaluation épistémologique n'est pas la théorie scientifique individuelle, mais une suite de théories historiquement reliées sur le plan de la problématique et constituant un programme de recherche. Ce programme de recherche peut donc maintenir son identité à travers plusieurs changements théoriques.

Considérer la méthodologie poppérienne comme réfutée par l'histoire des sciences induit une certaine façon de penser le rapport entre la philosophie des sciences et l'histoire des sciences. Lakatos aimait paraphraser Kant en disant que la philosophie des sciences sans histoire des sciences est vide, alors que l'histoire des sciences sans philosophie des sciences est aveugle⁴. Le démarcationnisme de Lakatos innove par rapport à celui de Popper en ce que le critère proposé devra être évalué à l'aune de l'histoire des sciences. On peut en effet distinguer quatre niveaux :

1. Le niveau des objets de science.
2. Le niveau des théories scientifiques.
3. Le niveau des méthodologies scientifiques.
4. Le niveau de l'évaluation des méthodologies scientifiques.

Dans l'optique de Lakatos, un critère de démarcation sera considéré comme réfuté par l'histoire des sciences si, selon ce critère, les théories réputées comme appartenant de plein droit à l'histoire des sciences doivent être évaluées comme non scientifiques. Lakatos entend ainsi utiliser l'histoire des sciences comme base quasi-empirique sur laquelle on peut évaluer l'adéquation descriptive d'un critère de démarcation proposé. C'est dire que ce critère permettant de départager science et nescience n'est pas uniquement normatif ; il a aussi un aspect descriptif, et c'est à ce titre qu'il doit répondre du développement historique de la science et de la notion co-existensive de rationalité.

En appliquant l'exigence de falsifiabilité au niveau méta-méthodologique, Lakatos élève d'un cran l'idée poppérienne de progrès

en science ; il entend proposer un critère de démarcation qui constitue un progrès par rapport aux critères antérieurs de démarcation. C'est dans cette optique qu'il présente dans son article « L'histoire des sciences et ses reconstructions rationnelles » une histoire des critères de démarcation⁵. L'expression « reconstruction rationnelle » n'a évidemment pas le sens qu'elle avait chez Hertz, Carnap et Reichenbach. Il s'agit d'une historiographie menée à la lumière d'un critère proposé de démarcation et visant à établir son adéquation historique.

Passons rapidement sur la lecture plutôt alambiquée que Lakatos fait de l'histoire de la méthodologie des sciences. Il suffit de mentionner les catégories qu'il tente de sérier : le justificationnisme classique, l'inductivisme, le conventionnalisme, trois formes de falsificationnisme, et enfin sa propre méthodologie des programmes de recherche scientifiques⁶. L'ordre d'apparition historique des critères de démarcation associés à ces méthodologies respectives est pour Lakatos également un ordre systématique, au sens où chaque critère est supérieur à celui qui le précède quant à son adéquation empirique.

La méthodologie des programmes de recherche scientifique

Voyons en quoi la méthodologie proposée par Lakatos veut marquer un progrès par rapport aux approches poppériennes. Lakatos reconnaît dans tout programme de recherche scientifique l'existence d'un noyau, c'est-à-dire d'un ensemble d'hypothèses et de modèles qui ne peuvent être abandonnés sans que le programme lui-même le soit. Ce noyau dur [*hard core*] est protégé de toute tentative de réfutation au moyen d'hypothèses auxiliaires qui l'entourent et l'immunisent à tout résultat expérimental négatif. L'ensemble de ces hypothèses auxiliaires forment un anneau de protection [*protective belt*] qui est constamment remanié au fil des développements empiriques : c'est l'heuristique négative du programme. L'heuristique positive du programme est l'ensemble des techniques de résolution de problèmes adoptées par les scientifiques participant au programme de recherche ; c'est elle qui administre les hypothèses auxiliaires qui assurent la protection du noyau. Dans le cas de la physique, l'heuristique positive se compose essentiellement de l'appareil mathématique impliqué dans les théories en question. C'est elle qui décide des anomalies à traiter, le

plus souvent même indépendamment des anomalies connues. Les « puzzles » kuhniens ne sont donc pas attaqués sans ordre préconçu, ni l'anneau de protection, érigé de façon de façon arbitraire. L'ordre dans lequel les anomalies sont traitées est décidé dans la salle d'étude du théoricien, et les difficultés rencontrées en physique théorique sont essentiellement d'ordre mathématique, ce qui explique du reste la relative autonomie du théorique par rapport à l'expérimental⁷.

Lakatos narre une histoire des sciences où se joue une rivalité constante entre les programmes de recherche, dont certains se révèlent progressifs, et d'autres, dégénératifs. Une discipline est réputée scientifique tant que les programmes progressifs triomphent des programmes dégénératifs. Règle générale, un programme de recherche progressif est largement mené par sa politique interne de recherche et de développement, c'est-à-dire par son heuristique positive. Un programme de recherche dégénératif, par contre, se voit le plus souvent contraint de jouer sur la défensive, pour ainsi dire, et d'évoluer en réaction à la critique externe et aux échecs empiriques.

Le noyau d'un programme de recherche au sens de Lakatos correspond plus ou moins à la notion kuhienne de paradigme, dépourvue de ses connotations sociologiques. Il incorpore une idée fondamentale et objectivable, à laquelle s'associe un plan de développement (les heuristiques positive et négative) comportant une notion arrêtée de ce qui constituera un avancement ou un progrès du programme.

On convient donc d'une part significative de conventionnalisme aux méthodologies des programmes de recherche scientifique. Les heuristiques négatives des noyaux se développent en toute conscience des anomalies ; celles-ci peuvent rendre nécessaire le réaménagement des anneaux de protection, mais elles ne peuvent aucunement attaquer les noyaux eux-mêmes.

Lakatos prend l'exemple « fictif » d'un physicien qui œuvre au programme de la mécanique classique et qui est rebiffé par le comportement 'anormal' d'une planète X récemment découverte. Devant l'anomalie de l'orbite de la planète X , le physicien en question ne considérera aucunement réfutée la théorie de Newton. Usant de ce que Popper appelle des stratagèmes conventionnalistes, il suggérera l'existence d'une planète Y qui perturbe l'orbite de la planète X . Il utilisera les équations mêmes de Newton pour calculer la position de

la planète *Y*. Dans la nomenclature que Lakatos introduit à sa méthodologie des programmes de recherche scientifiques, ce qui peut apparaître à certains comme une mesure de diversion face à l'échec empirique apparent de la théorie, constitue en fait un déplacement de problème [*problemshift*].

Mais tous les coups ne sont pas permis au conventionnalisme. Dans l'exemple présent, le déplacement de problème est théoriquement progressif : l'hypothèse de l'existence de la planète *Y* ajoute aux prédictions ou au contenu empirique de la théorie, de sorte qu'elle ne peut être considérée comme une hypothèse *ad hoc*.

Que se passe-t-il, pour poursuivre dans l'exemple, si on découvre l'existence de la planète *Y*? Ce qui semblait être initialement un échec sera transformé en victoire. Certains parleront même, après coup, d'expérience cruciale. Dans les termes de Lakatos, ce changement de problème aura constitué non seulement un progrès théorique, mais aussi un progrès empirique.

Cela dit, on ne peut exiger de la science qu'elle fasse mouche à tout coup. Au cas où on ne parvient pas à observer la planète *Y*, le progrès empirique se fait attendre. Mais on n'abandonnera pas la problématique pour autant, et on ne parlera surtout pas d'expérience cruciale. On tentera plutôt d'expliquer, toujours à l'aide des moyens du bord, pourquoi on n'arrive pas à observer la planète *Y* dont la présence cause une déviation de l'orbite de la planète *X*. On émettra peut-être l'idée qu'un nuage cosmique cache la planète *Y* à la vue des télescopes. Si, ultérieurement, on découvre l'existence de ce nuage cosmique, l'hypothèse de la présence de la planète *Y* s'en trouvera indirectement corroborée, et la déviation de l'orbite de la planète *X*, expliquée. Si, par ailleurs, on ne parvient toujours pas à détecter le nuage cosmique, rien n'empêchera notre physicien newtonien de suggérer la présence d'un champ magnétique qui perturbe les instruments de mesure. Il faut reconnaître le caractère libéral de la méthodologie des programmes de recherche scientifique. Même si aucune de ces hypothèses auxiliaires ne s'avère, chacune induit un déplacement de problème théoriquement progressif, de sorte que le programme de recherche en question satisfait au critère de démarcation : les déplacements de problèmes sont acceptés comme scientifiques s'il sont au moins théoriquement progressifs. Un déplacement de problème est progressif tout court s'il l'est à la fois théoriquement et empirique-

ment. Il est dégénératif si ce n'est pas le cas. Un déplacement de problème tel que décrit par notre exemple est donc dégénératif, mais il demeure acceptable du point de vue scientifique selon la méthodologie des programmes de recherche.

Lakatos et Kuhn

Les conceptions de Lakatos présentent de fortes affinités avec le modèle kuhnien d'évolution des théories scientifiques. Ne se livre-t-on pas dans d'un programme de recherche à ce que Kuhn appelle la science normale ? La dégénérescence d'un programme ne correspond-elle pas justement à une crise kuhnienne ? Et l'abandon d'un programme de recherche au profit d'un nouveau programme, doté d'un noyau différent, n'est-il pas synonyme de l'éviction d'un ancien paradigme par un nouveau ? Les parallèles sont frappants, et ils vont d'ailleurs plus loin que ce que Lakatos était disposé à admettre. Cependant, les différences n'en sont pas moins importantes.

La plus significative est dans la façon de penser le rapport entre méthodologie des sciences et histoire des sciences, et, sur le plan de l'histoire des sciences, de se situer dans le débat opposant l'internalisme et l'externalisme. Rappelons la distinction reçue entre une histoire des sciences internaliste, qui ne considère que les *produits* intellectuels de la science (concepts, théories, contrôle de l'expérimentation, administration de la preuve), et une histoire externaliste, qui s'intéresse aux producteurs et aux modes de production (explorant donc la psychologie du savant, sa formation, sa carrière, tout autant que les dimensions sociologiques, économiques et politiques à la science).

Lakatos part de l'idée d'une interaction entre philosophie et histoire des sciences. L'historiographie des sciences a besoin d'une conception foncière de la science afin de pouvoir prélever, ordonner et relier les données historiques pertinentes à une discipline scientifique ; en ce sens, elle fait appel à une certaine philosophie des sciences. En retour, l'histoire des sciences, et en particulier les jugements de valeur de base que d'éminents scientifiques ont porté sur les progrès marquants en science, offrent à la philosophie des sciences une base d'évaluation quasi-empirique des méthodologies que propose la philosophie des sciences.

Ce sont donc des études historiques qui permettront d'évaluer l'adéquation des méthodologies proposées par la philosophie des sciences ; ces méthodologies possèdent dès lors le statut d'hypothèses empiriques – l'empirie étant l'histoire. Lakatos appelle *histoire rationnellement reconstruite* cette partie de l'histoire d'une science qu'une théorie de la rationalité peut récupérer. Le philosophe des sciences visera donc à élaborer une méthodologie qui étende le plus possible la partie rationnellement intégrable du développement historique des sciences. Ainsi, dans l'évaluation comparative de deux méthodologies rivales proposées, celle dont le contenu historique (empirique) reconstruit est supérieur sera considérée comme constituant un progrès par rapport à l'autre. C'est dans ce sens que Lakatos plaide en faveur de la supériorité de la méthodologie des programmes de recherches scientifiques sur la méthodologie poppérienne.

La réaction de Kuhn fut en partie d'objecter qu'une histoire des sciences, ainsi triée et reconstruite à l'aide d'une méthodologie préconçue, ne pourrait servir d'instance possible de réfutation de cette même méthodologie.

Si l'on prend au sérieux le parallèle de la relation méthodologique qui prévaut entre, d'une part, théorie scientifique et faits observés (niveaux 2 et 1) et, d'autre part, méthodologie scientifique et faits historiques observés (niveaux 3 et 2), il faut bien reconnaître que tous les arguments apportés pour critiquer la thèse de la réfutabilité empirique des théories s'appliqueront, *a fortiori*, à la réfutabilité quasi-empirique des méthodologies. Transposer la notion de réfutabilité au niveau de la méthodologie des sciences peut constituer une prise de position tout à fait défendable en faveur d'une épistémologie naturalisée (au sens de Quine), mais elle n'élimine en aucun cas les avatars de la notion même de réfutabilité empirique.

C'est en partie ce que Kuhn reprochera à Lakatos qui, identifiant l'histoire rationnellement reconstruite d'une science à son histoire interne, relègue du même coup au domaine de l'histoire externe ces faits historiques effectifs qui ne répondent pas aux critères de rationalité proposés⁸. Et puisque Lakatos confine son entreprise au contexte de la justification, on ne peut que donner raison à Kuhn d'y voir une certaine banalisation épistémologique de l'approche externaliste en histoire des sciences.

Lakatos, lecteur de Duhem et de Kuhn, a voulu dresser une méthodologie poppérienne améliorée en l'enrichissant de principes heuristiques et en la dotant d'une base empirique, tout en la conservant intimement liée au réfutabilisme. Quant à la notion de rationalité, qu'il a voulu décrire et défendre par la méthodologie des programmes de recherche scientifiques, elle demeure cantonnée à un aspect rétrospectif. On a vu que dans l'exemple de la déviation de l'orbite de la planète *X*, le physicien en question n'avait en aucun temps un comportement irrationnel, tant qu'il y allait d'hypothèses supplémentaires ajoutant au contenu empirique (ce qui est la chose la plus banale à faire). À aucun moment l'exigence de rationalité scientifique obligeait-elle à abandonner un programme dégénératif, tant que celui-ci demeurait théoriquement progressif. Et pour cause : un tel programme pourrait avoir été généralement abandonné pour un laps temps significatif, et faire ultérieurement un retour en force à la lumière de faits nouveaux. Dans les termes de Lakatos : il n'y a pas de *rationalité instantanée*. Ce qui peut paraître de l'entêtement dogmatique à poursuivre un programme de recherche dégénératif pourrait s'avérer comme une forme de ténacité plus tard récompensée. Paul Feyerabend reprendra ce point. Il adressera au rationalisme critique amendé de Lakatos le même reproche qu'il avait formulé à l'égard du rationalisme critique de Popper, à savoir que les préceptes formulés par les méthodologies rationalistes ne parviennent pas à guider l'action en science. Sur ce plan, l'empirisme logique (démuni d'une théorie de la rationalité) a beau jeu : ne prévalent en science que les préceptes de consistance logique et d'adéquation empirique, et le théoricien peut toujours rétablir l'adéquation empirique d'une théorie à l'aide d'hypothèses qui n'ont de compte à rendre qu'à la notion de non-contradiction.

Notes du chapitre 6

1. Lakatos, I., 1961, 1976 (1984).
2. Voir Lakatos, I., 1971.
3. Voir Leroux, J., 2010, chap. III.
4. « Des pensées sans contenu sont vides, les intuitions sans concepts sont aveugles » (*Critique de la raison pure*, A51 / B75)
5. Lakatos, I., 1971a (1994).
6. Lakatos parle de falsificationnisme dogmatique, de falsificationnisme méthodologique naïf, et de falsificationnisme nuancé [*sophisticated*], qui correspondent respectivement aux étapes de l'évolution des vues de Popper exposées au chapitre 3. Il associe à chacune de ces méthodologies des règles d'acceptation et de rejet des théories scientifiques.
7. Voir Lakatos, I., 1970 (1994).
8. Voir Kuhn, T., 1970a, 1970b, 1971a.

Chapitre 7

L'anarchisme épistémologique. Paul Feyerabend (1924-1994)

L'évolution des conceptions de Feyerabend

Né à Vienne, Paul Feyerabend connut tôt l'annexion de l'Autriche par l'Allemagne. Officier SS de la *Wehrmacht* sur le front de l'Est, il fut blessé par trois tirs qui signifèrent pour lui la fin de la guerre. L'un de ces tirs avait touché la colonne vertébrale et c'est avec une incapacité permanente aux jambes qu'il revint à la vie civile¹. À la suite de courtes incursions en chant et en dramaturgie à Weimar, il prit le chemin du retour pour Vienne pour entreprendre des études de philosophie et de physique théorique. Il fit ses études doctorales sous la direction de Viktor Kraft². Sa thèse de doctorat, « Sur la théorie des énoncés de base », reprenait la problématique des « énoncés protocolaires » qui, dans le Cercle de Vienne, avait divisé les défenseurs du réalisme scientifique et les tenants d'une position anti-réaliste³. Feyerabend se rendit par la suite en Angleterre où il collabora avec Popper. Vers la fin des années 1950, il accepta une chaire aux Etats-Unis. Il eut tôt fait de prendre contact avec Thomas Kuhn, qui complétait alors la rédaction de la *SRS* ; il rencontra également Herbert Feigl et Grover Maxwell, deux philosophes des sciences très en vue, liés au mouvement empiriste logique. C'est à cette époque qu'il développa ses positions sur le pluralisme théorique, en réaction avec ce qui était alors le

point de vue dominant en philosophie des sciences⁴. À l'occasion d'une invitation à enseigner à Londres de 1966 à 1969, il rencontra Imre Lakatos avec qui il se lia d'amitié⁵. Alors que ce dernier s'employait à libéraliser la méthodologie poppérienne, Feyerabend, de son côté, accentua ses attaques contre celle-ci, élaborant des conceptions épistémologiques qu'il reliait personnellement à la pensée dadaïste et anarchiste⁶. Il renia carrément Popper et poussa à la limite l'idée de Lakatos d'évaluer toute méthodologie des sciences proposée à l'aune de l'histoire des sciences. La méthodologie qui aurait le plus de chances d'être corroborée, celle qui pousserait le plus loin les limites de la reconstruction rationnelle de l'évolution historique des théories scientifiques acceptées, serait celle qui ferait preuve de plus de permissivité sur le plan de la rationalité. Ce serait la méthodologie du *anything goes* qui n'a qu'un principe : tout est permis.

Dans son ouvrage de 1975, *Contre la méthode*, qui marque le passage de la phase du *pluralisme théorique* à celle de l'*anarchisme épistémologique*, Feyerabend s'emploie à montrer par le biais de l'histoire des sciences que a) les principes méthodologiques rigides formulés par les rationalistes n'ont pas cours en science et b) si on les avait appliqués, ils auraient nui plus qu'aidé au progrès de la science. Du reste, l'anarchisme épistémologique n'a aucun lien avec l'anarchisme politique (dont Feyerabend se dissocie) et ne renvoie à aucune théorie de la connaissance au sens traditionnel du mot. En fait, il n'a aucun contenu spécifique : il ne représente que l'anti-méthodologie.

Les prises de positions ultérieures de Feyerabend s'opposeront à peu près à tout ce qui se fait en philosophie des sciences. Sans répondre aux répliques, il multipliera les attaques contre la philosophie des sciences régnante et la philosophie analytique, qu'il considérerait comme des formes dégénérées de la philosophie. Il dénoncera l'idée de vouloir fixer des standards ou des normes à la pratique scientifique. Par quoi alors remplacer ces critères de bonne science ? La plus haute valeur étant pour lui le bonheur individuel (pris dans le sens de l'épanouissement des possibilités de chacun), il promulguera une forme d'hédonisme où chacun est l'artisan de son bonheur :

Adoptant cette valeur fondamentale, nous voudrions pour la science une méthodologie et un ensemble d'institutions qui nous permettent de renoncer le moins possible à ce que nous sommes capables de faire, et qui nous forcent le moins possible à dévier de nos inclinations naturelles⁷.

L'ennemi de Feyerabend sera également la science dure, la science déshumanisée et déshumanisante, laissée aux mains des experts et occupant une position de force dans la société. Il ne spécifiera par ailleurs ni voie, ni moyen de contrecarrer cette position privilégiée de la science – si ce n'est que d'éliminer les spécialistes du pouvoir⁸. Ces idées, qui proposent de redonner la science aux citoyens, seront d'ailleurs récupérées aux États-Unis par les groupes de pression qui veulent interdire Darwin et imposer le créationnisme dans les écoles.

Le pluralisme théorique

Les premières prises de position de Feyerabend – celles qui correspondent à sa phase de pluralisme théorique – allaient dans le sens du réalisme scientifique, qu'il voulait défendre aux côtés de Popper. La collaboration avec ce dernier prit la forme d'une critique de l'interprétation de la mécanique quantique telle qu'élaborée par Niels Bohr et Werner Heisenberg, communément appelée l'interprétation de Copenhague. Cette interprétation est franchement antiréaliste au sens où elle conçoit l'événement quantique en tant que couple $\langle$ Système d'observation - Système observé $\rangle$ et n'accorde aucune signification à un état quantique considéré indépendamment de l'observateur. On doit à Bohr le *principe de complémentarité* selon lequel la description de l'appareil d'observation doit se faire dans les termes de la mécanique classique. Feyerabend a vu dans ce principe un corrélat de la conception empiriste logique des théories physiques.

Rappelons que le modèle empiriste standard ou la conception reçue des théories scientifiques illustre la possibilité de reconstruire logiquement toute théorie physique en tant que système axiomatique formel dont le langage est à double palier : un palier théorique, comprenant tout le mathématisme et tout le vocabulaire hautement abstrait de la théorie physique, et un palier observationnel, qui est un langage dont l'interprétation est considérée comme préalablement donnée et assurant à l'entière des concepts de la théorie leur statut empirique. Cette interprétation empirique, bien que partielle et indirecte, était conçue comme procédant par voie de règles de correspondance qui relient le langage théorique au langage observationnel⁹. Si nous appelons cette exigence de la présence d'énoncés qui relient vocabulaire dont l'interprétation est régie par la théorie, et vocabulaire

dont l'interprétation – l'assignation des référents – procède par voie d'ostension ou par quelque procédé de mesure, le *principe de correspondance*, on peut dire que Feyerabend a assimilé ce principe au principe de complémentarité formulé par Bohr.

Cette identification est fautive dans la mesure où la notion d'observabilité qui a cours en mécanique quantique ne recouvre pas celle qui est utilisée par l'empirisme logique. Ce que sont les paramètres observables est entièrement déterminé par la théorie même, et il y un sens à dire qu'en mécanique quantique, tout est théorique. Feyerabend prendra à son compte ce dicton, mais en vertu de considérations différentes. Il adopte une forme de holisme sémantique qui affirme que l'interprétation des termes observationnels est également déterminée par la théorie, de sorte qu'un changement de théorie portant sur un domaine empirique donné induit une réinterprétation complète de l'expérience.

Tout comme celle qui associe l'exigence d'un langage observationnel au principe de complémentarité de Bohr, cette interprétation de Feyerabend du modèle empiriste standard est fautive, car elle le conçoit comme un modèle d'acquisition des théories scientifiques – alors qu'il s'agit en fait d'une reconstruction logique de telles théories¹⁰.

Quoi qu'il en soit, le pluralisme théorique prôné par Feyerabend consiste à prendre le contre-pied méthodologique de ce qui pourrait constituer la méthodologie inhérente au point de vue empiriste logique et qui pourrait se résumer aux principes d'adéquation logique et d'adéquation empirique. Le principe d'adéquation logique est celui de la non-contradiction : toute théorie scientifique doit être consistante au sens où elle est elle-même non contradictoire (adéquation logique), et au sens où elle ne contredit pas les théories scientifiques attenantes qui ont cours (adéquation théorique). C'est dans ce second sens qu'il faut comprendre ce que Feyerabend appelle le *principe de compatibilité*, qui agit comme principe heuristique exigeant que soient développées en science des théories qui n'entrent pas en contradiction avec les théories acceptées. Quant au principe d'adéquation empirique, il exige qu'une théorie scientifique ne contredise pas les faits observés. Dans l'acception heuristique du modèle empiriste standard, ce principe exige que l'interprétation des énoncés observationnels d'une théorie antérieure soit préservée dans toute théorisation ultérieure – ce que Feyerabend

appelle le *principe de stabilité sémantique* (du langage observationnel de la science). Si ce principe avait effectivement cours, la mouvance des concepts en science stopperait au niveau de l'observation.

Feyerabend opposera à ces principes les thèses contraires :

1. Le principe de prolifération : il faut élaborer des théories qui contredisent les théories acceptées.
2. Le principe de la prégnance théorique [*theory-ladenness*] de l'observation : la théorie régit l'interprétation de tous les énoncés d'observation.

Notons que le second principe sert de support au premier. Si une théorie *T* engendre sa propre interprétation empirique, on a du mal à voir en quoi l'expérience pourrait contredire *T*. Il s'en ensuit pour Feyerabend que seuls les énoncés d'observation obtenus à la lumière d'une théorie incompatible avec *T* peuvent livrer des instances de réfutation empirique de *T*.

Feyerabend veut par ces deux thèses promulguer le pluralisme théorique en science. Si les principes de prolifération et de prégnance théorique de l'observation sont tout à fait compatibles avec la méthodologie poppérienne, Feyerabend y ajoute un précepte qui l'est moins : le principe de ténacité, énonçant qu'il est tout à fait rationnel d'adhérer à une théorie même si tout la contredit. Ce nouvel élément fait un sérieux croc-en-jambe au réfutabilisme, tout comme il constitue, jusqu'à un certain point, un tribut payé à Kuhn. Le principe de ténacité requiert en effet que l'on vienne en aide à une nouvelle théorie en lui apposant une pluralité de théories auxiliaires contredisant la théorie établie et procurant de nouveaux faits qui viennent appuyer la nouvelle théorie. Mais ce principe va à l'encontre du monisme théorique inhérent au portrait kuhnien de la science, où les artisans de science normale guidés par un paradigme exclusif n'offrent pas tant de sollicitude à l'égard d'un nouveau venu.

Le pluralisme théorique défendu par Feyerabend se résume ainsi à un principe de prolifération, qui vient garantir qu'une théorie établie puisse être délogée, et à un principe de ténacité, qui permet qu'une nouvelle théorie puisse un jour s'établir.

L'incommensurabilité feyerabendienne

La thèse de l'incommensurabilité des théories scientifiques apparaît chez Feyerabend à l'intérieur d'une critique de la généralisation aux théories physiques du modèle empiriste logique d'explication des faits. Il établit sa thèse en trois mouvements.

Dans un premier temps, il présuppose tacitement que :

- (1) Le modèle logique de réduction (et d'explication) théorique a été introduit par l'empirisme logique en tant que modèle universellement applicable, c'est-à-dire valide pour toutes les théories scientifiques.
- (2) En science, on a toujours introduit des théories nouvelles, plus générales, dans le but de fournir une explication pour les théories qui ont déjà cours.

Dans un deuxième temps, Feyerabend affirme que (1) et (2) impliquent (3) et (4) respectivement :

- (3) La condition de consistance : puisque le modèle s'applique à toutes les théories scientifiques, toute nouvelle théorie T_2 doit être consistante avec l'ancienne théorie T_1 qu'elle explique.
- (4) La condition de stabilité sémantique : dans le même contexte, les termes que deux théories successives T_1 et T_2 ont en commun conservent le même sens.

Dans un troisième temps, Feyerabend note qu'un simple coup d'œil sur la physique suffit à s'apercevoir que dans le développement historique concret de cette science, les conditions (3) et (4) n'ont jamais été rencontrées. Il ajoute que c'est une bonne chose d'ailleurs qu'elles n'aient jamais été remplies. Une méthodologie qui obéirait à ces conditions entraverait le progrès de la science. Le pluralisme théorique promulgué par Feyerabend se caractérise justement par des exigences contraires. Feyerabend termine son argumentation par un rejet total du modèle déductif-nomologique de réduction scientifique.

Ces thèses ont naturellement suscité plusieurs répliques. Certaines portaient sur les présupposés de l'argumentation de Feyerabend, c'est-à-dire les points (1) et (2), et sur ce qui en découle, les points (3) et (4)¹¹. On a fait valoir que le modèle *DN* d'explication scientifique n'a

pas pour conséquence la condition de compatibilité entre théories rivales : il peut y avoir des théories contradictoires qui ont le même *explanandum*. On a également contesté que les nouvelles théories soient toujours introduites dans le but d'expliquer les anciennes. D'autres répliques ont touché à la méthodologie que Feyerabend en tire par voie de conséquence (rejet des deux conditions de compatibilité et de stabilité sémantique, de même que du modèle *DN* d'explication scientifique)¹².

Feyerabend a à son tour répondu à ces critiques, et il s'en est suivi une controverse qui a pris parfois des tons acerbes¹³. La controverse s'apaisa éventuellement sans qu'on ait réussi à clarifier les choses, ni qu'on soit parvenu à s'entendre. À cela s'ajoute que Feyerabend a rompu le dialogue avec les philosophes des sciences.

À vrai dire, tout examen des thèses de Feyerabend souffre du fait que ce dernier accepte une notion extrêmement large de ce qu'est une théorie :

Lorsque je parle de *théories*, j'inclus les mythes, les idées politiques, les systèmes religieux, et j'entends que sous au moins certains aspects, de tels points de vue s'appliquent à tout ce qui existe. Il y a certaines similarités entre mon emploi du terme *théorie* et celui des termes *ontologie* chez Quine, *cadres linguistiques* chez Carnap, *jeux de langage* chez Wittgenstein, *théorie* chez Pareto, *métaphysique* chez Worf, *paradigmes* chez Kuhn, etc¹⁴.

Feyerabend considère différents niveaux dans la hiérarchie des théories. Certaines collent de plus près à ce qu'on peut observer, d'autres s'en éloignent considérablement. Les théories de niveau inférieur sont mises à l'épreuve à l'aide de théories de niveau supérieur, qui sont des théories d'arrière-plan constituant une *vision du monde*. Ces théories de niveau supérieur sont cependant elles aussi considérées comme des théories scientifiques ou empiriques, et elles doivent à ce titre faire l'objet d'une mise à l'épreuve empirique. L'examen critique des théories de niveau supérieur ne peut se faire en ayant recours aux théories de niveau inférieur : ce processus serait manifestement circulaire. Si les théories d'arrière-plan en question ont des énoncés d'observation en commun, alors il existe une base empirique d'évaluation et l'on peut procéder à des expériences qui permettent de décider entre des théories rivales. Mais rendu à un certain niveau (par exemple, lorsque les théories en question portent sur la nature des éléments de

base qui constituent l'univers), de telles expériences ne sont plus possibles. On dit alors de ces théories qu'elles sont *incommensurables*, ne permettant plus d'énoncés observationnels communs.

Comment alors comprendre que le processus d'évaluation comparative de telles théories s'opère de façon empirique ? Il faut, dit Feyerabend, réviser notre conception des rapports d'observation servant à leur évaluation. Les tenants des théories incommensurables diverses peuvent s'entendre sur des rapports d'observation même s'ils ne s'entendent pas sur la façon dont il faut les interpréter. Les scientifiques s'entendront parfois sur certains résultats expérimentaux tout en laissant leur interprétation entièrement ouverte ou indéterminée, tout en les traitant comme s'ils n'étaient pas interprétés. Les théories de niveau supérieur, les théories de base, peuvent être incommensurables en ce qu'elles ne possèdent pas d'énoncés interprétés communs, mais elles possèdent un langage d'observation non interprété commun. Et c'est dans ce langage non interprété qu'il est possible trouver un rapport d'observation E_o servant de test entre deux théories, c'est-à-dire : $T_1 \vdash E_o$ et $T_2 \vdash \neg E_o$. Feyerabend affirme que deux théories incommensurables peuvent néanmoins être incompatibles.

Feyerabend fait jouer la notion de consistance sur deux plans. On distingue en logique la notion syntaxique de consistance et la notion sémantique. Deux théories T_1 et T_2 sont incompatibles ou mutuellement inconsistantes au sens syntaxique s'il existe un énoncé α tel que $T_1 \vdash \alpha$ et $T_2 \vdash \neg \alpha$. Cette notion syntaxique ne fait aucunement recours à l'interprétation des énoncés en questions. Deux théories T_1 et T_2 sont incompatibles ou mutuellement inconsistantes au sens sémantique si elles ne peuvent être toutes deux vraies.

Dans le contexte de la discussion sur l'incommensurabilité, Feyerabend argumente que la compatibilité de deux théories implique la stabilité sémantique des termes qu'ils ont en commun. Sur ce plan, on pourrait être tenté de tout simplement répliquer que le principe d'incompatibilité l'implique également. C'est alors que Feyerabend délaisse la notion sémantique pour s'appuyer (comme on l'a vu ci-dessus) sur une notion syntaxique d'incompatibilité.

Il appert cependant que la thèse d'incommensurabilité est proprement d'ordre sémantique. Elle s'identifie fortement à la thèse selon laquelle l'interprétation de tous les termes d'observation communs à

deux théories rivales s'avère elle-même dépendante de ces théories. C'est ainsi que dans l'optique de Feyerabend, l'évaluation des théories de niveau inférieur se fait, pour ainsi dire, vers le haut, et que, toujours selon lui, seuls les énoncés d'observation obtenus à la lumière d'une théorie rivale peuvent livrer des instances de réfutation à une théorie donnée.

Nous avons fait remarquer que la thèse feyerabendienne d'incommensurabilité risque fortement d'être triviale, eu égard au flou de la notion de théorie à laquelle elle est censée s'appliquer. Puisque cette thèse est formulée en guise de critique du modèle empiriste logique des théories scientifiques, il peut être utile de voir en quoi elle consisterait si elle était appliquée à la notion précise de théorie que l'empirisme logique met à contribution.

Nous avons vu au premier chapitre que le modèle reçu concevait les théories scientifiques en tant qu'ensembles d'énoncés (le *statement view*) qui sont formalisés et axiomatisés dans un langage formel L possédant un sous-langage observationnel L_o . Nous avons également vu que cette conception possédait sa contrepartie sémantique. Nous pouvons donc transposer la thèse de l'incommensurabilité dans le cadre de la version sémantique de la reconstruction empiriste logique des théories scientifiques.

Considérons une théorie T et l'ensemble $M_o(T)$ de ses modèles observationnels, c'est-à-dire l'ensemble des structures observables qui rendent T vraie. Considérons une seconde théorie T' qui proviendrait de T par l'ajout d'un nouveau terme théorique dont l'interprétation est régie par un nouvel axiome. Les deux théories ont cependant exactement le même stock de termes observationnels. La théorie T' aura sans doute des conséquences observationnelles que T n'a pas ; en ce sens, elle est une extension syntaxiquement créatrice de T . T' est une *extension sémantiquement conservatrice* (non créatrice) de T , si et seulement si tous les modèles observationnels de T' sont des modèles observationnels de T . Dans le cas contraire, il y aurait des structures observables dont T est vraie, mais dont T' n'est pas vraie. C'est dire que la nouvelle théorisation T' élimine certaines structures observationnelles comme modèles observationnels possibles. On pourrait traduire de façon informelle : la structuration du monde observable dont la nouvelle théorie est vraie, n'est pas identique à la structuration du même monde observable dont la théorie de départ était vraie.

Voilà qui serait la traduction des thèses de *meaning change* et d'incommensurabilité. Or ce fait est plutôt la règle en science. Une nouvelle théorie sera non seulement plus riche en structures observationnelles que l'ancienne, mais elle opère également une restructuration du domaine observable qu'elle entend conserver de l'ancienne théorie. Sur le plan des termes observationnels, qui sont définis selon la position qu'ils occupent dans une structure, il y a mouvance des concepts. Dans les termes de l'empirisme sémantique exposé au premier chapitre, cela signifie que le postulat de signification qui détermine l'interprétation empirique du nouveau terme théorique dans T' et qui en fait une extension de T induit une réinterprétation des termes observationnels communs. En termes bachelardiens, il y a non seulement *enrichissement de l'expérience* (T' possède plus de conséquences empiriques que T), mais aussi *ré-encadrement de l'expérience*. À l'instar de Feyerabend, on pourrait voir dans l'incommensurabilité ainsi conçue un indice de progrès en science. Le progrès de la science force un élargissement de l'expérience qui peut très bien occasionner le rejet d'anciennes observations en tant qu'observations mal conçues, produits d'expériences non suffisamment complétées que seule une vision rétrospective peut sanctionner. Rectification des concepts d'expérience devint incommensurabilité en vertu du point de vue réaliste.

L'incommensurabilité pourrait bien être que l'épiphénomène d'une tension entre le point de vue du réalisme scientifique que Feyerabend défend contre vents et marées, et le point de vue fortement idéaliste de ses conceptions épistémologiques :

Les théories scientifiques sont des visions du monde ; et leur adoption affecte nos croyances générales et nos attentes, et par là aussi nos expériences et notre conception de la réalité. Nous pouvons même dire que ce qui est considéré comme étant des phénomènes « naturels » à un certain point du temps est *notre propre produit*, au sens où nous avons d'abord inventé toutes les qualités que nous leur attribuons, pour ensuite les utiliser à mettre un ordre dans ce monde phénoménal qui nous entoure¹⁵.

Ajoutons que la thèse d'incommensurabilité est forte ou faible, selon qu'on adopte ou non un holisme sémantique intégral. Est-ce que cette restructuration de l'expérience réverbère sur tous les éléments de la structure (l'option de Feyerabend), ou est-ce qu'elle n'est significative que sur cette partie de la structure qui environne les concepts

impliqués dans la nouvelle théorisation (l'option de Kuhn) ? La thèse forte implique qu'une théorie donnée génère sa propre interprétation. Sur le plan empirique, on aurait du mal à voir en quoi de telles théories puissent en arriver à affirmer des énoncés contingents. Sur le plan logique même, la thèse forte est intenable : les formalismes logico-mathématiques impliqués dans ces théories possèdent des interprétations non visées (des modèles non standards).

Feyerabend soutient cependant que la théorie agit plus ou moins comme postulat de signification de tous les termes qu'elle comporte. En vue d'assurer que l'évaluation des théories scientifiques puisse néanmoins s'opérer sur la base d'énoncés d'observation, il propose d'adopter une conception des énoncés d'observation qui n'a pas recours à la façon dont ceux-ci sont interprétés. Selon la théorie pragmatique de l'observation à laquelle il a déjà été fait allusion, la propriété distinctive d'un énoncé d'observation n'est pas de nature sémantique ; elle est plutôt d'ordre pragmatique. Ce qui distingue les énoncés d'observations des autres énoncés en science, ce sont les circonstances de leur production. Les sensations et perceptions impliquées dans un processus d'observation sont des indicateurs de situation ; en cela, elles fonctionnent en science comme des aiguilles sur un cadran ou des traits au-dessus d'une règle. L'énoncé d'observation est selon Feyerabend une réponse causale ou behavioriste aux sensations et perceptions, réponse qui formule en mots la situation dont elles sont les indicateurs. Cette réponse, nous l'avons vu, est cependant conditionnée en arrière-plan par l'entière de notre savoir, par l'ensemble de nos données épistémiques.

Cette approche visant à caractériser les énoncés d'observation sur une base pragmatique et non sémantique recoupe en fin de compte celle de Carnap. Dans la reconstruction logique d'une théorie scientifique donnée, la décision de compter un terme parmi le vocabulaire observationnel (interprétation donnée et considérée comme fixe) ou parmi le vocabulaire théorique (interprétation en cours) est foncièrement de nature pragmatique. En ce sens, elle est arbitraire. Le point central de Carnap est de faire valoir que l'on peut, *si l'on veut*, établir une telle distinction pour fins d'analyse sémantique. Et, évidemment, ce stock de termes triés comme étant observationnels peut varier dans l'évolution historique d'une théorie, dont toute reconstruction logique représente une coupure dans l'axe du temps.

Feyerabend critique de Kuhn

Feyerabend accorde à Kuhn le mérite d'avoir souligné certains aspects de la science négligés des poppériens – en particulier, l'omniprésence d'anomalies dans la vie d'un paradigme. Mais il récuse le modèle kuhnien d'évolution des théories scientifiques, c'est-à-dire l'alternance d'activité normale et d'activité révolutionnaire. Tout en doutant que la science normale existe vraiment, il est certes d'avis qu'elle ne devrait pas exister. Il est encore moins disposé à accepter l'idéologie qui consisterait à prendre le modèle kuhnien comme idéal de science. Y voir une méthodologie réhabiliterait selon lui l'étroitesse d'esprit et la spécialisation la plus bornée ; de plus, cela empêcherait le développement des connaissances et participerait à accroître les tendances anti-humanitaires qui sont déjà une caractéristique inquiétante de la science contemporaine.

Feyerabend soulève la question de savoir si le modèle kuhnien est de nature purement descriptive, ou s'il est aussi normatif. Il juge que Kuhn demeure volontairement ambigu sur ce point, relatant que certains sociologues lui auraient dit avoir appris, à la lecture de *La structure des révolutions scientifiques*, comment améliorer leur discipline : il s'agirait de restreindre la critique et la discussion des fondements, de réduire bon nombre de théories à une seule, pour enfin avoir accès à une période d'activité normale ayant cette théorie comme paradigme. Feyerabend s'interroge si telle était bien l'intention de Kuhn, et met sous examen la notion de science normale en tant que norme de scientificité. Est-ce bien l'existence d'une tradition de solutions de problèmes qui caractérise, identifie et unifie à la fois cette activité humaine spécifique qu'est la science ? Si tel est le cas, polémique-t-il, alors on ne peut pas voir en quoi la philosophie du langage ordinaire telle que pratiquée à Oxford, ou, pour prendre un exemple un peu plus extrême, le crime organisé ne serait pas aussi une science ? En s'en tenant à un niveau de généralité voulu et en utilisant des exemples destinés à mettre les railleurs de son côté, Feyerabend a beau jeu de montrer que tout ce que Kuhn dit de la science normale s'applique tout aussi bien au crime organisé¹⁶. La recherche fondamentale y est maintenue à son minimum. Ayant acquis une bonne idée des problèmes qu'il aura à résoudre dans le métier, le gangster professionnel, comme le scientifique kuhnien, cesse d'être un explorateur devant l'inconnu. Il a déjà une expertise de tous les types de coffres-forts sur le marché.

Il vise plutôt à concrétiser le déjà connu, c'est-à-dire découvrir les idiosyncrasies du coffre-fort particulier qu'il aura à forcer. Il raffine de plus en plus ses instruments et adapte de plus en plus sa théorie aux tâches qu'il a à accomplir. Comme Kuhn nous le fait si bien voir, si le perceur de coffre-fort faillit à la tâche, c'est sa compétence qui sera mise en doute par les autres membres de la profession. En tout temps, c'est bien plus le gangster individuel que la théorie (en l'occurrence, la théorie de la résistance des matériaux, etc.) qui est mis à l'épreuve ; en cas d'échec, c'est lui qu'on blâme, pas ses instruments. Et ainsi de suite. L'activité criminelle répond très bien au schéma kuhnien de pratique scientifique normale.

Et ce n'est pas en faisant appel à la science révolutionnaire que Kuhn peut se tirer d'impasse. Premièrement, Kuhn caractérise la science révolutionnaire (le passage d'un paradigme à un autre) sur la base de la science normale, et non l'inverse. La science normale est caractérisée indépendamment de la nature des révolutions scientifiques. En second lieu, il n'y a aucune raison de croire que le crime organisé, comme la science, ne pourrait pas survivre en tant qu'activité aux crises et difficultés majeures. Certes, la pression qu'exerce les anomalies (les coffres-forts qui résistent à la dynamite, les officiers de police ripoux qui se découvrent un conscience, les délateurs imprévus, etc.) est plus forte sur la communauté criminelle que sur la communauté scientifique, ce qui explique d'ailleurs (sur le plan sociologique) que les restructurations des familles mafiosi ou de cartels de cocaïne sont plus fréquentes et plus abruptes que dans la communauté des physiciens en particules élémentaires, par exemple. Feyerabend pourrait aussi, à l'instar de Kuhn, reprendre le dicton qu'en fin de compte, ce n'est pas le crime organisé qui meure, mais ses représentants.

Acceptons que le modèle kuhnien caractérise tout aussi bien le crime organisé que la science organisée. Y a-t-il de quoi s'en surprendre ? Aucunement, fait remarquer Feyerabend, pour la bonne raison que le modèle kuhnien de la science est entièrement muet sur quelque chose de fondamental qui est le but de la science. Une caractérisation adéquate de la science ne peut faire sans parler du but de la science. Ce qu'il faut, c'est parler du but de la science et, considérant ce but, se demander si le modèle de science normale nous aide à l'atteindre.

Kuhn souligne à maints endroits qu'il ne porte pas de jugements sur la science normale, qu'il veut simplement dégager sa fonction à

l'intérieur d'une structure. Et sa fonction, c'est qu'elle mène aux révolutions. Feyerabend opine que la science normale est souhaitable si ce à quoi elle conduit, c'est-à-dire des changements qui seront considérés comme révolutionnaires, est également souhaitable pour la science. Posons la double question de savoir si les révolutions scientifiques sont souhaitables, et si la façon dont elles se déroulent est souhaitable. À la première question, Feyerabend répond que les révolutions sont souhaitables si elles mènent à un progrès. Or Kuhn met justement en cause le progrès post-révolutionnaire par sa thèse d'incommensurabilité. Quant à la seconde question, la réponse de Kuhn est que les révolutions scientifiques se produisent en raison de la pression qu'exercent les anomalies sur la communauté scientifique. Le paradigme devient chancelant et cède devant un autre qui s'impose. Mais d'où provient le nouveau paradigme, si la science normale est si monolithique que Kuhn le prétend ? Et pourquoi s'implanterait-il, s'il s'est développé à l'extérieur de l'ancien paradigme ? On ne peut voir le côté rationnel de l'explication kuhnienne. Selon Feyerabend, les principes de ténacité et de prolifération relèvent du domaine du rationnel, et ils rendent impossible l'implantation de la science normale.

Feyerabend conteste d'ailleurs la distinction science normale – science révolutionnaire. En science, de nouvelles théories sont constamment proposées et d'anciennes, constamment supplantées. Ce qu'on appelle des révolutions scientifiques ne sont que des changements qui ont attiré plus d'intérêt et reçu plus de publicité.

Et supposons qu'elle existe, la science normale. Est-elle souhaitable ? Il faut parler du but de la science, et lorsque l'on parle du but de la science, on retrouve souvent l'adage : recherche de la vérité, qui est un des buts le plus noble de l'activité humaine. Tout cela valorise la science, mais peut aussi l'éloigner de toute critique. Pour Feyerabend, Kuhn va encore plus loin dans ces lignes : il confère des titres de noblesse à l'aspect le plus ennuyeux et le plus terre-à-terre de la science : la science normale. Ce produit de l'ingéniosité humaine qu'est la science ne doit pas faire oublier la question qui l'a fait naître : comment augmenter le bonheur des hommes et les rendre plus libres. Dans l'omniprésente question de l'évaluation épistémologique des théories scientifiques, il ne faut pas mettre en jeu des standards de méthode, mais considérer ces valeurs primordiales que sont le bonheur et le développement intégral de l'individu. Il faut un ensemble d'institu-

tions scientifiques qui nous permettent de perdre le moins possible de nos capacités et de dévier le moins possible de nos inclinations naturelles et, conséquemment, une méthodologie de la prolifération et de la ténacité. Le principe de ténacité nous permet de suivre nos goûts et d'élaborer les théories que l'on veut ; le principe de ténacité nous permet de les élaborer malgré les difficultés, de les évaluer de façon critique face aux autres théories qui prolifèrent et de pouvoir ainsi les défendre à un degré de conscience supérieur. Voilà une méthodologie compatible avec une science au visage humain.

Feyerabend critique de Lakatos

Il y a une critique positive et une critique négative formulées par Feyerabend à l'endroit de Lakatos.

Feyerabend se ligue d'abord dans le camp des rationalistes en ce qui concerne la théorie des sciences. Une bonne « théorie des sciences » serait celle qui ferait la synthèse de deux découvertes :

- (a) Celle de Popper : ce ne sont pas tant les faits que la discussion critique de points de vue théoriques compétitifs qui fait avancer la science.
- (b) Celle de Kuhn : il faut un principe de ténacité (ou de résilience) en science.

Feyerabend dit que la théorie des sciences de Lakatos fait cette synthèse lorsque les principes de ténacité et de prolifération ne sont plus pensés en termes de périodes successives dans l'histoire des sciences, mais plutôt comme des aspects concomitants en science.

Feyerabend interprète Kuhn comme le proposant d'une théorie de l'évolution des théories scientifiques selon laquelle celles-ci se développent en une succession de périodes alternantes de monisme théorique (science normale), de pluralisme théorique (science révolutionnaire) et de monisme théorique (retour à la science normale). Feyerabend critique Kuhn le philosophe des sciences qui ne parvient pas à dégager la rationalité impliquée dans les changements révolutionnaires en science. Aussi, il critique Kuhn l'historien des sciences qui ne dégage des phénomènes de prolifération théorique qu'en prétendues périodes de crise : avec un peu plus d'imagination et un peu plus de recherche

historique, Kuhn aurait vu que la prolifération de théories alternatives ne fait pas que précéder immédiatement l'ébranlement d'un paradigme accepté. Elle est toujours là.

Bref, pour Feyerabend, la science n'est pas une succession dans le temps d'activité normale et révolutionnaire, elle en est la juxtaposition. C'est expressément sur ce point qu'il donne raison à Lakatos contre Kuhn : la méthodologie de Lakatos permet l'existence de différents programmes de recherche concomitants.

Voilà pour la critique positive adressée Lakatos. La critique négative consiste à donner raison à Kuhn (contre Lakatos) en ce qui touche la question de la rationalité en science. Selon Feyerabend, la science est – et devrait être – plus irrationnelle que ce que Lakatos nous en dit.

Voyons les méthodologies qui ont cours. Le falsificationnisme naïf propose des critères d'évaluation pour toute théorie, dès qu'elle est introduite dans la discussion scientifique. Comme si on pouvait juger au départ si une théorie correspond à nos standards de scientificité ou de rationalité. Lakatos, dans la méthodologie qu'il propose, donne le temps aux nouvelles théories de se développer et de faire leurs preuves, peut-être de montrer leur force cachée ; les théories ne sont jugées qu'à long terme. Les standards d'évaluation critique que Lakatos emploie laissent place à des intervalles d'hésitation face à un programme de recherche donné ; ces standards ne s'appliquent qu'avec un certain recul. Voilà qui est mieux. Toutefois, ajoute Feyerabend, ces standards n'ont aucune valeur pratique si on ne fixe pas une limite de temps pour les appliquer. Cela, Lakatos ne le fait pas. Et s'il le faisait, toute sa méthodologie prêterait flanc aux mêmes critiques que celles adressées au réfutabilisme naïf. Selon Feyerabend, Lakatos se retrouve ainsi devant l'alternative suivante. Soit il cesse d'invoquer l'existence de standards permanents de scientificité qui ont force dans le cours de l'histoire des sciences et qui gouvernent chaque période (car ils n'ont aucune valeur axiologique), soit il les conserve en tant qu'ornement verbal simplement pour perpétuer cette discipline douteuse qu'est la méthodologie des sciences, en mémoire de ces temps heureux où il semblait possible de gérer une entreprise aussi complexe que la science en s'en tenant à quelques règles simples et prétendument rationnelles. Pour Feyerabend, il est clair que Popper et Lakatos ont choisi la seconde branche de l'alternative ; en fait, ils admettent que la rationalité est

changeante, mais ils persistent à soutenir du bout des lèvres des critères philosophiques de méthode qui soit un gage de rationalité pour la science.

La science n'est pas irrationnelle pour autant ; elle a la rationalité de son époque. Nous n'avons pas de règles sûres pour guider la science dans les méandres et les vicissitudes de l'histoire, mais, dans chaque période de l'histoire, la science se donne et choisit des critères de rationalité qu'elle comprend, qu'elle accepte et qu'elle mérite. Sur ce point, la position de Feyerabend rejoint l'historicisme de Kuhn.

Notes du chapitre 7

1. Feyerabend, P., 1995 (1996). Voir également Preston, J., 1997. Introduction.
2. Viktor Kraft fut d'ailleurs longtemps l'auteur du seul ouvrage sur ce mouvement : *Der Wiener Kreis. Der Ursprung des Neopositivismus*, Vienne, Springer, 1950 ; 2^e éd. augm., 1968. *The Vienna Circle. The Origins of Neo-Positivism*, tr. Arthur Pap, New York, Philosophical Library, 1953.
3. Voir Feyerabend, P., 1958. Sur ce thème des énoncés protocolaires, on pourra lire, outre Neurath, O., 1932, l'étude de Thomas Oberdan, *Protocols, Truth, and Convention*, Amsterdam, Rodopi [*Studien zur Österreichischen Philosophie*, vol.19], 993.
4. Voir Feyerabend, P., 1962, 1963, 1965a, 1965c, 1970c.
5. Leur correspondance est publiée in Lakatos, I. et P. Feyerabend, 1999, chap. 3. Voir également Feyerabend, P., 1975b.
6. Voir Feyerabend, P., 1970a, 1970d, 1972 (1999), 1974, 1975a (1979), 1977.
7. Feyerabend, P., 1970b, 210.
8. Voir Feyerabend, P., 1976, 1978, 1987 (1989).
9. Voir chap. 1.
10. Feyerabend est explicite sur ce point : « Mon but est de présenter un modèle abstrait de l'acquisition du savoir, d'en développer les conséquences, et de les comparer à la science. » (Feyerabend, P., 1965b, 104).
11. Dans ce groupe, on peut mentionner Hempel, C., 1965b, 347, n. 17 et Alberto Coffa, « Feyerabend on Explanation and Reduction », *Journal of Philosophy*, 64, 1967, 500-508.
12. Dans le second groupe, on peut mentionner Achinstein, P., 1964, et C. R. Kordig, *The Justification of Scientific Change*, Dordrecht, Reidel, 1971, 52sq.
13. Voir Feyerabend 1965b, 1965c.
14. Feyerabend, P., 1965b, 105, n. 5.
15. Feyerabend, P., 1962, 29.
16. Feyerabend, P., 1970c, 200sq.

CONCLUSION

L'empirisme logique a développé des modèles et mis en place des problématiques qui ont orienté la trame de cet ouvrage. Les approches traitées à la suite de l'exposition des modèles proposés par Carnap et par Hempel de la structure langagière et de la fonction explicative des théories scientifiques se sont placées en réaction à ce mouvement. Popper proposa une méthodologie des sciences qui s'inscrivait en faux contre les investigations menées par Carnap dans les années 1930 sur la notion de confirmation. Popper récusait également toute notion de *probabilité logique* dont la contrepartie sur le plan de la méthodologie des sciences aurait été celle de *degré de confirmation*. Les premières contributions de Lakatos à l'école poppérienne portèrent sur les problèmes (jugés rédhibitoires) de la logique inductive. Kuhn, historien des sciences, s'opposa d'emblée à l'approche empiriste logique qui – de par son adoption de la méthode axiomatique – centrait l'attention sur la reconstruction des théories scientifiques achevées. Ses vues sur l'incommensurabilité se centrèrent progressivement sur une composante du modèle que se faisait l'empirisme logique du langage de la science, le langage observationnel. De son côté, Feyerabend développa des thèses apparentées sur l'incommensurabilité en stricte opposition aux modèles logiques d'explication et de réduction scientifiques. Quant à Bachelard, il développa ses propres conceptions en retrait de l'empirisme logique et, à vrai dire, de la tradition anglo-saxonne tout entière.

En ce qui touche la problématique de l'explication en science, nous avons pu noter que les failles du modèle d'explication sont dues à l'absence de composantes d'ordre pragmatique. Bas van Fraassen a

illustré la teneur essentiellement pragmatique de cette notion, tout en insistant sur le fait que le pouvoir explicatif des théories scientifiques n'offre aucune indication probante sur leur valeur de vérité ou sur l'existence des entités qu'elles postulent¹. En fait, l'approche idoine à la notion d'explication serait sans doute celle de la théorie des actes de langage, puisque expliquer représente justement un cas paradigmatique d'acte de discours. Dans la nomenclature élaborée par les auteurs de cette théorie, *expliquer* relève de l'aspect illocutoire des actes de discours, alors que *faire comprendre* est la force perlocutoire correspondante à l'explication. L'approche de Searle fait cependant le pari mal assuré que l'aspect illocutoire des actes de discours est passible d'un traitement autonome par rapport à l'aspect perlocutoire. Le modèle d'explication le plus élaboré qui soit devrait encore répondre à la question de savoir si une explication que personne ne comprend mérite le nom d'explication. La question de l'explication scientifique doit nécessairement aborder la problématique de la compréhension, où peuvent être mises à contribution les différentes approches de l'herméneutique philosophique.

La notion de réduction théorique traitée subséquemment à la problématique de l'explication scientifique est différente de la notion générale telle que présente dans le réductionnisme, à l'exemple des programmes mécaniste (réductibilité de la physique à la mécanique) et logiciste (réductibilité des mathématiques à la logique). L'histoire de la physique connaît plusieurs cas avérés de réduction théorique, qui répondent d'ailleurs à des idéaux scientifiques tels les principes d'économie et d'unification des théories. Les réductions réussies (par exemple l'électrodynamique classique de Maxwell, unifiant les statiques électriques et magnétiques, ainsi que l'optique) furent sans contredit des marques de progrès scientifique. C'est dans les cas controversés de réduction que la philosophie des sciences est mise à contribution en vue de clarifier cette notion.

En général, les réductions en physique dépendent de l'existence de procédures qui, lorsque appliquées avec succès, ne font qu'exhiber ce qui était déjà présent, tout comme l'analyse logique peut exhiber des relations logiques existantes, mais non apparentes. On peut ainsi comprendre comment l'empirisme logique fut tenté d'approcher la notion de réductibilité par celle de dérivabilité, à l'exemple des études séminales de Ernst Nagel (*The Structure of Science*, 1961). Cette

approche était cependant trop large, en raison de la prédominance des cas de réduction approximative en science. Les exemples d'incommensurabilité cités par Kuhn et Feyerabend renvoient à ce type de réduction, qui interpelle la philosophie des sciences². La littérature pertinente sur le sujet a dégagé diverses formes de réduction (théorique, méthodologique, et ontologique), sans pour autant pouvoir tirer les choses au clair³.

Du rationalisme critique poppérien et de la notion falsifiabilité, nous ne retiendrons que la version plus nuancée se retrouvant dans la méthodologie des programmes de recherche scientifiques de Lakatos. Ce dernier a pour ainsi dire réinséré dans l'histoire le critère poppérien de falsifiabilité en illustrant comment ce critère avait été lui-même falsifié par le développement historique de la science. Par contre, Lakatos s'est trop éloigné de la pensée dialectique qui animait Bachelard dans son articulation du rationalisme appliqué. L'épistémologue français concevait la rationalité en tant que produit d'un processus de rationalisation. Le rationalisme appliqué voyait dans la science le lieu privilégié d'une auto-construction de la rationalité, au fil d'un processus normé par ses applications historiques. La philosophie bachelardienne des coupures et des ruptures épistémologiques endossait somme toute la continuité en science ; elle débouchait sur la vision d'une science qui peut se fier à son histoire (qu'elle juge et sanctionne) et aux concepts organisateurs qui ont fait leurs preuves. Ce sont eux qui fonctionnent en tant que *valeurs épistémologiques*, et ils sont d'ordre mathématique. Cette fonction épistémologique essentielle dévolue aux mathématiques se réclamait d'une philosophie constructiviste qui est cependant demeurée à l'état programmatique chez Bachelard.

La formulation initiale par Kuhn de la thèse d'incommensurabilité des paradigmes scientifiques a eu un énorme effet d'attraction sur ce que d'aucuns ont appelé l'épistémologie post-positiviste des sciences. Il importe de distinguer la question de savoir s'il y a uncommensurabilité *en science*, ou si l'incommensurabilité apparaît uniquement *dans le modèle kuhnien* de la science – dans lequel cas l'incommensurabilité serait plutôt un épiphénomène relié à l'instrumentation kuhnienne d'analyse des théories scientifiques. À cet égard, il est significatif de noter que, pour l'épistémologie bachelardienne de la rectification des concepts, il n'y a pas de phénomène d'incommensurabilité en science. Une théorie scientifique qui rectifie un concept est une théorie qui

s'est déparée de celui-ci ; l'ancien concept constitue un sédiment dont elle est systématiquement tenue de s'émanciper. La rétention, par exemple, des concepts classiques de la physique à l'intérieur de systématisation conceptuelle qu'opèrent la physique relativiste et la physique quantique ne peut que servir de base à la formulation de paradoxes exogènes qu'une lecture récurrente de la science interdit. L'ancien concept scientifique se présente comme instant d'une conceptualisation antérieure dorénavant remplacée par une perspective améliorée qui en a réorganisé l'imbrication théorique tout en élargissant l'expérience qui lui correspondait. La nouvelle théorie peut repérer rétrospectivement l'applicabilité réussie des anciens concepts, mais dans ses propres termes. Par ailleurs et sur un plan plus général, la perte en science du *Lebenswelt* (au sens de Husserl) n'a aucune pertinence d'un point de vue constructiviste ou fondationnel.

Si l'incommensurabilité signifie qu'on ne peut retrouver, « sans pertes ni résidus », les concepts d'une théorie réduite à la suite d'une réduction théorique, il y a effectivement incommensurabilité en science, tout comme il y a mouvance des concepts et enrichissement de l'expérience. Mais cela serait davantage indice de progrès en science, alors qu'à la lecture de Kuhn, l'incommensurabilité semble plutôt indiquer des embûches à penser le progrès inter théorique en science. Les problèmes qui se posent à Kuhn quant à la question de l'incommensurabilité telle qu'il la conçoit sont des problèmes reliés au réalisme scientifique dont il n'est jamais parvenu à se départir. Il règne dans l'épistémologie kuhnienne une tension essentielle entre le point de vue anti-réaliste qui lui fait affirmer qu'à la suite d'une révolution, les scientifiques vivent dans un monde différent, et le point de vue réaliste, qui lui fait affirmer que lors d'une révolution scientifique, seules les taxonomies changent et non les référents.

Nous avons vu comment Kuhn s'était d'abord aidé d'analogies tirées de la *Gestaltpsychologie* pour illustrer l'incommensurabilité des paradigmes en tant que visions du monde : une forme perceptive laisse voir soit un lapin, soit un canard, mais pas les deux ensemble. Il y a un sens à dire que les tenants du nouveau et de l'ancien paradigme vivent dans des mondes différents (l'un habité par des lapins, l'autre peuplé de canards). Le réflexe du réaliste scientifique sera de dire que la réalité, en soi, demeure inchangée, alors que la vision du monde change. Sauf que la question demeure : vit-on dans un monde de lapins ou dans un

monde de canards ? Existe-t-il un point de vue externe, exigé par la thèse du réalisme scientifique, qui puisse nous dire en quoi consiste réellement le monde ? Ce point de vue existe : c'est celui du dieu laplacien. Un réflexe quinién serait ici de dire qu'en la matière, il n'y a aucun fait qui puisse décider de la question. Un réflexe carnapien serait de dire que chacun des points de vue constitue en fait un choix de langage ; ce choix aura à faire ses preuves sur le plan pragmatique et l'avenir fera de nous meilleurs juges. Kuhn, de son côté, cherche refuge dans l'existence de taxonomies partagées qui, on l'a vu, reprennent la thèse qu'une partie minimale de langage de la science peut faire l'objet d'un traitement sémantique de type réaliste (interprétation ostensive des *natural kinds*)⁴.

On note également cette même tension chez Feyerabend, qui s'emploie à défendre une interprétation réaliste de l'expérience, tout en se faisant le défenseur d'une conception très idéaliste de ce que constitue une théorie. Bien que nous ayons déjà fait le point au dernier chapitre sur les failles de sa thèse de l'incommensurabilité des théories scientifiques, nous voulons revenir sur le passage précité de l'ouvrage de Misner, Thorne et Wheeler. On y faisait état que la physique utilise des principes de correspondance par lesquelles des théories plus simples maintiennent leur vitalité au moyen de liens établis avec des théories plus exactes mais plus sophistiquées. Ces principes mettent typiquement en jeu la notion de *cas limite approximatif*, et cette notion d'approximation peut, à première vue, aller dans le sens d'une impossibilité de traduction sans perte ni résidus. Sur le plan de la physique théorique, toute thèse d'incommensurabilité conçue en termes d'impossibilité locale de traduction porte à faux : il en va aucunement de traduire ou retrouver l'ancienne théorie dans la nouvelle, mais plutôt de pouvoir la recouvrer, *ce qui n'implique que la formulation mathématique*. La structuration effectuée par la théorie réductrice permettra éventuellement (c'est une question d'ingéniosité mathématique) de dégager une continuité entre celle-ci et la théorie réduite, mais cette continuité ne peut être pensée dans les termes du réalisme scientifique. Le cas paradigmatique de théories incommensurables cité par Kuhn et Feyerabend est celui des mécaniques classique et relativiste. Ces deux théories ont cependant un langage commun, qui est celui de la géométrie différentielle. Évidemment, les géométries utilisées dans la coordination empirique des structures d'espace-temps sont différentes, de même que sont les invariances et les propriétés d'objets dans ces espaces-

temps. La continuité (rétrospective) qui existe entre ces théories ne fait aucun doute, mais elle ne peut être pensée par une interprétation réaliste des structures en question.

Nous devons encore porter jugement sur l'empirisme logique. Nous aurons vu que plusieurs des critiques adressées au mouvement empiriste reposaient sur une lecture erronée des thèses de ce mouvement. L'échec de l'empirisme logique en tant que thèse bien définie, c'est-à-dire en tant que rejet du synthétique *a priori*, fut scellé à l'interne à la fin des années 1960, lorsqu'on reconnut la faillite de la notion de règles de correspondance dans le modèle empiriste logique standard⁵.

La conception empiriste logique a cependant pu être défendue par la préservation de la notion d'analyticité attaquée par Quine. Il a longtemps régné une vulgate à l'effet que les arguments de Quine énoncés dans « Les deux dogmes de l'empirisme » aient porté un coup fatal à cette notion. Nous avons vu au chapitre premier que la notion d'analyticité dans la reconstruction logique d'une théorie scientifique se base sur des préceptes d'ordre pragmatique qui la rendent invulnérable aux objections quiniennes. Les théories physiques comportent de fortes composantes conventionnelles qui peuvent être pensées sous la catégorie de l'analytique, lorsque celle-ci est relativisée à une approche synchronique de ces théories ; la composante analytique de ces théories peut ainsi varier à l'aune d'une approche diachronique⁶.

En Europe, la vigueur du mouvement structuraliste dans les années 1970, qui reprenait à son compte les thèmes majeurs de l'empirisme logique, démontre amplement que l'empirisme logique a connu une postérité⁷. La reconstruction structuraliste des théories physiques prit à son compte la relativisation et la dynamisation de l'*a priori* qui caractérisait l'empirisme logique (par rapport à Kant). Dans l'optique de Sneed, les équations fondamentales du mouvement de la mécanique classique des particules étaient au départ analytiques, leur fonction essentielle étant, en rétrospective, de fixer les termes du discours. Selon cette même approche, c'est en ajoutant progressivement des lois qui particularisent et qui spécialisent les lois fondamentales (pour qu'elles s'appliquent à pluralité accrue de domaines empiriques) que ces dernières gagnent progressivement leur statut empirique.

L'empirisme logique dans la forme que lui donna Carnap demeura cependant trop influencé par le courant logiciste, même si ce premier professait une prise de position fortement formaliste en matière de philosophie des mathématiques. Son principe de tolérance en matières de choix de cadres linguistiques s'appliquait également aux mathématiques, et ce principe se réclamait autant du pragmatisme que du conventionnalisme.

La critique à adresser ici à l'empirisme logique serait qu'il est demeuré trop attaché à Mach, qui représentait pour le Cercle de Vienne l'exemple paradigmatique de vigilance épistémologique. Rappelons que Mach avait le premier démontré que la notion d'espace absolu dans la mécanique newtonienne était dénué de signification empirique. Ce principe d'hygiène conceptuelle constitua l'arrière-plan de l'attitude anti métaphysique du Cercle de Vienne. Par ailleurs, l'autonomie alors grandissante de la physique théorique par rapport à la physique expérimentale indiquait que le théoricien était libre de développer en toute quiétude d'esprit des modèles mathématiques qui se veulent des modèles enrichis de la réalité physique dont l'interprétation physique, partielle et indirecte, demeure ouverte en ce qu'elle procède et progresse au fil des résultats expérimentaux. La présence de notions d'origine purement mathématique, qui enrichissent les structures concrètes observées en des modèles de la théorie, causait certes aux empiristes logiques certains malaises épistémologiques : ils auraient bien aimé pouvoir démontrer que ces notions de base, dont l'interprétation empirique entière est toujours à déterminer, en possèdent effectivement une. C'est ainsi que, leurrés par l'utilisation anti-métaphysique qu'on pouvait en faire, ils entreprirent d'asseoir leur approche sur l'analyse logique plutôt que d'élaborer le constructivisme mathématique qu'elle nécessitait. À l'instigation de Carnap, l'attention se fixa sur un critère (au demeurant inadéquat) formel de contenu de signification (ou de pertinence cognitive) dont la fonction interne était d'établir que tous ces concepts mathématiques dont l'interprétation physique n'était que lâchement assurée avaient, pour ainsi dire, droit de cité empiriste.

L'épistémologie collective recherchée par le Cercle de Vienne fut développée en majeure partie par les réflexions de Schlick et des jeunes Carnap et Reichenbach sur la théorie de la relativité. Ce développement fut marqué par l'abandon progressif du kantisme en faveur d'une

forme de conventionnalisme rendu possible grâce à l'approche axiomatique promulguée par Hilbert. Mais encore fallait-il infuser au modèle empiriste logique naissant des théories scientifiques une composante constructiviste qui puisse prendre en compte la fonction épistémologique accrue des mathématiques dans la nouvelle physique. Ce rôle fut dévolu aux règles de correspondance qui, dans ce modèle, assurait aux théories logiquement reconstruites leur statut de théories empiriques. À l'origine, Reichenbach désirait accorder à ces règles un rôle proprement constitutif des concepts empiriques, alors que Schlick (qui, à l'instar de son premier maître, Planck, était d'allégeance réaliste) ne leur accordait qu'un rôle de coordination univoque de l'armature mathématique d'une théorie physique et la réalité qu'elle entend recouvrir. C'est en fin de compte ce rôle de simple coordination des structures formelles de base et des systèmes empiriques visés (dans un autre langage : des structures noétiques et noématiques) qui prévalut dans la conception que Reichenbach se fit des théories scientifiques, laquelle versa ultérieurement dans une prise de position en faveur du réalisme scientifique. Or l'empirisme logique, dans la forme que nous l'avons présentée, a toujours su maintenir une saine tension entre les deux écueils que représentent l'instrumentalisme (ou le conventionnalisme) et le réalisme scientifique en tant que points de vue épistémologiques à part entière.

La faillite signée de l'empirisme logique au début des années 1960 fut accompagnée en philosophie des sciences par de fortes prises de position en faveur du réalisme scientifique⁸. Tant et si bien que lorsque Bas van Fraassen publia son ouvrage *The Scientific Image* au début des années 1980, il semblait faire cavalier seul dans sa défense de l'anti-réalisme. Nancy Cartwright publiait un ouvrage (*How The Laws of Physics Lie*) promulguant le réalisme phénoménologique, et Ian Hacking (*Representing and Intervening*) défendait une forme de réalisme scientifique (le réalisme des entités) qui avait grand peine à se distinguer d'une forme de réalisme (le réalisme des théories) qu'il jugeait trop liée à l'approche des théories scientifiques en tant qu'entités linguistiques⁹. La teneur constructiviste de l'*empirisme constructif* de van Fraassen était cependant mitigée, comme en témoigne l'appellation de ses positions ultérieures (*The Empirical Stance*)¹⁰.

La relativisation de l'*apriori* et son interprétation conventionnaliste qui caractérisent l'épistémologie empiriste logique ne parviennent

pas à solutionner le problème légué par Kant, qui est celui de mettre au jour le processus d'objectification des concepts en science. Le réalisme scientifique, pour lequel l'applicabilité des mathématiques au réel demeure toujours un mystère, est justement le mauvais pas à faire dans l'investigation de ce qui a été traditionnellement jugé comme constituant le problème central de l'épistémologie des sciences. Thomas Ryckman a souligné comment des approches rivales existaient du temps de l'épistémologie viennoise, qui incorporaient la présence d'un *a priori* constitutif de l'expérience qui ne soit pas entaché de psychologisme et qui fasse appel au rôle des mathématiques dans la constitution historique des objets fondamentaux dont parlait la nouvelle physique¹¹. On pense ici surtout à Ernst Cassirer (*Das Erkenntnisproblem*) et Hermann Weyl (*Raum-Zeit-Materie*)¹². On peut, à l'instar de Ryckman, déplorer le fait que, lors de l'abandon généralisé de ce qui constituait le modèle empiriste reçu des théories scientifiques, la philosophie des sciences de tradition analytique ait omis de réexaminer sérieusement l'alternative que composaient ces approches, en raison du fait qu'elles furent associées à l'idéalisme transcendantal (Cassirer), ou qu'elles furent élaborées dans un langage empruntant à la phénoménologie husserlienne (Weyl).

Nous n'entendons pas offrir de plus amples précisions sur l'ingrédient constructiviste que nous jugeons manquant à l'épistémologie empiriste logique exposée à l'aune des conceptions de Carnap. Limitons-nous à dire que le constructivisme dont il est ici question tient que la science construit ses objets à même les théories dont on dit qu'elle porte sur ces objets. La mentalité logiciste voulait que cette construction soit accomplie par le calcul des relations. Nous donnons ici raison à Bachelard pour qui cette construction est essentiellement le fait des mathématiques. Le constructivisme bachelardien, hérité en bonne partie de Léon Brunschvicg, demeure cependant à l'état programmatique. L'élaboration d'une pensée constructiviste qui puisse suppléer aux failles de l'empirisme logique en la matière passerait par un renversement de la perspective traditionnelle initiée par Frege et Russell : ce n'est pas la logique qui sert de fondements aux mathématiques, mais la mathématique, c'est-à-dire l'arithmétique, qui sert de fondements à la logique. Cette logique serait par ailleurs une logique interne aux mathématiques¹³. Plutôt que de plonger des structures mathématiques dans des structures logiques (et dans le cas de la logique classique, dans des structures ensemblistes), c'est la voie inverse

que l'entreprise fondationnelle doit emprunter : il s'agit d'élaborer une logique interne aux mathématiques où l'homogénéité des concepts logico-mathématiques est assurée. Logiques et mathématiques voient ainsi à leurs propres fondements, sans avoir à présupposer d'autre instance fondationnelle que celle de l'existence de formes symboliques, c'est-à-dire, le langage.

Notes de la conclusion

1. Voir Van Fraassen, B., 1980.
2. On peut ici citer Friedman, M, 2001, qui accorde beaucoup de considération à l'incommensurabilité.
3. On pourra consulter Morrisson, M, 2000, Scheibe, E, 1997, 1999.
4. Voir Kuhn, T., 1991, 1993.
5. Voir Leroux, J., 1988, Introduction, 3^e partie (« Enjeux épistémologiques »).
6. Voir Leroux, J., 1978.
7. Voir Leroux, J., 1986, 1987, 1988, 1989.
8. Cette défense massive du réalisme (d'ailleurs autant en philosophie du langage qu'en philosophie des sciences) était aussi une réaction aux prétentions épistémologiques insistantes de la sociologie des sciences.
9. Voir Cartwright, N, 1983 et Hacking, I., 1983 (1989).
10. Voir van Fraassen, B., 2002. Dans un ouvrage plus récent, il maintient ses prises de position anti-réalistes en se réclamant des préceptes structuralistes (van Fraassen, B., 2008).
11. Voir Ryckman, T., 2005.
12. Ryckman offre une excellent aperçu des vues d'Ernst Cassirer exposées dans *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, 3 v., 1906, 1907, 1920, *Substanzbegriff und Funktionsbegriff* (1910) et *Zur Einsteinschen Relativitätstheorie : Erkenntnistheoretische Betrachtungen* (1921), ainsi que de celles d'Hermann Weyl dans *Raum-Zeit-Materie* (1918) et *Philosophy of Mathematics and Natural Science* (1949).
13. Voir Gauthier, Y., 2004, au sens où les fondements de la science sont internes à la science, et non issus de la philosophie. Comme le fait remarquer Jacques Bouveresse, « l'échec d'une tentative de fondation constitue certainement un problème pour la philosophie, qui a connu bien des échecs de cette sorte, mais pas nécessairement pour ce qu'elle cherchait à fonder » (*Le philosophe et le réel*, Paris, Hachette, 1998, 18).

BIBLIOGRAPHIE

Achinstein, Peter, 1963

« Theoretical Terms and Partial Interpretation », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 14, 89-105.

Achinstein, Peter, 1964

« On the Meaning of Scientific Terms », *Journal of Philosophy*, 61, 497-509.

Achinstein, Peter, 1968

Concepts of Science, Baltimore, The John Hopkins University Press.

Awodey, Steve et Carsten Klein (éd.), 2004

Carnap Brought Home. The View from Jena, Chicago, Open Court
[*Archive of Scientific Philosophy. Hillman Library, University of Pittsburgh*, vol. 2].

Bachelard, Gaston, 1928

Étude sur l'évolution d'un problème de physique : la propagation thermique dans les solides, Paris, Vrin.

Bachelard, Gaston, 1931

« Noumène et microphysique », *Recherches Philosophiques*, 1, 55-65.
Repr. in *id.*, *Études*, Paris, Vrin, 1970, 11-24.

Bachelard, Gaston, 1934

Le nouvel esprit scientifique, Paris, PUF.

Bachelard, Gaston, 1935a

Recension de Karl Popper, *Logik der Forschung* (1934), *Recherches Philosophiques*, 5, 446.

Bachelard, Gaston, 1935b

Recension de Hans Reichenbach, *Wahrscheinlichkeitslehre* (1935), *Recherches Philosophiques*, 5, 446-448.

- Bachelard, Gaston, 1935c
 Recension de Hans Hahn, *Logique, mathématiques et connaissance de la réalité* (1935), *Recherches Philosophiques*, 5, 448-450.
- Bachelard, Gaston, 1940
La Philosophie du Non. Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique, Paris, PUF.
- Bachelard, Gaston, 1949
Le Rationalisme appliqué, Paris, PUF.
- Bachelard, Gaston, 1951
L'Activité rationaliste de la physique contemporaine, Paris, PUF.
- Bachelard, Gaston, 1953
Le Matérialisme rationnel, Paris, PUF.
- Bachelard, Gaston, 1970
Études, Paris, Vrin.
- Balzer, Wolfgang, Carlos U. Moulines et Joseph D. Sneed, 1987
An Architechtonic for Science. The Structuralist Program, Dordrecht, Reidel.
- Bell, David et Wilhelm Vossenkuhl (éd.), 1992
Wissenschaft und Subjektivität. Der Wiener Kreis und die Philosophie des 20. Jahrhunderts. Science and Subjectivity: The Vienna Circle and Twentieth Century Philosophy, Berlin, Akademie Verlag.
- Bonk, Thomas (éd.), 2003
Language, Truth and Knowledge. Contributions to the Philosophy of Rudolf Carnap, Dordrecht, Kluwer, [Vienna Circle Institute Library, vol. 2].
- Braithwaite, Richard Bevan, 1953
Scientific Explanation, Cambridge, Cambridge University Press.
- Bridgman, Percy Williams, 1936
The Nature of Physical Theory, Princeton, Princeton University Press.
- Campbell, Norman Robert, 1920
Physics : The Elements, Cambridge, Cambridge University Press. Réimpr. sous le titre *Foundations of Science*, New York, Dover, 1957.
- Carnap, Rudolf, 1922
 « Der Raum. Ein Beitrag zur Wissenschaftslehre », *Kantstudien, Ergänzungshefte*, 56, 32-59. *Der Raum. Ein Beitrag zur Wissenschaftslehre*, Berlin, von Reuther & Reichard.
- Carnap, Rudolf, 1923
 « Über die Aufgabe der Physik und die Anwendung des Grundsatzes der Einfachheit », *Kantstudien*, 28, 90-107. Repr. in Sarkar, S., 1996a, 294-311.

Carnap, Rudolf, 1924

« Dreidimensionalität des Raumes und Kausalität : eine logische Untersuchung über den logischen Zusammenhang zweier Fiktionen », *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik*, 4, 105-130.

Carnap, Rudolf, 1925

« Über die Abhängigkeit der Eigenschaften des Raumes von denen der Zeit », *Kantstudien*, 30, 331-345.

Carnap, Rudolf, 1926

Physikalische Begriffsbildung, Karlsruhe, Braun. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1966.

Carnap, Rudolf, 1927

« Eigentliche und Uneigentliche Begriffe », *Symposium, Philosophische Zeitschrift für Forschung und Aussprache*, 1, 355-374.

Carnap, Rudolf, 1928a

Untersuchungen zur allgemeinen Axiomatik, éd. T. Bonk et J. Mosterin, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2000.

Carnap, Rudolf, 1928b (2002)

Der logische Aufbau der Welt, Berlin, Weltkreis. 2^e éd. Hambourg, Meiner, 1961. Réimpr. de la 1^e éd., Hambourg, Meiner, 1998. *La construction logique du monde*, tr. sur l'éd. de 1998 par Thierry Rivain, introd. Élisabeth Schwartz, Paris, Vrin.

Carnap, Rudolf, 1929

Abriss der Logistik, mit besonderer Berücksichtigung der Relationstheorie und ihrer Anwendungen, Vienne, Springer [*Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung*, vol. 2].

Carnap, Rudolf, 1932 (1985)

« Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache », *Erkenntnis*, 2, 219-241. « Le dépassement de la métaphysique par l'analyse logique du langage », tr. Barbara Cassin *et al.*, in *Manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*, éd. Antonia Soulez, Paris, PUF, 155-179.

Carnap, Rudolf, 1936-37

« Testability and Meaning », *Philosophy of Science*, 3, 419-471 ; 4, 1-40. Repr. in Sarkar, S., 1996b, 200-265.

Carnap, Rudolf, 1950

Logical Foundations of Probability, Chicago, The University of Chicago Press.

Carnap, Rudolf, 1956a (1977)

Meaning and Necessity. A Study in Semantics and Modal Logic, 2^e éd. augm., Chicago, The University of Chicago Press. *Signification et nécessité. Une recherche en sémantique et en logique modale*, tr. François Rivenc et Philippe de Rouilhac, Paris, Gallimard.

Carnap, Rudolf, 1956b

« The Methodological Character of Theoretical Concepts », in *The Foundations of Science and the Concepts of Psychology and Psychoanalysis*, éd. Herbert Feigl et Michael Scriven, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 1], 38-76.

Carnap, Rudolf, 1958

« Beobachtungssprache und theoretische Sprache », *Dialectica*, 12, 236-248.

Carnap, Rudolf, 1963

« Intellectual Autobiography », in *The Philosophy of Rudolf Carnap*, éd. Paul A. Schilpp, La Salle, IL, Open Court [*Library of Living Philosophers*] 3-84.

Carnap, Rudolf, 1966 (1973)

Philosophical Foundations of Physics, New York, Basic Books. Rééd. sous le titre *An Introduction to the Philosophy of Science*, New York, Basic Books, 1974. *Les fondements philosophiques de la physique*, tr. (partielle) Jean-Mathieu Luccioni et Antonia Soulez, Paris, Colin.

Cartwright, Nancy, 1983

How the Laws of Physics Lie, Oxford, Clarendon Press.

Caton, Hiram, 1975

« Carnap's First Philosophy », *Review of Metaphysics*, 28, 623-659.

Child, James, 1971

« On the Theoretical Dependence of Correspondence Postulates », *Philosophy of Science*, 38, 170-177.

Coffa, Alberto, 1985

« Idealism and the Aufbau », in *The Heritage of Logical Positivism*, éd. Nicholas Rescher, New York, University Press of America, 133-156.

Coffa, Alberto, 1991

The Semantic Tradition from Kant to Carnap, éd. Linda Wessels, Cambridge, Cambridge University Press.

Craig, William, 1953

« On Axiomatizability within a System », *The Journal of Symbolic Logic*, 18, 30-32.

Craig, William, 1956

« Replacement of Auxiliary Expressions », *Philosophical Review*, 65, 38-55.

Dahms, Hans-Joachim, 2004

« *Neue Sachlichkeit* in the Architecture and Philosophy in the 1920s », in Awodey, S. et C. Klein, 2004, 357-375.

- Danneberg, Lutz, Andreas Kamlah, et Lothar Schäfer (éd.), 1994
Hans Reichenbach und die Berliner Gruppe, Braunschweig, Vieweg.
- Duhem, Pierre, 1906 (1981)
La théorie physique. Son objet, sa structure, Paris, Chevalier & Rivière.
 2^e éd. rév. et augm. 1914 ; Paris, Vrin, 1981.
- Feigl, Herbert, 1970
 « The 'Orthodox' View of Theories : Remarks in Defense as Well as Critique », in *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, éd. Michael Radner et Stephen Winokur, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 4], 3-16.
- Feigl, Herbert, 1975
 « Homage to Rudolf Carnap », in *Rudolf Carnap, Logical Empiricist*, éd. J. Hintikka, Dordrecht, Reidel [*Synthese Library*, vol. 73], xiii-xvii.
- Fetzer, James H. (éd.), 2000
Science, Explanation, and Rationality. Aspects of the Philosophy of Carl G. Hempel, Oxford, Oxford University Press.
- Feyerabend, Paul, 1958
 « An Attempt at a Realistic Interpretation of Experience », *Proceedings of the Aristotelian Society*, 58, 143-170. Version rév. in *id.*, 1981a, chap. 2, 17-36.
- Feyerabend, Paul, 1962
 « Explanation, Reduction, and Empiricism », in *Explanation, Space, and Time*, éd. Herbert Feigl et Grover Maxwell, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 3], 28-97. Version rév. in *id.*, 1981a, 44-96 (chap. 4).
- Feyerabend, Paul, 1963
 « How to be a Good Empiricist : A Plea for Tolerance in Matters Epistemological », in *Philosophy of Science, The Delaware Seminar, Vol. 2*, éd. B. Baumrin, New York, Interscience, 3-39. Repr. in *id.*, 1999, chap. 3, 98-103.
- Feyerabend, Paul, 1965a
 « Problems of Empiricism, Part I », in *Beyond the Edge of Certainty*, éd. Robert G. Colodny, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall [*University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science*, vol. 2], 145-260.
- Feyerabend, Paul, 1965b
 « Reply to Criticism : Comments on Smart, Sellars and Putnam », in *In Honor of Philipp Frank. Proceedings of the Boston Colloquium for the Philosophy of Science 1962/1964*, éd. R. S. Cohen et M. W. Wartofsky, Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 2], 223-261. Version rév. et augm. in *id.*, 1981a, 104-131.

Feyerabend, Paul, 1965c

« On the 'Meaning' of Scientific Terms », *The Journal of Philosophy*, 12, 266-274. Repr. in *id.*, 1981a, 97-103 (chap. 5).

Feyerabend, Paul, 1970a

« Against Method : Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge », in *Theories and Methods of Physics and Psychology*, éd. Michael Radner et Stephen Winokur, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 4], 17-130.

Feyerabend, Paul, 1970b

« Consolations for the Specialist » in Lakatos, L. et Alan Musgrave, 1970, 197-230. Repr. in *id.*, 1981b, 131-161.

Feyerabend, Paul, 1970c

« Problems of Empiricism, Part II », in *The Nature and Function of Scientific Theories*, éd. Robert G. Colodny, Pittsburgh, Pittsburgh University Press [*University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science*, vol. 4], 275-353.

Feyerabend, Paul K., 1970d

« Philosophy of Science : A Subject with a Great Past », in *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, éd. Roger H. Stuewer, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 5], 172-183. Repr. in *id.*, 1999, chap. 6, 127-137.

Feyerabend, Paul, 1972 (1999)

« Von der beschränkten Gültigkeit methodologischer Regeln », *Neue Hefte für Philosophie*, 2/3, 124-171. « On the Limited Validity of Methodological Rules », tr. D. Sirtes et E. M. Oberheim, in *id.*, 1999a, 138-180 (chap. 7).

Feyerabend, Paul, 1974

« Thesen zum Anarchismus », in *Unter dem Pflaster liegt der Strand*, vol. 1, éd. Hans Peter Duerr, Berlin, Kramer, 127-133.

Feyerabend, Paul, 1975a (1979)

Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge, Londres, New Left Books. *Contre la méthode. Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, tr. Beaudoin Jurdant and Agnès Schlumberger, Paris, Seuil.

Feyerabend, Paul, 1975b

« Imre Lakatos », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 26, 1-18.

Feyerabend, Paul, 1976

« On the Critique of Scientific Reason », in *Essays in Memory of Imre Lakatos*, éd. R. S. Cohen, P. K. Feyerabend et M. W. Wartofsky,

- Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 39], 109-143.
- Feyerabend, Paul, 1977
 « Unterwegs zu einer dadaistischen Erkenntnistheorie », in *Unter dem Pflaster liegt der Strand*, vol. 4, éd. Hans Peter Duerr, Berlin, Kramer, 9-88.
- Feyerabend, Paul, 1978
Science in a Free Society, Londres, New Left Books, 1978.
- Feyerabend, Paul, 1981a
Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers, Vol. 1, Cambridge, Cambridge University Press.
- Feyerabend, Paul, 1981b
Problems of Empiricism. Philosophical Papers, Vol. 2, Cambridge, Cambridge University Press.
- Feyerabend, Paul, 1987 (1989)
Farewell to Reason, Londres, Verso. *Adieu à la raison*, tr. Beaudoin Jurdant, Paris, Seuil.
- Feyerabend, Paul, 1995 (1996)
Killing Time. The Autobiography of Paul Feyerabend, Chicago, The University of Chicago Press. *Tuer le temps*, tr. Beaudoin Jurdant, Paris, Seuil, 1996.
- Feyerabend, Paul, 1999
Knowledge, Science and Relativism. Philosophical Papers, Vol. 3, éd. John Preston, Cambridge, Cambridge University Press.
- Frank, Philipp, 1949 (1975)
Modern Science and Its Philosophy, Cambridge, MA, Harvard University Press. Réimpr. New York, Arno Press, 1975.
- Friedman, Michael, 1987
 « Carnap's *Aufbau* Reconsidered », *Noûs*, 1987, 521-545. Repr. in *id.*, 1999, 89-113.
- Friedman, Michael, 1992
 « Epistemology in the *Aufbau* », *Synthese*, 93, 15-57. Repris avec « Postscript » in *id.*, 1999, 114-162.
- Friedman, Michael, 1999
Reconsidering Logical Positivism, Cambridge, Cambridge University Press.
- Friedman, Michael, 2000a
A Parting of the Ways : Carnap, Cassirer, and Heidegger, LaSalle, IL, Open Court.

Friedman, Michael, 2000b

« Hempel and the Vienna Circle » in Fetzer, J., 2000, 39-64. Version abrégée in *Logical Empiricism in North America*, éd. G. Hardcastle et A. Richardson, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 18], 2003, 94-114.

Friedman, Michael, 2001

Dynamics of Reason, Stanford, CSLI Publications, 2001.

Friedman, Michael, 2003

« Kuhn and Logical Empiricism », in *Thomas Kuhn*, éd. Thomas Nickles, Cambridge, Cambridge University Press, 2003, 19-44.

Friedman, Michael, 2004

« Carnap and the Evolution of the A Priori », in Awodey, S. et C. Klein, 2004, 101-116.

Friedman, Michael et Richard Creath (éd.), 2007

The Cambridge Companion to CARNAP, Cambridge, Cambridge University Press.

Galison, Peter, 1990

« Aufbau/Bauhaus : Logical Positivism and Architectural Modernism », *Critical Inquiry*, 16, 709-752. Repr. in Sarkar, S., 1996c, 77-120.

Galison, Peter, 1993

« The Cultural Meaning of the *Aufbau* », in Stadler, F., 1993, 75-93.

Gauthier, Yvon, 1997

Logique et fondements des mathématiques, Paris, Diderot Éditeur.

Gauthier, Yvon, 2004

La logique du contenu. Sur la logique interne, Paris, L'Harmattan.

Goodman, Nelson, 1951 (2004)

The Structure of Appearance, Cambridge, MA, Harvard University Press. 3^e éd, Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 53], 1977. *La structure de l'apparence*, tr. Pierre Livet, Paris, Vrin, 2004.

Goodman, Nelson, 1963

« The Significance of *Der logische Aufbau der Welt* », in *The Philosophy of Rudolf Carnap*, éd. P. A. Schilpp, La Salle, IL, Open Court [*Library of Living Philosophers*], 545-558.

Grünbaum, Adolf, 1976a

« Is Falsifiability the Touchstone of Scientific Rationality ? Karl Popper versus Inductivism », in *Essays in Memory of Imre Lakatos*, éd. Robert S. Cohen *et al.*, Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 39], 213-252.

Grünbaum, Adolf, 1976b

« Can a Theory Answer more Questions than one of its Rivals ? », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 27, 1-23.

Grünbaum, Adolf, 1976c

« Is the Method of Bold Conjectures and Attempted Refutations *Justifiably* the Method of Science ? », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 27, 105-136.

Grünbaum, Adolf, 1976d

« Ad Hoc Auxiliary Hypotheses and Falsificationism », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 27, 329-362.

Haack, Susan, 1977

« Carnap's 'Aufbau' : Some Kantian Reflections », *Ratio*, 19, 170-175.
Repr. in Sarkar, S., 1996a, 342-347.

Hacking, Ian, 1983 (1989)

Representing and Intervening, Cambridge, Cambridge University Press.
Représenter et intervenir, Paris, Christian Bourgois, 1989.

Haacohen, Malachi Haim, 2000

Karl Popper – The Formative Years, 1902-1945, Cambridge, Cambridge University Press.

Hamilton, Andrew, 1992

« Carnap's *Aufbau* and the Legacy of Neutral Monism », in Bell, David A. et Wilhelm Vossenkuhl, 1992, 131-152.

Harris, J. H., 1974

« Popper's Definitions of 'Verisimilitude' », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 160-166.

Hempel, Carl Gustav, 1948

« Studies in the Logic of Explanation » (en collaboration avec Paul Oppenheim), *Philosophy of Science*, 15, 135-75.

Hempel, Carl, 1958

« The Theoretician's Dilemma. A Study in the Logic of Theory Construction », in *Concepts, Theories, and the Mind-Body Problem*, éd. Herbert Feigl *et al.*, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 2], 1958, 37-98.

Hempel, Carl, 1965a

Aspects of Scientific Explanation and Other Logical Essays, New York, Free Press.

Hempel, Carl, 1965b

« Aspects of Scientific Explanation », in *id.*, 1965a, 331-496.

Hempel, Carl, 1965c (1980)

« Empiricist Criteria of Cognitive Significance : Problems and Changes », in *id.*, 1965a, 101-122. « Les critères empiristes de la signification cognitive : problèmes et changements », in Jacob, P., 1980, 61-84.

Hempel, Carl, 1970

« On the 'Standard Conception' of Scientific Theories », in *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, éd. Michael Radner et Stephen Winokur, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 4], 142-163. Repr. in *id.*, 2001, 218-236.

Hempel, Carl, 1973a

« The Meaning of Theoretical Terms. A Critique of the Standard Empiricist Construal » in *Logic, Methodology, and Philosophy of Science*, vol. 4, éd. Patrick Suppes *et al.*, Amsterdam, North-Holland, 1973, 367-378. Repr. in *id.*, 2001, 208-217.

Hempel, Carl, 1973b

« Rudolf Carnap. Logical Empiricist », *Synthese*, 25, 256-268. Repr. in *Rudolf Carnap, Logical Empiricist*, éd. Jaakko Hintikka, Dordrecht, Reidel [*Synthese Library*, vol. 73], 1975, 1-13.

Hempel, Carl G., 1977

« Die Wissenschaftstheorie des analytischen Empirismus im Lichte zeitgenössischer Kritik », in *Logik-Ethik-Theorie der Geisteswissenschaften. Kongressberichte des XI. Deutschen Kongresses für Philosophie*, Göttingen, 1975, éd. Günther Patzig *et al.*, Hambourg, Meiner, 20-34.

Hempel, Carl, 1991

« Hans Reichenbach Remembered », *Erkenntnis*, 35, 5-10.

Hempel, Carl, 1993

« Empiricism in the Vienna Circle and in the Berlin Society For Scientific Philosophy. Recollections and Reflections », in Stadler, F., 1993, 1-9.

Hempel, Carl, 2000

« Intellectual Autobiography », in Fetzer, J., 2000, 3-35.

Hempel, Carl Gustav, 2001

The Philosophy of Carl G. Hempel. Studies in Science, Explanation, and Rationality, éd. James H. Fetzer, Oxford, Oxford University Press, 2001.

Hertz, Heinrich, 1894

Die Prinzipien der Mechanik, in *id.*, *Gesammelte Werke*, vol. III, Leipzig, Barth.

Howard, Don, 1994

« Einstein, Kant, and the Origins of Logical Empiricism », in *Language, Logic, and the Structure of Scientific Theories : The Carnap-Reichenbach Centennial*, éd. W. Salmon et G. Wolters, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 45-105.

Jacob, Pierre, 1980

De Vienne à Cambridge. L'héritage du positivisme logique, Paris, Gallimard.

Kuhn, Thomas, 1959

« The Essential Tension : Tradition and Innovation in Scientific Research », in *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Scientific Talent*, éd. C. W. Taylor, Salt Lake City, University of Utah Press, 162-174. Repr. in *id.*, 1977b, 225-239. « La tension essentielle : tradition et innovation dans la recherche scientifique », in *id.*, 1977b (1990), 304-322.

Kuhn, Thomas, 1961

« The Function of Measurement in Modern Physical Science », *Isis*, 52, 161-193. Repr. in *id.*, 1977b, 178-224. « La fonction de la mesure dans les sciences physiques modernes », in *id.*, 1977b (1990), 247-303.

Kuhn, Thomas, 1962 (1983)

The Structure of Scientific Revolutions, Chicago, The University of Chicago Press [*International Encyclopedia of Unified Science*, vol. 2, no. 2], 1962. 2^e éd. augm., 1970. *La structure des révolutions scientifiques*, tr. sur la 2^e éd. de 1970 par Laure Meyer, Paris, Flammarion.

Kuhn, Thomas, 1963

« The Function of Dogma in Scientific Research », in *Scientific Change. Historical Studies in the Intellectual, Social and Technical Conditions for Scientific Discovery and Technical Invention, from Antiquity to the Present*, éd. Alistair Cameron Crombie, Londres, Heinemann, 347-369.

Kuhn, Thomas, 1970a

« Logic of Discovery or Psychology of Research ? », in Lakatos, I. et A. Musgrave, 1970, 1-23. Repr. in *id.*, 1977a, 266 -292. « Logique de la découverte ou psychologie de la recherche ? », in *id.*, 1977b (1990) 356-390.

Kuhn, Thomas, 1970b

« Reflections on My Critics », in Lakatos, I. et A. Musgrave, 1970, 231-278. Repr. in *id.*, 2000, 123-175.

Kuhn, Thomas, 1970c

« Postscript - 1969 », in *id.*, 1962, 2^e éd., 174-210.

Kuhn, Thomas, 1971

« Notes on Lakatos », in *PSA 1970. In Memory of Rudolf Carnap*, éd. R. C. Buck et R. S. Cohen, Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8], 137-146.

Kuhn, Thomas, 1974

« Second Thoughts on Paradigms », in *The Structure of Scientific Theories*, éd. Frederick Suppe, Urbana, University of Illinois Press, 459-482. 2^e éd., 1977. Repr. in *id.*, 1977b, 293-319. « En repensant aux paradigmes », in *id.*, 1977b (1990), 391-423.

Kuhn, Thomas, 1976

« Theory-Change as Structure-Change : Comments on the Sneed Formalism », *Erkenntnis*, 10, 179-199. Repr. in *id.*, 2000, 176-195.

Kuhn, Thomas, 1977a

Die Entstehung des Neuen, éd. Lorenz Krüger, Francfort-sur-le-Main, Suhrkamp.

Kuhn, Thomas, 1977b (1990)

The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change, Chicago, The University of Chicago Press. *La tension essentielle. Tradition et changement dans les sciences*, tr. Michel Biezunski, Pierre Jacob, Andrée Lyotard-May et Gilbert Voyat, Paris, Gallimard, 1990.

Kuhn, Thomas, 1977c

« Objectivity, Value-Judgment, and Theory Choice », in *id.*, 1977b, 320-339. « Objectivité, jugement de valeur et choix d'une théorie », in *id.*, 1977b (1990), 424-449.

Kuhn, Thomas, 1983

« Commensurability, Comparability, Communicability », in *PSA 1982, Vol. II*, éd. Peter D. Asquith et Thomas Nickles, East Lansing, MI, Philosophy of Science Association 1983, 669-688. Repr. in *id.*, 2000, 33-57.

Kuhn, Thomas, 1991

« The Road Since Structure », in *PSA 1990, Proceedings of the 1990 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, Vol. II*, éd. A. Fine, M. Forbes et L. Wessels, East Lansing, MI, Philosophy of Science Association, 3-13. Repr. in *id.*, 2000, 90-104.

Kuhn, Thomas, 1993

« Afterwords », in *World Changes. Thomas Kuhn and the Nature of Science*, éd. Paul Horwich, Cambridge, MA, MIT Press, 311-341. Repr. in *id.*, 2000, 224-252.

Kuhn, Thomas, 2000

The Road since Structure. Philosophical Essays, 1970-1993, with an Autobiographical Interview, éd. James Conant et John Haugeland, Chicago, The University of Chicago Press.

Lakatos, Imre, 1961

Essays in the Logic of Mathematical Discovery, Ph.D. Thesis, University of Cambridge.

Lakatos, Imre 1968

« Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes », *Proceedings of the Aristotelian Society*, 69, 149-186.

Lakatos, Imre, 1970 (1994)

« Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes », in Lakatos, I. et A. Musgrave, 1970, 91-195. Repris in *id.*, 1978, chap. 1, 8-101. « La falsification et la méthodologie des programmes de recherche scientifiques », in *id.*, 1994, chap. 1, 1-146.

Lakatos, Imre 1971a (1994)

« History of Science and Its Rational Reconstructions », in *PSA 1970 : In Memory of Rudolf Carnap*, éd. R. C. Buck et R. S. Cohen, Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8], 91-136. Repr. in *id.*, 1978, chap. 2, 102-138 « L'histoire des sciences et ses reconstructions rationnelles », in *id.*, 1994, chap. 3, 185-241.

Lakatos, Imre 1971b

« Popper zum Abgrenzungs- und Induktionsproblem », *Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie*, éd. H. Lenk, Braunschweig, Vieweg, 75-110. « Popper on Demarcation and Induction », in *The Philosophy of Karl Popper*, éd. Paul A. Schilpp, LaSalle, IL, Open Court, 241-273. Repr. in *id.*, 1978, chap. 3, 139-167.

Lakatos, Imre 1976 (1984)

Proofs and Refutations : The Logic of Mathematical Discovery, éd. John Worrall et Elie Zahar, Cambridge, Cambridge University Press. *Preuves et réfutations. Essai sur la logique de la découverte scientifique*, tr. N. Bala-cheff et J.-M. Laborde, Paris, Hermann.

Lakatos, Imre, 1978

The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers, Vol. I, éd. John Worrall et Gregory Currie, Cambridge, Cambridge University Press.

Lakatos, Imre, 1994

Histoire et méthodologie des sciences, éd. Luce Giard, tr. Catherine Malamoud et Jean-Fabien Spitz, Paris, PUF.

Lakatos, Imre et Alan Musgrave (éd.), 1970

Criticism and the Growth of Knowledge, Cambridge, Cambridge University Press, 1970.

Lakatos, Imre et Paul Feyerabend, 1999

For and Against Method, éd. et introd. Matteo Motterlini, Chicago, The University of Chicago Press.

Lecourt, Dominique, 1981

L'Ordre et les jeux. Le positivisme logique en question, Paris, Grasset.

Leroux, Jean, 1978

« Concept de théorie de contexte diachronique », *Philosophiques*, 5, 251-259.

Leroux, Jean, 1986

« Structuralisme et empirisme. L'approche ensembliste des théories physiques », *Dialogue*, 25, 143-166.

Leroux, Jean, 1987

« The Structuralist View of Theories and Empiricism », *Dialectica*, 41, 321-326.

Leroux, Jean, 1988

La sémantique des théories physiques, Ottawa, Les Presses de l'Université d'Ottawa [*Philosophica*, vol. 34].

Leroux, Jean, 1989

Compte-rendu de Wolfgang Stegmüller, *Die Entwicklung des neuen Strukturalismus seit 1973* (Berlin, Springer, 1986), *Dialogue*, 28, 677-682.

Leroux, Jean, 1998

Introduction à la logique, Paris, Diderot Éditeur [*Bibliothèque des Sciences*], 1998.

Leroux, Jean, 1999

« Opérationnalisme », in *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, éd. Dominique Lecourt, Paris, Les Presses Universitaires de France, 709-710.

Leroux, Jean, 2002a

« Bachelard et le Cercle de Vienne », in *Cahiers Gaston Bachelard*, vol. 5, 107-127.

Leroux, Jean, 2002b

« Le structuralisme strict de Carnap », in *Carnap aujourd'hui*, éd. François Lepage et al., Paris, Vrin [*Analytiques*, vol. 14], 137-151.

Leroux, Jean, 2010

Une histoire comparée de la philosophie des sciences, Vol. I : Aux sources du Cercle de Vienne, Québec, QC, Les Presses de l'Université Laval.

Margenau, Henry, 1950

The Nature of Physical Reality. A Philosophy of Modern Physics, New York, McGraw-Hill.

Mayer, Verena, 1991

« Die Konstruktion der Erfahrungswelt : Carnap und Husserl », *Erkenntnis*, 35, 287-303.

Mayer, Verena, 1992

« Carnap und Husserl », in Bell, D. et W. Vossenkuhl, 1992, 185-201.

Miller, D., 1974

« Popper's Qualitative Theory of Verisimilitude », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 166-177.

Mormann, Thomas, 2003

« Synthetic Geometry and *Aufbau* », in Bonk T., 2003, 45-64.

Mormann, Thomas, 2004

« A Quasi-analytical Constitution of Physical Space », in Awodey, S. et C. Klein, 2004, 79-99.

Morrison, Margaret, 2000

Unifying Scientific Theories. Physical Concepts and Mathematical Structures, Cambridge, Cambridge University Press.

Moulines, Carlos U., 2006

La philosophie des sciences. L'invention d'une discipline (fin 19^e – début 21^e siècle), Paris, Éditions Rue d'Ulm.

Nagel, Ernst, 1961

The Structure of Science : Problems in the Logic of Scientific Explanation, New York, Hartcourt, Brace & World. 2^e éd., Indianapolis, Hackett, 1979.

Neurath, Otto, 1932 (1985)

« Protokolsätze », *Erkenntnis*, 3, 204-214. « Énoncés protocolaires », in *Manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*, éd. Antonia Soulez, tr. Jan Sebestik et Antonia Soulez, Paris, PUF, 221-231.

Niiniluoto, Ilkka, 1998

« Verisimilitude : The Third Period », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 49, 1-29.

Popper, Karl, 1928

Zur Methodenfrage der Denkpsychologie, Dissertation, Vienne.

Popper, Karl, 1934 (1973)

Logik der Forschung, Vienne, Springer [*Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung*, vol. 9]. *La logique de la découverte scientifique*, tr. Nicole Thyssen-Rutten et Philippe Devaux, Paris, Payot, 1973.

Popper, Karl, 1963 (1985)

Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge, New York, Harper & Row. 4^e éd. rév., Londres, Routledge & Kegan Paul, 1972. *Conjectures et Réfutations. La croissance du savoir scientifique*, tr. Michelle-Irène et Marc B. de Launay, Paris, Payot, 1985.

Popper, Karl, 1970

« Normal Science and its Dangers », in Lakatos, I. et A. Musgrave, 1970, 51-58.

Popper, Karl, 1972 (1991)

Objective Knowledge : An Evolutionary Approach, Oxford, Clarendon Press, 1972 ; 2^e éd. rév. et augm., 1979. *La Connaissance Objective*, tr. et préface Jean-Jacques Rosat, Paris, Aubier. Paris, Flammarion, 1991.

Popper, Karl, 1974a (1981)

« Intellectual Autobiography », in *The Philosophy of Karl Popper*, vol. 1, éd. P. A. Schilpp, La Salle, IL, Open Court [*The Library of Living Philosophers*] 3-181. *Unended Quest : An Intellectual Autobiography*, Londres, Fontana, 1976. 4^e éd., Londres, Routledge, 1999. *La Quête inachevée*, tr. Renée Bouveresse, Calmann-Lévy, 1981 ; rééd. Paris, Presse Pocket [*Agora*], 1989.

Popper, Karl, 1990 (1992)

A World of Propensities, Bristol, Thoemmes. *Un univers de propensions : deux études sur la causalité et l'évolution*, tr. Alain Boyer, Paris, L'Éclat, 1992.

Preston, John, 1997

Feyerabend : Philosophy, Science and Society, Cambridge, Polity Press.

Proust, Joëlle, 1986

Questions de forme. Logique et proposition de Kant à Carnap, Paris, Fayard.

Przełęcki, Marian, 1969

The Logic of Empirical Theories, Londres, Routledge & Kegan Paul.

Przełęcki, Marian, 1974a

« A Set Theoretic *versus* a Model Theoretic Approach to the Logical Structure of Physical Theories », *Studia Logica*, 33, 105-112.

Przełęcki, Marian et Wójcicki, Ryszard, 1969

« The Problem of Analyticity », *Synthese*, 19, 374-399.

Putnam, Hilary, 1962

« What Theories are Not », in *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, éd. Ernst Nagel et Patrick Suppes, Stanford, Stanford University Press, 240-251.

Quine, W.V., 1951 (1980)

« Two Dogmas of Empiricism », *Philosophical Review*, 60, 20-43. Repr. in Quine, W.V., 1953. « Les deux dogmes de l'empirisme », in Jacob, P., 1980, 93-121.

Quine, W.V., 1953

From a Logical Point of View. Cambridge, MA, Harvard University Press.

Ramsey, Frank Plumpton, 1931 (2003)

« Theories », in *id.*, *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays*, éd. R. B. Braithwaite, préface de G. E. Moore, New York, The Humanities Press, 212-236. « Les théories », tr. Jean Leroux, in *id.*, *Logique, philosophie et probabilités*, éd. Pascal Engel et Mathieu Marion, Paris, Vrin, 255-275.

Reichenbach, Hans, 1938

Experience and Prediction, Chicago, The University of Chicago Press. With a new Introduction by Alan Richardson, Notre Dame. IN, University of Notre Dame Press, 2006.

Reisch, George, 1991

« Did Kuhn Kill Logical Empiricism ? », *Philosophy of Science*, 58, 264-277.

Richardson, Alan, 1990

« How Not to Russell Carnap's *Aufbau* », in *Proceedings of the PSA Meetings 1990, vol. 1*, éd. A. Fine, M. Forbes et L. Wessels, East Lansing, MI, Philosophy of Science Association, 3-14.

Richardson, Alan, 1992a

« Metaphysics and Idealisms in the 'Aufbau' », *Grazer Philosophische Studien*, 43, 45-72.

Richardson, Alan, 1992b

« Logical Idealism and Carnap's Construction of the World », *Synthese*, 93, 59-93. Repr. in Sarkar, S., 1996c, 197-230.

Richardson, Alan, 1998

Carnap's Construction of the World, Cambridge, Cambridge University Press.

Richardson, Alan et Thomas Uebel (éd.), 2007

The Cambridge Companion to Logical Empiricism, Cambridge, Cambridge University Press.

Rozeboom, William Warren, 1960

« Studies in the Empiricist Theory of Meaning I-II », *Philosophy of Science*, 27, 359-373.

Rozeboom, William Warren, 1962

« The Factual Content of Theoretical Concepts », in *Scientific Explanation, Space and Time*, éd. Herbert Feigl et Grover Maxwell, Minneapolis, University of Minnesota Press [*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. III], 273-357.

Ryckman, Thomas, 1999

Compte-rendu de Richardson, A., 1998, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 50, 497-500.

Ryckman, Thomas, 2005

The Reign of Relativity. Philosophy of Physics 1915-1925, Oxford, Oxford University Press.

Salmon, Wesley, 1998

Causality and Explanation. Oxford, Oxford University Press.

Sarkar, Sahotra (éd.) 1996a

Science and Philosophy in the Twentieth Century. Basic Works of Logical Empiricism. Vol 1 : The Emergence of Logical Empiricism. From 1900 to the Vienna Circle, New York, Garland.

Sarkar, Sahotra (éd.), 1996b

Science and Philosophy in the Twentieth Century. Basic Works of Logical Empiricism. Vol 2 : Logical Empiricism at its Peak. Schlick, Carnap, and Neurath, New York, Garland.

Sarkar, Sahotra (éd.), 1996c

Science and Philosophy in the Twentieth Century. Basic Works of Logical Empiricism. Vol 6 : The Legacy of the Vienna Circle. Modern Reappraisals, New York, Garland.

Sarkar, Sahotra, 2003

« Husserl's Role in Carnap's *Der Raum* », in Bonk, T., 2003, 179-190.

Sauer, Werner, 1985

« Carnaps 'Aufbau' in kantianischer Sicht », *Grazer Philosophische Studien*, 23, 19-35.

Sauer, Werner, 1989

« On the Kantian Background of Neopositivism », in *Topos*, 8, 111-119. Repr. in Sarkar, S., 1996c, 1-9.

Scheibe, Erhard, 1976

« Conditions of Progress and the Comparability of Theories », in *Essays in Memory of Imre Lakatos*, éd. R. S. Cohen, P. K. Feyerabend et M. W. Wartofsky, Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 39] 547-568.

Scheibe, Erhard, 1995

« The Rationality of Reductionism », in *Natural Sciences and Human Thought*, éd. R. Zwilling, Berlin, Springer, 213-225. Repr. in *id.*, 2001, 369-377.

Scheibe, Erhard, 1997

Die Reduktion physikalischer Theorien. Ein Beitrag zur Einheit der Physik. Teil I : Grundlagen und elementare Theorie, Berlin, Springer.

Scheibe, Erhard, 1999

Die Reduktion physikalischer Theorien. Ein Beitrag zur Einheit der Physik. Teil II : Inkommensurabilität und Grenzfallreduktion, Berlin, Springer.

Scheibe, Erhard, 2001

Between Rationalism and Empiricism. Selected Papers in the Philosophy of Physics, éd. Brigitte Flakenburg, Berlin, Springer, 2001.

Sneed, Joseph D., 1971

The Logical Structure of Mathematical Physics, Dordrecht, Reidel, 2^e éd. 1979.

Stadler, Friedrich (éd.), 1993

Scientific Philosophy : Origins and Developments, Dordrecht, Kluwer.

Stegmüller, Wolfgang, 1979

The Structuralist View of Theories, New York, Springer.

Suppe, Frederick, 1972

« What's Wrong with the Received View on the Structure of Scientific Theories ? », *Philosophy of Science*, 39, 1-19.

Suppe, Frederick, 1977

The Structure of Scientific Theories, 2^e éd., Urbana, The University of Illinois Press.

Tennant, Neil, 1987

« The Life and Work of the Early Carnap », in *Scientific Inquiry in Philosophical Perspective*, éd. Nicholas Rescher, Lanham, MD, University Press of America, 261-280.

Tichý, Pavel, 1974

« On Popper's Definition of Verisimilitude », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 155-160.

Tuomela, Raimo, 1973

Theoretical Concepts, Berlin, Springer.

Van Fraassen, Bas, 1980

The Scientific Image, Oxford, Clarendon Press.

Van Fraassen, Bas, 2002

The Empirical Stance, Yale, Yale University Press.

Van Fraassen, Bas, 2008

Scientific Representation : Paradoxes of Perspective, Oxford, Oxford University Press.

Williams, P. M., 1974

« Certain Classes of Models for Empirical Systems », *Studia Logica*, 33, 73-90.

Winnie, John A., 1965

« Theoretical Terms and Partial Definitions », *Philosophy of Science*, 32, 324-328.

Winnie, John A., 1967

« The Implicit Definition of Theoretical Terms », *The British Journal for the Philosophy of Science*, 18, 223-229.

Winnie, John A., 1971

« Theoretical Analyticity », *PSA 1970. In Memory of Rudolf Carnap*, éd. R. C. Buck et R. S. Cohen, Dordrecht, Reidel [*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8], 289-305.

Wolters, Gereon, 1985

« The First Man Who almost wholly Understood Me » : Carnap, Dingle, and Conventionalism », in *The Heritage of Logical Positivism*, éd. Nicholas Rescher, Lanham, MD, University Press of America, 1985, 93-107.

Table des matières

AVANT-PROPOS	IX
INTRODUCTION.	1
De l'épistémologie à la logique des sciences	1
La mise en question de la fonction cognitive du langage	5
Notes de l'introduction	13
Chapitre premier	
L'empirisme logique. Rudolf Carnap (1891-1970)	15
L'abandon du kantisme	15
Le volet logique	17
L'approche syntaxique (<i>statement view</i>)	21
L'empirisme sémantique	33
L'analyticité dans le modèle empiriste standard	35
Notes du chapitre 1	46
Chapitre 2	
L'explication scientifique. Carl Hempel (1905-1997).	49
Arrière-plan historique	49
Exposition du modèle	52
Le modèle face aux critiques	54
La réduction en science	57
Notes du chapitre 2	59

Chapitre 3

Le rationalisme critique. Karl Popper (1902-1994)	61
Méthode et rationalité	61
La réfutabilité des théories scientifiques	64
La notion formelle	64
La notion méthodologique	68
La notion de <i>vérisimilitude</i>	71
Notes du chapitre 3	75

Chapitre 4

Le rationalisme appliqué. Gaston Bachelard (1884-1962)	77
L'épistémologie historique	77
Bachelard face à Mach et Poincaré	83
La conception bachelardienne des théories physiques . .	86
Bachelard et l'épistémologie viennoise	91
Notes du chapitre 4	96

Chapitre 5

L'historicisme. Thomas Kuhn (1922-1996)	99
L'acquisition des théories scientifiques	99
L'évolution des théories scientifiques	104
Les paradigmes scientifiques	105
La science normale	110
Les périodes de crise scientifique	114
L'incommensurabilité kuhnienne	116
Notes du chapitre 5	123

Chapitre 6

Le rationalisme critique amendé. Imre Lakatos (1922-1974)	125
L'Histoire de la méthodologie des sciences	125
La méthodologie des programmes de recherche scientifique	128
Lakatos et Kuhn	131
Notes du chapitre 6	134

Chapitre 7

L'anarchisme épistémologique. Paul Feyerabend (1924-1994)	135
L'évolution des conceptions de Feyerabend	135
Le pluralisme théorique	137
L'incommensurabilité feyerabendienne	140
Feyerabend critique de Kuhn	146
Feyerabend critique de Lakatos	149
Notes du chapitre 7	152

CONCLUSION	153
----------------------	-----

Notes de la conclusion	163
----------------------------------	-----

BIBLIOGRAPHIE	165
-------------------------	-----

Une histoire comparée de la philosophie des sciences

Volume II

L'empirisme logique en débat

Ce traité d'épistémologie comparée offre une étude des développements les plus marquants qui ont précédé et qui ont suivi l'émergence du Cercle de Vienne.

Le premier volume présente la tradition des «savants-philosophes». Vers la seconde moitié du ^{xx}e siècle s'amorce une profonde réflexion épistémologique chez des scientifiques de pointe tels Hermann von Helmholtz, Heinrich Hertz, Ernst Mach, Ludwig Boltzmann et, du côté des Français, Pierre Duhem et Henri Poincaré. L'avènement de la «nouvelle logique» et, surtout, l'essor des investigations axiomatiques formelles promulguées par David Hilbert menèrent le Cercle de Vienne à prendre fait et cause pour l'autonomie de la méthode logique par rapport aux approches antérieures qui avaient partie liée avec la méthode historique ou encore le psychologisme.

Le second volume scrute le volet sémantique de la conception empiriste logique venue à maturité aux mains de Rudolf Carnap et de Carl Hempel dans les années 1948-1958. Suit alors une étude comparative critique des conceptions les plus connues qui se sont développées en réaction à l'empirisme logique ou en retrait de ce dernier : celles, dès les années 1930, de Karl Popper et de Gaston Bachelard ; puis, au début des années 1960, celles de Thomas Kuhn, d'Imre Lakatos et de Paul Feyerabend. La principale critique que l'auteur adresse à l'empirisme logique ne provient cependant pas de ces sources ; elle porte plutôt sur l'incapacité, chez les tenants de l'approche logique, à élaborer le constructivisme mathématique que leur projet nécessitait.

Ce travail sur la philosophie des sciences comparée n'a pas d'équivalent dans le monde francophone et ailleurs.

Jean Leroux est professeur de logique et de philosophie des sciences à l'Université d'Ottawa. Il a notamment publié *La sémantique des théories physiques* (Les Presses de l'Université d'Ottawa, 1988) et *Introduction à la logique* (Diderot éditeur, 1998). Ses récents travaux de recherche portent sur l'histoire de la philosophie des sciences.

Logique de la science 王

Illustration :

Kazimir Malévitch, *Auto-portrait en deux dimensions*, 1915
Stedelijk Museum, Amsterdam

Visitez les Presses
www.pulaval.com



ISBN 978-2-7637-6157-6



9 782763 761576

Presses de
l'Université Laval

Philosophie