

Université de Nantes
U.F.R Lettres et Langages

C.E.I.

Cognition – Education – interactions

Année 2010

N°

**Les réalismes épistémologiques
de
Gaston Bachelard**

THÈSE DE DOCTORAT

Philosophie

Epistémologie, histoire des sciences et des techniques

Présentée

et soutenue publiquement par

Michel-Elie MARTIN

Le 6 décembre 2010, devant le jury ci-dessous

Directeur de thèse :

M. le Professeur **André STANGUENNEC**, Professeur émérite à l'Université de Nantes

Président :

M. le Professeur **Vincent JULLIEN** à l'Université de Nantes

Rapporteurs :

M. le Professeur **Jean GAYON** à l'Université de Paris 1

M. le Professeur **Daniel PARROCHIA** à l'Université de Lyon 3

A la mémoire de
Pierre AUDEBERT
(1912-2004)
Mon instituteur en philosophie

Monsieur le Professeur André STANGUENNEC, ayez l'assurance de notre profonde gratitude pour avoir accepté d'être notre directeur de thèse, d'avoir encouragé et guidé ce travail de votre sagacité de philosophe.

Monsieur le Professeur Daniel PARROCHIA, pour l'honneur que vous nous faites d'accepter de juger notre travail, recevez l'expression de notre profonde considération.

Monsieur le Professeur Jean GAYON, pour être à l'origine de ce travail, pour l'avoir encouragé et pour l'honneur de soumettre celui-ci à votre jugement, recevez nos sincères remerciements.

Monsieur le Professeur Vincent JULLIEN, soyez remercié pour l'honneur que nous avons de soumettre notre travail à votre jugement.

Aux Collaborateurs et amis relecteurs qui m'ont aidé :

Michel Stäiner, Professeur de mathématiques, pour nos échanges et pour la relecture critique du chapitre sur les mathématiques ; Messieurs les Professeurs de mathématique André Vinatier, Philippe Skler et Daniel Samblancat pour les échanges et pour les ouvrages de mathématiques prêtés à l'occasion ; Jean-Laurent Graye, Professeur de physique, pour ses discussions sur la Relativité restreinte et générale ; Valérie Jeanneau, Professeur de chimie, pour ses conseils de lecture d'ouvrages scientifiques et pour les précisions sur la chimie du carbone ; Martine Bentejac, Professeur de Grec ancien et de Latin, pour ses précisions étymologiques ; monsieur le Professeur d'épistémologie Gaston Fraysse, pour son regard d'épistémologue et sa lecture des chapitres sur les mathématiques et sur l'espace et le temps ; Docteur Bruno Gralepois, radiologue, pour ses explications sur le chant les protons ; Alain Avello, Professeur de philosophie, pour les corrections typographiques et syntaxique de la thèse ; Isabelle Gralepois, étudiante en master 2 de psychologie, pour son aide précieuse dans l'utilisation du logiciel Word ; Philippe Martin, Professeur de musique, pour ses discussions et sa recherche des livres épuisés de Bachelard ; Martine Chantecaille, Professeur de philosophie, pour ses conseils en formatage de la thèse ; Yvon Quiniou, Professeur de philosophie, pour son point de vue matérialiste sur le cosmos ; Docteur Matthieu Schnee pour nos discussions épistémologiques débordant sa spécialité d'hépatogastroentérologue.

À mes amis et relations pour leurs soutiens et encouragements :

Madame Pierre Audebert, Monsieur Gaston Fraysse, Martine et Antoine, Brigitte et Bruno et leurs enfants Isabelle et Diane, Julie et Yves, Sophie et Denis, Cat et Marco, Babette, Nicolas, Marie-Thé, Isa et Matthieu.

À ma famille, pour son affection, plus que compréhensive, et son soutien sans faille :

Ma femme Martine, qui m'offre chaque jour les bases indispensables de mon travail ; mes enfants, Jean et Emmanuelle ; ma mère ; mes frères Eric et Philippe ; ma belle-mère Rachel ; mon Beau-frère, Philippe et mes belles-sœurs, Françoise et Marie-Hélène.

La philosophie des sciences de Bachelard est une « philosophie dialoguée ». Sur le plan épistémologique, « rationalisme appliqué » et « matérialisme technique » sont indissociables pour rendre compte de la physique et de la chimie en acte.

En reprenant l'ensemble des réalismes épistémologiques que revendique Bachelard, et en les articulant, on peut caractériser cette philosophie des sciences, comme étant un « réalisme scientifique » tout à fait inédit et, malheureusement, le plus souvent inaperçu.

L'ensemble de ces « réalismes épistémologiques » confèrent aux sciences contemporaines une portée ontologique, parce que, pour la plupart, ils ont une portée qui dépasse leur seule fonction méthodologique.

Notre commentaire de l'œuvre épistémologique de Bachelard est une mise à jour de ces « réalismes épistémologiques » et de leur articulation non seulement entre eux, mais également avec le « rationalisme appliqué », pour rendre compte de l'ontogénie dialectique et parallèle du sujet et de l'objet, en quoi consiste le mouvement de construction des sciences.

Le but de ce commentaire n'est pas seulement historique : restituer un pan inaperçu de l'épistémologie de Bachelard. Il en précise toute l'actualité, puisque, entre autres, le « réalisme des relations » semble pouvoir constituer le soubassement de la *Théorie de la Relativité des Echelles*. Quant au « réalisme du rythme », par exemple, il ouvre une nouvelle manière d'entendre le réel.

Mots clés :

Réalisme philosophique
Réalisme technique
Réalisme des relations

Réalisme du rythme
Réalisme ontologique
Nouménologie

Rationalisme appliqué
Matérialisme technique
Réalisme scientifique

The Epistemological realisms of Gaston Bachelard

Bachelard's philosophy of Science is a "dialogued philosophy". He conceives, from an epistemological point of view, the close coupling of an "applied rationalism" and a "technical materialism" as accurate to account for the actual processes of Physics and Chemistry.

If we try to conceive the structuring of all the "epistemological realisms" of Bachelard, we can acknowledge his philosophy of Science as an original "Scientific realism" which often goes unnoticed.

All these "epistemological realisms" are not restricted to their methodological functions. They cover an ontological function. Therefore, ontological reality can be discovered by scientific knowledge.

Our commentary of Bachelard discloses all his "epistemological realisms" in their relationships between each other and their connections with "applied rationalism" to account for the ontological, dialectical and mutual process of the subject and of the object in scientific knowledge.

Our aim is not only the historical disclosure of the unnoticed in the epistemological work of Bachelard, but also to show its topicality. For example, the *Theory of scale relativity*, created by L. Nottale, can be based on the "realism of mathematical relations". Another example: the "realism of rhythmical instants" gives to philosophers and scientists a new conceptual relationship to reality which is not based on epistemological priority of "sight". Instead, "listening" could be admitted as an alternative.

Key words:

Philosophical realism	Realism of rhythmical instants	Applied rationalism
Techno-epistemic realism	Technical materialism	Noumenology
Realism of mathematical relations	Epistemological realism	Scientific realism

Table des matières

Introduction	1
Des « réalismes épistémologiques » de Bachelard	
Chapitre premier	7
Mathématiques pures : un réalisme construit et métaphorique	
1. Contre le réalisme ontologique	7
2. La racine de l'illusion du réalisme mathématique de type dogmatique	17
3. Le réalisme mathématique construit comme réalisme métaphorique	19
4. Réalisme construit et intuitionnisme	29
5. Ontologie construite et critères du réel mathématique	37
Chapitre II	47
Physique et chimie modernes : un réalisme ontogénique de la relation	
1. Idéalisme constructif et réalisme fonctionnel	47
2. Le réalisme fonctionnel sans substance	51
3. Le réalisme des relations	57
4. Le réalisme scientifique comme réalisation du rationnel	70
5. Les garanties objectives du réalisme scientifique	78
6. L'ontologie du réalisme scientifique	82
Chapitre III	91
L'espace et le temps	
1. Absences de limites <i>a priori</i> pour la physique et la chimie	91
2. La nature ontologique de l'espace et du temps	96
3. Les caractéristiques ontologiques du temps	107
4. Les frontières épistémologiques	116
Chapitre IV	121
Le réalisme psychosocial	
1. L'objectivité sociale de la science et son opérateur psychosocial	121
2. L'Ecole comme opérateur de la socialisation du vrai	126
3. Le cogito d'obligation mutuelle comme principe de l'Ecole	130
4. L'esprit comme principe effecteur du vrai : du cercle vicieux à l'intersubjectivité transcendante du cogito rationaliste	134

5. L'Ecole comme métaphore de la dialectique autogène de l'esprit	136
6. Objections philologiques et explicitation de la dialectique autogène de l'esprit	138
Chapitre V	147
Le réalisme du rythme	
1. Du réalisme du rythme à la nouménologie du sujet rationaliste	147
2. Les rythmes : de la matière au psychisme	150
3. La nouménologie du sujet : temps vertical et superposition des rythmes	153
4. Nouménologie du sujet : temps horizontal des formes rythmiques	160
5. La durée continue comme métaphore	163
6. La nouménologie du sujet rationaliste	166
Chapitre VI	168
Rationalisme appliqué et matérialisme technique	
1. De la fondation de la science en acte	168
2. Les caractéristiques du rationalisme appliqué	169
3. Contre l'antipsychologisme radical du sujet pur	177
4. Contre l'antipsychologisme radical de Cavaillès	189
5. Le statut de la logique et des mathématiques	196
6. De la fondation des sciences physiques et chimiques	199
Conclusion	204

Introduction

Des « réalismes épistémologiques » de Bachelard

« Au commencement est la Relation,
c'est pourquoi les mathématiques règnent sur le réel ... »

Bachelard

Quelle est la place du réalisme dans l'œuvre épistémologique de Bachelard ? Cette simple question ne peut recevoir une réponse claire et rapide. En effet, même si l'on s'en tient aux occurrences du terme dans les ouvrages d'épistémologie, Bachelard use de ce terme en lui donnant des acceptions diverses et divergentes. Cependant la polysémie du terme est toujours assumée conceptuellement pour ne laisser aucune ambiguïté. Bachelard indique et précise le type de réalisme qu'il convoque.

Il y a donc non pas un réalisme, mais des réalismes. Rien là qui doive surprendre. Sans viser, dès l'abord, à l'exhaustivité, il suffirait de caractériser le réalisme comme « une manière de penser une réalité, des réalités, la réalité »¹ pour s'exclamer : « voilà déjà 3 réalismes ! »²

Cependant, tous les réalismes évoqués par Bachelard sont non seulement distingués, mais hiérarchisés. D'abord « le réalisme naïf », comme « philosophie innée »³ qui projette sur toute réalité le modèle des réalités immédiates n'est pas le « réalisme philosophique » qui pose le réel en soi comme foncièrement irrationnel. Ceux-ci ne sont pas le « réalisme scientifique »⁴ de la physique et de la chimie, qui non seulement sont « instruits »⁵ par les mathématiques, mais encore sont de l'ordre d'un « réalisme de la technique scientifique »⁶, c'est-à-dire d'une réalisation technique des idéalizations mathématiques.

Ensuite « le réalisme technique » de la chimie et de la physique n'est pas « le réalisme mathématique », au motif que ce qui occupe la fonction de réel en mathématique n'est bien sûr pas de l'ordre d'une réalisation technique, quoique le réel mathématique émerge d'une construction de la raison. Et, précisément, pour cette raison, même si les êtres mathématiques paraissent indépendants, ils n'ont que le statut d'une « réalité métaphorique ».

¹ *Le Matérialisme rationnel* (1949), P.U.F, 1980, p. 141

² *Ibid.*, p. 141

³ *La Formation de l'esprit scientifique* (1938), Vrin, 1980, p.131.

⁴ *Le Rationalisme appliqué* (1949), P.U.F, 1975, p. 8.

⁵ *Ibid.*, p. 9 ; également voir *L'Activité rationaliste dans la science contemporaine* (1951), Union Générale d'Éditions, 10 / 18, 1951, p. 82, p. 89.

⁶ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 137.

Enfin, « le réalisme technique », en tant qu'il implique une cité de savants, d'ingénieurs, voire une industrie, si l'on prend acte de la production hautement socialisée des matières chimiques⁷, est couplé à un « réalisme social »⁸.

Distinction, donc. Mais hiérarchie surtout : tous ces réalismes n'ont pas la même valeur épistémologique. Et, s'ils s'ordonnent à partir du véritable travail scientifique, il faut dire que « le réalisme scientifique » est le plus adéquat non seulement pour décrire l'activité scientifique, mais surtout pour maintenir cette activité sur un axe de progrès.

L'épistémologie de Bachelard peut donc être caractérisée comme un « réalisme scientifique » ou un « réalisme de la technique scientifique ».

Mais, d'emblée, il faut ajouter que cette caractéristique n'est ni suffisante pour déterminer sa position épistémologique, ni première. Elle n'est pas suffisante, car elle est couplée fortement à une autre caractéristique. Le « réalisme technique » va avec ce que Bachelard appelle « l'idéalisme discursif »⁹ ou le « rationalisme ouvert »¹⁰ qui correspond à une rupture avec « l'idéalisme immédiat »¹¹, c'est-à-dire avec la conception d'une raison immuable au profit d'un esprit constamment créateur de ses propres structures pour s'ajuster au réel ; notamment : des structures mathématiques.

Cette caractéristique n'est pas première, car elle résulte d'une conquête. Suivre cette conquête, c'est précisément suivre l'émergence et la promotion de ce couple qui, selon Bachelard, décrit adéquatement l'esprit scientifique dans son activité de connaissance et qui se fixe dans les expressions de « rationalisme appliqué » et de « réalisme technique ».¹²

Cette conquête consiste pour Bachelard à s'écarter de l'idéalisme subjectif ou objectif ainsi que du « réalisme philosophique » de Meyerson. Mais, si le terme d'« idéalisme » fut rejeté assez vite au profit du terme « rationalisme » pour caractériser sa position épistémologique, il n'en fut pas de même pour le terme de « réalisme ».

Conquis de manière discursive sur le plan philosophique et retenu comme valeur épistémologique pour spécifier dans toute son intensité le travail du physicien ou du chimiste, « le réalisme scientifique » pose le « réel scientifique » comme la double émergence d'une construction rationnelle et d'une production technique, qui réalise la rationalité propre à un niveau de la réalité physique.

L'indice qu'il s'agit bien du réel n'est plus, comme dans le réalisme de Meyerson, dans la résistance foncière des phénomènes à la réduction rationnelle, c'est-à-dire dans l'irrationalité en soi du réel, mais, tout au contraire, l'indice du réel est la rationalité du phénomène techniquement réalisé. Ainsi, que le « réel objectivé » soit une approximation dans un ordre de grandeur, du réel lui-même, Bachelard en pose le critère dans le couplage

⁷ *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 79, p. 81.

⁸ *Ibid.*, p. 198, p. 115.

⁹ « L'idéalisme discursif », (1934-1935), in *Etudes*, Vrin, 1970, p. 91.

¹⁰ « Le Surrealisme » (1936), in *Etudes*, op.cit, p. 12.

¹¹ « L'idéalisme discursif », in op.cit, p. 91.

¹² *Le Nouvel esprit scientifique* (1934), P.U.F, 1978, p. 9.

d'une structure mathématique, qui pense le phénomène, et de la technique qui réalise l'émergence même du phénomène ; dit autrement : qui en produit et en reproduit l'apparition sur le plan instrumental.

Le réel objectivé, le réel scientifique, a donc une portée ontologique. C'est le réel lui-même qui « se cristallise sur les axes offerts par la pensée humaine. »¹³ Cependant ce serait une erreur de dire que le réel atteint par l'objectivation scientifique est le réel en soi. Bachelard ne tient pas un discours gnoséologique affirmant que le réel scientifique reflète l'être en soi. Il retient la leçon de Brunshvicg et en fait un principe : du réel en soi, que dire ? Sinon que, pris comme tel, il est proche de la notion de néant, puisque aucune détermination conceptuelle ne saurait, par définition, lui convenir.

Par conséquent, à défaut de pouvoir affirmer une telle correspondance, il pourra dire que le réel atteint par le processus d'objectivation scientifique est le réel « pour-nous ». Mais, de là à penser qu'il se résout entièrement dans une représentation conceptuelle limitée, — affirmation qui elle-même présuppose le point de vue sur un réel en soi pourtant inaccessible ou bien la limitation de la portée ontologique de la science par une « Esthétique transcendantale » qui empêche d'atteindre l'être en soi, — ce serait faire une profession de foi idéaliste et subjectiviste non moins erronée. Car, « s'il faut rappeler la nécessaire avenue de raisons qui mènent au réel, surtout à ce réel tardif qu'est désormais le réel scientifique »¹⁴, il ne faut pas négliger que la technique, notamment et incontestablement en chimie, produit et reproduit des « êtres matériels » dont l'existence, saturée de rationalité, n'est pas douteuse. Le rationnel réalisé est donc bien le réel lui-même.

Refusant donc, par principe, un discours gnoséologique statuant sur le rapport de l'être en soi à la pensée, au motif déjà évoqué qu'il faudrait une extériorité divine à la pensée humaine pour définir le réel en soi et pour juger de la correspondance entre l'être en soi et la pensée, Bachelard n'en soutient pas moins que la science a une portée ontologique : car l'émergence d'une construction rationnelle est également corrélée par l'émergence technique d'un phénomène ou d'une matière dont l'existence ne doit rien à un vague pragmatisme¹⁵, mais doit tout à cette construction rationnelle. La technique est comprise. Le réel émergeant est une réalisation rationnelle ; il est compris dans sa nécessité rationnelle. Nul doute ne peut donc s'immiscer dans une connaissance scientifique qui réalise ce qu'elle connaît. Quant à la limitation de la portée ontologique de la science par une « Esthétique transcendantale », Bachelard s'appuyant sur la Relativité restreinte et généralisée, montrera que les cadres spatio-temporels de notre perception ne sont ni universels ni nécessaires.

La position épistémologique de Bachelard est donc bien caractérisable par l'expression de « réalisme scientifique », « un réalisme fait de raison réalisée »¹⁶ qui

¹³ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 249.

¹⁴ *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 141.

¹⁵ Le risque serait de fabriquer une substance sans en connaître la raison.

¹⁶ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 9

débouche sur une ontologie. Mais ce réalisme qui, pour Bachelard, « paraît être un des traits distinctifs de l'esprit scientifique contemporain »¹⁷, n'est pas solidaire d'une ontologie sans hiérarchie phénoménale et sans niveaux d'être : du côté de l'objet, et du côté du sujet.

Du côté de l'objet, tout d'abord : ce qui du réel se « cristallise » sur les axes des constructions conceptuelles ou bien émerge sans aucune irrationalité par une réalisation technique, est toujours lié à une échelle d'observation et à un ordre de grandeur¹⁸. Précisons. L'objectivation scientifique est à entendre comme une approximation du réel ; une coïncidence n'est jamais possible. Une plus grande précision fait passer à un autre ordre de grandeur, à une autre échelle d'observation, c'est-à-dire à un autre niveau de réalité qui appelle de nouvelles constructions rationnelles à mesure qu'apparaissent de nouveaux phénomènes et de nouvelles propriétés.

La connaissance de la réalité et le processus d'objectivation scientifique est donc bien à penser sous le concept « d'approximation ». Mais une « approximation » n'est pas réduite à néant par la suivante : elle continue de valoir à sa propre échelle d'observation, c'est-à-dire pour un certain ordre de grandeur de la réalité.

Ce que découvre le processus d'objectivation scientifique, c'est finalement la réalité comme « feuilletée »¹⁹. En effet, ce processus, dont on se saurait indiquer le terme, pointe vers une ontologie *a posteriori* hiérarchisant les niveaux de réalité. Et cette hiérarchie n'est pas seulement d'ordre spatial. La pluralité des niveaux fait apparaître de nouvelles propriétés. Ce qui vaut comme être réel à un certain niveau ne peut être transporté comme tel à un autre niveau. Plus exactement, d'une échelle d'observation à une autre, d'un niveau de grandeur à l'autre, une discontinuité apparaît dans les caractéristiques ontologiques des êtres qui émergent. Ainsi entre le niveau macroscopique et le niveau microscopique se produit une discontinuité dans les propriétés des êtres. Et, au sein même du niveau microscopique, une discontinuité surgit entre le niveau moléculaire et le niveau nucléaire.

L'ontogénie technique du « réalisme technique » couplé au « rationalisme appliqué » possède, en tant que puissance ontogénique, une portée ontologique. Et le réel qu'elle fait émerger, plus ou moins directement, sur le plan phénoménal est la réalisation d'une rationalité de type mathématique ; plus précisément : de « noumènes mathématiques » au titre de causalité intelligible des phénomènes. Or la structure du noumène est relationnelle,

¹⁷ *Ibid.*, p. 9.

¹⁸ Rappelons que l'ordre de grandeur permet la représentation simplifiée d'une grandeur physique. Quand un nombre est arrondi à sa plus proche puissance de dix, on dit que cette puissance est son « ordre de grandeur ». La grandeur physique dont il est ici question est la « longueur » exprimée en mètre. Une échelle correspond au domaine recouvert par l'ordre d'une même grandeur physique. Pris en un sens large « l'échelle » contient une gamme d'échelles. L'échelle, en ce sens, peut englober plusieurs ordres de grandeur. L'échelle micrométrique va de 10^{-2} à 10^{-6} mètre (cheveu, bactérie). Les échelles : nanométrique, de 10^{-7} à 10^{-9} (virus, molécules d'A.D.N) ; atomique : de 10^{-10} à 10^{-14} (atome, noyau d'atome) ; subatomique : de 10^{-15} à 10^{-18} (proton, neutron, électron, quark). Voir, par exemple, L. Nottale, *La Relativité dans tous ses états*, Hachette, Littératures, Pluriel, (1998), 2000, p. 152. Il expose l'« échelle » des échelles de la nature.

¹⁹ *La Philosophie du non*, (1940), P.U.F., Quadrige, 1981, p. 29, p. 55.

de telle sorte que le réel scientifique qui émerge de la Nature est une instanciation de « l'apodicticité de la relation »²⁰ du noumène ; ce qui permet de caractériser l'essence du réel comme un « réalisme des relations » puisqu'il affirme que « l'essence est fonction de la relation »²¹ ou encore que « au commencement est la Relation, c'est pourquoi les mathématiques règnent sur le réel. »²²

Passons maintenant à la hiérarchie des niveaux d'être du côté du sujet. A l'ontogénie de l'objet doit correspondre l'ontogénie du sujet. Mais une telle émergence du sujet rationaliste qui opère une « conversion des intérêts », qui rompt avec le réalisme immédiat de l'expérience première, et qui s'élève au-dessus du « temps vital » du sujet empirique », se distribue, par une dialectique interne, en une pluralité de niveaux ontologiques.

Or ces niveaux s'entendent, dans leur articulation, comme un réseau de temporalités superposées²³ qui, lui-même, repose sur le « réalisme du rythme »²⁴ d'instant groupés spécifiquement à chaque niveau ontologique du sujet. Ce « réalisme du rythme », rarement aperçu comme soubassement de la nouménologie du sujet rationaliste, constitue une pièce maîtresse dans la philosophie des sciences de Bachelard. Sans lui, ne se comprend plus la « dialectique de psychologisme et de non-psychologisme »²⁵, par laquelle Bachelard peut développer une psychologie de la raison sans verser dans le « psychologisme » ; car, en effet, Bachelard maintient le statut normatif des pensées apodictiques de la science, en indiquant la division interne du sujet en instances dialogiques, telle celle du sujet rationaliste par rapport à celle du sujet empirique. Deux instances dont le rapport, précisément, se stabilise dans une évidente hiérarchie hors de toute dialectique et qui montre le niveau normatif, le niveau des pensées apodictiques auquel se maintient le sujet rationaliste.

Enfin, cette ontogénie réciproque et dialectique du sujet et de l'objet n'est pas strictement individuelle.

Le réalisme technique n'est plus le fait d'un individu, mais le fait d'une « cité technicienne »²⁶. De même, l'émergence du sujet rationaliste qui fait la science suppose une « cité scientifique »²⁷, car ce serait une utopie de penser que le sujet épistémique puisse se constituer tout seul. Ainsi le « réalisme technique », de même que la constitution du sujet en rationalité supposent ce qu'on peut appeler le « réalisme psychosocial » de la cité scientifique et technicienne.

Mais il faudrait ici se garder de penser que ce « réalisme psychosocial » est fondateur de la vérité. L'intersubjectivité scientifique, la « conscience collective de la science » pour emprunter une expression de Gonseth, s'organise autour de la vérité scientifique ; elle n'en

²⁰ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 121.

²¹ *La Valeur inductive de la relativité*, Vrin, 1929, p. 208.

²² « Noumène et microphysique », in op.cit, p. 19.

²³ *La Dialectique de la durée*, (1936), P.U.F, Quadrige, 2001, chap. VI.

²⁴ *Ibid.*, p. 66.

²⁵ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 13.

²⁶ *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 17.

²⁷ *Ibid.*, p. 16.

est pas la condition de possibilité. La vérité scientifique peut être le produit d'un esprit génial qui éprouve cette vérité dans l'émergence d'un « événement de raison »²⁸ avant même d'en appeler à une convergence des esprits.

L'ensemble des « réalismes épistémologiques » de Bachelard que nous venons d'évoquer, s'articulent entre eux et confèrent aux sciences physiques et chimiques contemporaines, une portée ontologique, parce qu'ils ont eux-mêmes une valeur ontologique et non pas simplement une fonction méthodologique au sein de la connaissance.

Nous tenterons de les articuler en partant du statut et du fondement des mathématiques (chapitre premier) qui constitue les noumènes de la physique et de la chimie contemporaines. Nous suivrons ensuite la mise en place du « réalisme technique » comme réalisation des noumènes jusque dans sa portée ontologique et la caractérisation de l'Être comme Relation (chapitre II). Nous marquerons ensuite une pause pour répondre avec Bachelard à l'objection d'une finitude inhérente aux structures de l'esprit qui viendrait limiter de droit la portée ontologique des sciences physiques ou chimiques (chapitre III).

Cette objection écartée, notre regard se tournera du côté du sujet rationaliste pour déterminer le rôle de la « cité scientifique » et de l'intersubjectivité dans la constitution du sujet en rationalité et dans l'émergence même de la vérité scientifique (chapitre IV). L'interrogation sur le « réalisme psychosocial » de l'activité scientifique nous poussera à en saisir les soubassements quasi transcendants dans une « nouménologie du sujet » s'appuyant sur la métaphysique du temps discontinu et sur le « réalisme du rythme » (chapitre V).

Enfin, il restera à revenir sur le couplage du « rationalisme appliqué » et du « matérialisme technique » pour saisir, dans la construction scientifique, l'originalité de la fondation bachelardienne des sciences en ce qu'elle se passe de tout point immuablement fixe (chapitre VI)

²⁸ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.44.

Chapitre premier

Mathématiques pures :

Un réalisme construit et métaphorique

I

Contre le « réalisme ontologique »

L'épistémologie des mathématiques pures que propose Bachelard se tient au plus près des mathématiques du XIX^e siècle ; et ce, non pas seulement par formation, puisqu'il a une licence de mathématiques, mais par vocation. Dans sa thèse, il affirme que le mieux que puisse faire un épistémologue qui suit « les conquêtes de la science », c'est simplement d'en « éclairer les sous-entendus »¹.

Est-ce à dire qu'il n'y a pas de philosophie des mathématiques chez Bachelard ? La description des mathématiques pures qu'il opère principalement, voire uniquement, dans *l'Essai sur la connaissance approchée*, n'est pas un simple reflet de la pratique effective des mathématiciens en arithmétique, en algèbre, en analyse ou en géométrie, elle est une prise de position contre le « réalisme ontologique » au profit d'un « réalisme construit » qu'il appelle également « réalisme métaphorique ». Or ce « réalisme métaphorique » se nourrit des thèses pré-intuitionnistes de mathématiciens français du début de XX^e siècle, tels que Borel et Baire ; thèses selon lesquelles seules les entités calculables ou approximables par un calcul sont acceptables en mathématique.

Bachelard s'inscrit dans ce courant « pré-intuitionniste ». Mais précisément cela ne fait pas de lui un « intuitionniste ». Ce que nous aurons l'occasion de montrer.

Bachelard s'oppose au « réalisme ontologique » de type platonicien ou aristotélicien. Les êtres mathématiques n'ont pas une existence ontologique dans une réalité idéale ou un « monde intelligible » à la manière de Platon, non plus que dans le monde sensible, tel qu'il est donné à notre expérience usuelle, ainsi que le conçoit Aristote.

Le réalisme d'Aristote consiste à soutenir que les êtres mathématiques sont des formes en prise avec une matière sensible. Sa conception concernant le statut des mathématiques peut être, à nos yeux, plus adéquatement désignée comme un « empirisme conceptualiste ».

Les êtres mathématiques sont, de prime abord, des objets conceptuels (conceptualisme). Ils proviennent d'une abstraction et d'une généralisation à partir de l'expérience sensible (empirisme). L'abstraction consiste à isoler par la pensée un élément de la réalité sensible afin de le considérer en lui-même. La généralisation, quant à elle,

¹ *Essai sur la connaissance approchée* (1928), Vrin, seconde édition, 1968, p. 229.

consiste à poser cet élément comme type de toute une classe d'êtres. Les éléments mathématiques n'existent donc pas indépendamment de la matière sensible. La surface, la ligne, le point, le volume, etc., — tous ces « objets » sont inscrits dans les choses sensibles elles-mêmes. L'esprit humain ne saurait les inventer et les construire à sa guise. Il se contente simplement de les abstraire et de les généraliser. Toutes les théories les plus sophistiquées des mathématiciens, fussent-elles éloignées de la réalité sensible, y trouveraient leur origine et pourraient y être ramenées sans solution de continuité.

On remarquera au passage que, selon cette perspective, si la pensée mathématique s'accorde avec le réel physique, c'est parce que, par la médiation de la sensation, elle plonge notre représentation dans la nature elle-même.

Contre une telle conception, Bachelard fait valoir un certain nombre d'arguments.

Tout d'abord, Bachelard semble concéder que les êtres mathématiques peuvent trouver leur origine, leur point de départ dans l'expérience sensible et être engendrés par un processus d'abstraction et de généralisation de l'esprit. Mais cela ne signifie pas qu'il n'y ait pas dans ce processus d'abstraction, un moment de rupture à l'égard des conditions empiriques sur lesquelles il s'appuie.

En effet, il rappelle l'exemple très connu des Egyptiens qui comptaient la surface d'un triangle en multipliant le petit côté par la moitié du grand côté. L'erreur théorique était importante, mais elle ne faisait pas scandale tant que les angles des terrains n'étaient ni très aigus, ni très obtus. La méthode de calcul, pour devenir rigoureuse, supposa un « effort d'abstraction total »² pour détacher celle-ci des conditions empiriques de son emploi et pour placer l'être mathématique « dans le domaine de la raison »³ où il peut devenir un pur produit de l'esprit rationnel. En ce sens, l'expérience sensible n'est, tout au plus, que le lieu des occasions pour un processus d'abstraction et de généralisation qui place les êtres mathématiques dans le domaine de la raison où ils trouvent un fondement autonome, c'est-à-dire entièrement *a priori*.

Que les mathématiques aient leur fondement, leur raison justificatrice dans une activité de l'esprit détachée de toutes les conditions empiriques, nous en trouvons la preuve, selon Bachelard, dans la défiance de l'esprit mathématique vis-à-vis de « l'intuition » et de son évidence toujours entachée par les conditions expérimentales qui lui ont donné naissance.

Précisément, pour reprendre l'exemple cité : l'intuition de la surface du triangle, que les Egyptiens mettaient en œuvre pour déterminer une méthode de calcul, était largement dépendante des conditions de leur pratique. Or celles-ci, excluant les angles obtus et aigus, n'impliquaient pas une pratique susceptible de mettre en question l'intuition ; cette dernière était toujours vérifiée. C'est dire que d'elle-même, par elle-même, l'intuition ne provoque pas de contre-exemples ; elle ne dégage pas la méthode qu'elle fonde des

² *Ibid.*, p.173.

³ *Ibid.*, p.173.

conditions de son emploi ; elle ne travaille pas cette méthode par une extension à des occurrences qu'elle est incapable d'envisager. Ce qui seul pourtant permettrait une plus grande abstraction réfléchissante et donc une compréhension plus profonde d'une notion mathématique ; celle de l'aire d'un triangle quelconque, par exemple.

On pourrait objecter que l'intuition évoquée est grossière et bien trop proche de sa source empirique. Mais, aussi raffinée soit-elle, l'intuition relève moins de la liberté de l'esprit que de l'habitude d'expériences répétées. Ainsi la clarté, l'évidence de l'intuition, n'est que la force de l'habitude qui ne peut que nuire à la rigueur du raisonnement mathématique, ainsi qu'à l'autonomie fondatrice de l'esprit qui engendre les notions mathématiques.

Il n'est que de rappeler la façon dont Bachelard s'empare de l'exemple de Schwartz pour objecter à l'intuition son insuffisance à fonder, quoi qu'elle en veuille, les notions mathématiques.

Pour calculer la surface d'un cylindre, on peut penser intuitivement recouvrir celle-ci de multiples enveloppes ; notamment par l'intégration de surfaces latérales de prismes qui donne la surface d'un polyèdre approchant la surface du cylindre. Mais l'intuition peut nous donner une autre méthode, apparemment tout aussi valable. Elle consiste en petits triangles en nombre variable en fonction de leur taille, juxtaposés et enchâssés les uns dans les autres et constituant des bandes à facettes triangulaires faisant le tour du cylindre. Ces bandes, dont le nombre est précisément proportionné à l'aire des triangles, sont suffisantes en nombre pour recouvrir la surface du cylindre. Le polyèdre ainsi constitué s'approche également de la surface du cylindre.

Cependant, si la première méthode nous donne par le calcul un résultat qui, en limite, est conforme au produit de la circonférence par la hauteur, il n'en va pas de même pour la seconde méthode. Le calcul met en jeu le nombre m de divisions de la circonférence par les facettes triangulaires qui en font le tour ; le nombre n de sections du cylindre en bandes égales dont la juxtaposition recouvre l'ensemble du cylindre. Plus précisément, le calcul met en jeu le rapport $\frac{n}{m^2}$, et la façon dont se comporte ce rapport à la limite puisque la formule est $S = 2 \pi r \sqrt{h^2 + \frac{r^2 \pi^4}{4} \left(\frac{n}{m^2}\right)^2}$; h désignant la hauteur de cylindre et r le rayon de sa circonférence. Si $n=m^2$ ou si $n=m^3$ on ne retrouve pas la formule classique. C'est seulement lorsque n et m sont choisis de manière à ce que la limite $\frac{n}{m^2}$ tende vers zéro, lorsque n et m tendent vers l'infini, qu'on obtient en limite la formule élémentaire ; à savoir : le produit de la circonférence par la hauteur.

Le calcul nous montre donc l'inanité de l'intuition qui préside à sa méthode. En effet, si $n=m^3$ le calcul nous donne une surface illimitée, ce qui est contradictoire avec la dimension finie de la surface. Mais cette inanité provient du fait que l'intuition ne peut nous guider en dehors de l'ordre de grandeur où l'on fait appel à l'infiniment petit. « L'intuition ne peut nous guider en dehors de l'ordre de grandeur où nous vivons et où,

primitivement, notre pensée s'éduque. »⁴ Ainsi, quel que soit son degré d'abstraction, fût-elle apparemment le plus éloignée d'une source empirique, elle réfère toujours à cette source comme à sa condition de validité, ce qui limite, voire annule, sa prétention à fonder des formes pures totalement transparentes à l'esprit.

Mais l'esprit mathématique peut se libérer de la matière qui n'est que l'occasion de son essor. Il trouve son autonomie, sa capacité propre à fonder les notions mathématiques, en déjouant l'intuition qui les matérialise, qui les fige dans une particularité expérimentale. La conquête de la rigueur mathématique produit une rupture à l'égard de ce qui reste empirique dans les notions mathématiques. Et, par-là, elles deviennent solidaires des décisions libres de l'esprit. Le « construit » se substitue au « donné », car « si nous voulons connaître avec un maximum de rigueur, nous devons organiser des actes, substituer le construit au donné. »⁵

Les exemples foisonnent. Considérons la géométrie et l'arithmétique. La géométrie est particulièrement intéressante, car en elle la part de l'intuition liée à l'expérience y est prépondérante et difficilement éliminable. Bachelard n'hésite pas à s'inscrire dans le mouvement d'axiomatisation de la géométrie, inaugurée par Pasch 1882⁶ et Hilbert en 1899⁷, pour répondre au choc de l'invention des géométries non euclidiennes.

Ces géométries, inventées par Lobatchevski (1793-1856) et Riemann (1826-1866), qui niaient le « postulat des parallèles » du système euclidien (en affirmant que, dans un plan, par un point extérieur à une droite, il passe plus d'une parallèle à cette droite ou qu'il n'en passe aucune), pouvaient se développer sans contradiction interne en vidant les concepts géométriques de tout contenu intuitif et, par conséquent, de toute référence à l'espace perçu.

La géométrie euclidienne devenait une géométrie parmi d'autres : ni unique, ni vraie. Elle devint une « axiomatique », en droit possible parmi d'autres, c'est-à-dire un système hypothético-déductif, reposant sur des axiomes ou propositions premières indémonstrables, admises comme vraies par un acte décisif de l'esprit, et dont la fécondité déductive s'appuie sur des règles logiques (négation, implication, etc.), sur l'usage de quantificateurs (« quel que soit », « il existe », etc.), mais sans aucune référence à l'intuition.

Ainsi les définitions premières des termes, de même que les postulats, c'est-à-dire les « demandes » (en latin, *postulare* : demander) de construction à la règle et au compas, sont vidés de tout contenu intuitif et s'intègrent dans des axiomes où les termes premiers, indéfinissables par eux-mêmes, — car sans signification intuitive et sans référence à une extériorité, — reçoivent une définition par leur mise en relation externe et arbitraire. Reprenant *l'Introduction à la géométrie non euclidienne* de Mac Léod⁸, Bachelard se plaît à souligner que dans l'axiomatique de la géométrie « les concepts de point et de droite sont

⁴ *Ibid.*, p.172.

⁵ *Ibid.*, p.174.

⁶ Cf. *Vorlesungen über neuere Geometrie* (1882), rééd Springer, 1976.

⁷ Cf. *Les Fondements de la géométrie*, Paris, Dunod, (1971), rééd Jacques Gabay, 1997.

⁸ Cf. *Introduction à la géométrie non euclidienne*, 1922, Hermann.

entièrement indépendants. Aucune déduction ne permet de les unir, aucune intuition ne permet en droit de dériver l'un de l'autre, aucun principe ne peut les classer l'un par rapport à l'autre ni attribuer à aucun d'eux une antériorité logique. »⁹ Dès lors, affirmer dans un axiome que « une droite contient deux points distincts l'un de l'autre », c'est, hors de toute justification intuitive, produire une liaison qui relève d'un décret libre de l'esprit ou d'une convention arbitraire. Cet axiome que Bachelard nomme, à la suite de Mac Léod, « postulat d'appartenance » et que Hilbert classe parmi les sept axiomes d'association¹⁰, est censé n'avoir aucune signification intuitive. A cet égard la distance déréalisante que produit l'expression de Hilbert vis-à-vis toute référence intuitive est plus nette : « deux points déterminent toujours une droite. » Expression que Bachelard eût faite sienne, puisqu'il va dans le sens d'une « déréalisation » des notions géométriques vis-à-vis de l'intuition qui ne cesse de les charger d'une « matière » empruntée au sensible. Aucune intuition sensible, fût-elle épurée, ne doit précéder les axiomes. Et si la traduction ou la schématisation d'un axiome dans une intuition répond dans l'esprit à une « tendance à matérialiser les formes » mathématiques¹¹, cela ne doit pas nous pousser à penser que celle-ci recouvre une quelconque réalité sensible : « la traduction du postulat dans l'intuition n'entraîne pas plus de réalité que la correspondance des mots point et droite avec leur image sensible. »¹² Ce ne sont là que des « images ». Et, après tout, s'il est difficile de se passer d'« images », on pourra y consentir pourvu que nous n'en soyons pas dupes et que les objets représentés sous les définitions se plient, s'assujettissent, aux relations définies par les axiomes.

Nous aurons l'occasion de revenir sur la géométrie pour préciser le statut que Bachelard réserve aux êtres mathématiques contre le réalisme mathématique de type platonicien. Il nous suffit, ici, contre le « conceptualisme empiriste » d'Aristote, de pointer la solution de continuité que Bachelard indique dans le processus d'abstraction géométrique : les notions géométriques épurées, délestées de toute « matière empirique », c'est-à-dire y compris de toutes formes intuitives, se trouvent être fondées dans des définitions et des règles que l'esprit se donne librement et auxquelles il s'astreint.

⁹ *Ibid.*, p.180.

¹⁰ Cf. *Les Fondements de la géométrie*, op.cit. Pour fonder solidement la géométrie euclidienne, Hilbert distingue trois catégories d'éléments. Les premiers sont désignés par des lettres majuscules : A, B, C... Les deuxièmes par des lettres minuscules : a, b, c... Les troisièmes par des lettres grecques : α , β , γ ... Par convention libre : les premiers sont désignés par le terme de « point » ; les deuxièmes par celui de « droite » ; les troisièmes par celui de « plan ». En principe, ces termes ne renvoient à aucun objet, à aucune signification intuitive.

Hilbert pose cinq groupes d'axiomes. I) les « axiomes d'association » où l'on trouve : « deux points déterminent toujours une droite », « trois points hors d'une même droite forment un plan ». II) Les « axiomes d'ordre » : « de trois points d'une droite, un seul est entre les deux autres ». III) L'axiome des parallèles ou postulat d'Euclide. IV) Les « axiomes de congruence » : « si un segment AB est congruent aux segments BD et DC, alors BD et DC sont congruents entre eux ». V) L'axiome d'Archimède ou de continuité : « à partir d'un point A sur une droite, il est possible d'atteindre un autre point B de cette droite par une succession de segments égaux entre eux. »

En retirant l'axiome des parallèles, on obtient la géométrie projective. En remplaçant cet axiome par un autre (par un point extérieur à une droite, soit il passe une infinité de parallèles, soit il ne passe aucune parallèle) on obtient les géométries non-euclidiennes ; respectivement : la géométrie hyperbolique de Lobatchevski et Bolyai ; la géométrie elliptique de Riemann.

¹¹ *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p.172.

¹² *Ibid.*, p.181.

Cette fondation des notions mathématiques dans l'esprit, indépendamment de toute intuition sensible et de tout processus d'abstraction à partir de l'expérience sensible de l'extériorité, nous la trouvons le plus sûrement dans l'arithmétique. Là, plus qu'ailleurs, une construction autonome de l'esprit précède tout donné.

L'arithmétique a une certitude apodictique et le nombre, objet de l'arithmétique, est une construction *a priori* de l'esprit, c'est-à-dire qui précède logiquement l'expérience. Selon Bachelard « si le nombre nous était donné, par un enseignement du monde extérieur, il n'aurait pas l'absolu qui le caractérise. Le seul fait que l'unité soit nécessairement exacte, finie du premier coup, est la preuve qu'elle a son origine dans l'exercice de l'esprit. »¹³ Il s'oppose ainsi à « l'empirisme conceptualiste » d'Aristote pour lequel le nombre ou l'unité est une propriété des choses dégagées par l'abstraction, — plus précisément : l'action de compter, et qui n'existe pas séparément des choses sensibles.

Mais, dira-t-on, cela ne semble pas exclure que l'unité et le nombre soient le produit d'une abstraction à partir d'une expérience interne de la pensée telle que l'expérience du devenir de l'esprit dans le temps.

Cette objection va nous porter un peu plus loin que la seule critique d'Aristote. Esquissons la réponse qui va nous porter vers les thèses de Bachelard concernant les fondements de l'arithmétique.

Bachelard exclut qu'une énumération des éléments d'un ensemble d'actes de la pensée dans le devenir temporel, soit à l'origine de l'unité et du nombre. Cependant il est vrai que la multitude des « impulsions » ou des « intentions »¹⁴ à la racine de nos actes, pour autant qu'on les objective, s'ordonne dans le temps, de telle sorte qu'ils peuvent s'appliquer parfaitement « sur le domaine discontinu de l'arithmétique »¹⁵.

Loin donc que l'unité et le nombre procèdent d'une énumération d'actes de pensée objectivés dans l'ordre temporel, l'unité elle-même est engendrée par un acte de pensée. Elle est une impulsion de « la volonté pure »¹⁶ qui inscrit sa marque dans le cours du devenir temporel de l'esprit. Par-là l'unité est posée. Une deuxième impulsion, soit une autre unité, suit la première qui est retenue et maintenue dans le présent par l'esprit. De la synthèse, de la composition de ces unités résulte le nombre deux. La réitération du même processus, engendrera tous les nombres naturels ordinaux. Tout nombre est donc « synthèse d'actes » ou « moment de la numération »¹⁷. Loin d'être donné, constaté ou abstrait par énumération d'un donné, le nombre est donc entièrement construit et transparent à la pensée.

¹³ *Ibid.*, p.175.

¹⁴ *Ibid.*, p.174.

¹⁵ *Ibid.*, p.174.

¹⁶ *Ibid.*, p.175.

¹⁷ *Ibid.*, p.174.

Il nous faudra préciser le statut et la nature de « l'expérience interne »¹⁸ à l'origine de l'arithmétique, lorsqu'il sera question du rapprochement des positions de Bachelard avec celles de « l'intuitionnisme ». Pour notre propos circonscrit, retenons que l'arithmétique trouve sa fondation dans un pouvoir *sui generis* de l'esprit qui témoigne par là de son indépendance vis-à-vis de toute matière empirique, ainsi que de l'expérience interne d'une *totalité donnée* d'impulsions de l'esprit juxtaposées dans l'ordre du temps et offertes à l'énumération.

Le « réalisme platonicien » consiste à soutenir que les êtres mathématiques existent objectivement, hors de l'esprit, dans un ciel intelligible. Ce pourquoi on parle aussi d'un « idéalisme objectif ». Le monde sensible, le réel phénoménal participe de cet intelligible ; il est structuré par cet intelligible. Dès lors, quand bien même l'esprit s'abstrait ou se détourne du monde sensible, il peut rejoindre le monde intelligible et saisir par une intuition intellectuelle les êtres mathématiques, qui auraient le statut de l'essence ou de l'« Idée », — pour parler comme Platon, — autrement dit : le statut d'une forme générale, stable, une, immuable et ontologiquement autosuffisante. Ajoutons, à titre de simple remarque, qu'il ne saurait y avoir aucune énigme dans le fait que la physique-mathématique rejoint le réel sensible puisque celui-ci est censé être structuré par les « Idées en soi » de type mathématique.

Contre cette conception, qui anime des mathématiciens comme Hermite¹⁹, il mobilise des arguments qui valent également contre « l'empirisme conceptualiste ». Notamment, le statut qu'il confère à la géométrie. D'autres sont plus spécifiquement adaptés à cette critique.

Dans une polémique contre le « réalisme platonicien », statuer sur les formes géométriques pour en faire des « êtres de raison », donc des êtres construits par l'esprit, c'est détruire l'une des bases les plus solides de ce réalisme : l'apparence que les formes géométriques, fussent-elles intelligibles, sont données dans une intuition et qu'elles possèdent des « caractéristiques intrinsèques » offertes à l'investigation de l'esprit.

De plus, démontrer qu'en géométrie il n'y a pas constatation, mais bien construction des objets en dehors de tout élément intuitif, c'est s'assurer de pouvoir fournir aisément la même démonstration dans les domaines de l'analyse, de l'algèbre et de l'arithmétique ; car, en eux, la présence d'un élément intuitif spatial ou temporel, d'un élément de donation d'un quelque chose à l'esprit, fait moins question.

Bachelard, disions-nous, s'inscrit résolument dans le mouvement d'axiomatisation de la géométrie qui a suivi le choc constitué par l'invention des géométries non-euclidiennes. Certes, il ne se réfère pas à la source directe que constitue l'œuvre de Pasch et de Hilbert. En 1927, il suit le travail de Mac Léod. Raison pour laquelle il use de la terminologie traditionnelle (les définitions, les postulats) pour rendre compte de ce que nous nommons

¹⁸ *Ibid.*, p.174.

¹⁹ « On a souvent cité la tendance d'Hermite à faire résulter les notions analytiques de l'observation des faits de l'analyse. » (Cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 177).

dans l'axiomatisation actuelle : énoncé des termes premiers non-définis et axiomes. Mais cela ne nuit aucunement au propos de Bachelard. D'une part, comme on sait, la notion moderne d'axiome, ayant perdu son sens de « notion commune » évidente, nécessaire et régulatrice du raisonnement mathématique, recouvre ce que la tradition appelait « postulat » ; à savoir : des règles de construction sans évidence, sans nécessité logique et qui sont posées arbitrairement ou autorisées conventionnellement comme principes d'un système de déduction logique de « théorèmes ». D'autre part, quant aux termes premiers et à leur signification, Bachelard considère qu'ils n'obtiennent une définition que par leur relation logique les uns avec les autres au sein même des « postulats », c'est-à-dire, en termes modernes, dans les relations logiques énoncées par les axiomes.

Ainsi, comme l'écrit Bachelard, un concept fondamental, est un « concept simple », une « forme inanalysable »²⁰ qui ne peut « donner lieu à aucune description »²¹. Que ce soit le concept de point, de droite, de plan ou d'espace, ce sont là des concepts fondamentaux qu'on doit s'interdire de référer à une intuition ou à un objet quelconque précédant le concept. « L'esprit n'apparaît nullement lié par la position des concepts fondamentaux »²² puisque ceux-ci ne renvoient à aucun objet ou intuition spatiale dont l'esprit aurait à analyser ou à saisir les caractéristiques ou propriétés intrinsèques. Les concepts géométriques ne procèdent pas d'une constatation.

Par la mise en relation de ces concepts fondamentaux ou de ces formes inanalysables au sein de postulats, l'esprit du géomètre ne sera pas davantage menacé dans son indépendance vis-à-vis de tout objet, de toute forme, fût-elle intelligible, donnée à notre intuition. Car, ce faisant, « l'esprit ne nous semble lié par aucune intuition ; aucune matière ne l'opprime. »²³ D'une part, en se donnant des postulats, l'esprit accepte de les respecter ; mais, pourvu que cela n'entraîne pas contradiction, il peut les changer, les diminuer en nombre ; bref : constituer un nouveau système hypothético-déductif. D'autre part, les significations que les concepts fondamentaux acquièrent par leur mise en relation au sein des axiomes peuvent, sans difficulté, trouver leur traduction dans des objets donnés à notre intuition. D'ailleurs cette dernière, fût-elle intellectuellement raffinée, reste que les objets représentant ces définitions pourront être choisis « n'importe comment »²⁴, pourvu qu'ils satisfassent aux postulats.

Les concepts fondamentaux de la géométrie trouvant leur sens dans les relations, dans les rapports purement logiques que fixent et énoncent les axiomes, la géométrie n'est plus à considérer comme « une science d'objets », mais comme « une science des relations »²⁵. Loin donc qu'un concept géométrique obtienne sa signification de la désignation des propriétés intrinsèques d'un objet offert à l'intuition, il obtient son sens et sa définition des relations extrinsèques que le terme conceptuel fondamental entretient avec les autres termes premiers indéfinis. Et, à la limite, l'esprit a un tel pouvoir de se

²⁰ *Ibid.*, p.179.

²¹ *Ibid.*, p.180.

²² *Ibid.*, p.180.

²³ *Ibid.*, p.180.

²⁴ *Ibid.*, p.180.

²⁵ *Ibid.*, pp.182-183.

soustraire à toute intuition que les déductions, au sein du système axiomatique, peuvent s'opérer sans rien emprunter à des figures spatiales concrètes ou construites dans notre imagination. Voudra-t-on s'étonner alors qu'un formalisme géométrique aussi poussé puisse cependant correspondre à une « expérience usuelle »²⁶? L'étonnement ne vaudra pas comme objection. Ce n'est pas là un motif suffisant pour nier la fondation autonome de la construction géométrique et soutenir sa subordination subreptice à l'intuition d'un donné empirique ou d'un donné purement intelligible. Si une géométrie axiomatisée rejoint une expérience usuelle « c'est sans doute qu'au départ une première intuition a rempli les formes avec la matière même à laquelle on rapportera l'expérience ultime », mais cela ne fait pas de la géométrie une « science appliquée »²⁷. Au pire, il faudra y voir une double nécessité psychologique : celle, en amont de la formalisation axiomatique, d'une constatation intuitive de formes géométriques ; celle, en aval du formalisme, d'une traduction des concepts dans une intuition de formes géométriques. Mais le terme du développement de l'esprit géométrique consiste, selon Bachelard, dans l'épuration de toute intuition, de tout « donné ». La pureté du formalisme géométrique est telle qu'il s'inaugure par une rupture à l'égard de toute intuition et trouve son fondement dans une construction logique entièrement transparente à l'esprit puisque procédant de ses décisions libres.

Voilà donc le « réalisme platonicien » totalement ruiné quant au statut des « êtres géométriques » : ceux-ci n'ont aucune « réalité intrinsèque »²⁸. La démonstration de ce statut est capitale. Elle entraîne la défaite généralisée du « réalisme platonicien » dans tous les domaines mathématiques ; car, aux yeux de Bachelard, la démonstration du statut des êtres géométriques, comme « êtres de raison »²⁹ définis par des relations extrinsèques, vaut *a fortiori* pour tous les êtres mathématiques.

En effet, selon Bachelard, l'élément géométrique qui est régulièrement invoqué et convoqué contre le formalisme axiomatique, c'est « l'élément intuitif »³⁰, l'espace continu donné qui, apparemment, n'est pas une construction de l'esprit. Dans cette dimension intuitive peut apparaître une figure, un objet, qui s'impose à l'esprit et qui appelle une investigation de ses attributs, de ses propriétés internes, qu'une définition devrait énoncer.

Or, écarter « l'élément intuitif » en géométrie, est une gageure qui, réussie, entraîne la possibilité de l'écarter dans tous les domaines mathématiques. Une mathématique pure est donc possible. Les êtres mathématiques sont des « êtres de raison » constitués par les seules relations logiques énoncées dans les axiomes et les propositions qui s'en déduisent. Leurs propriétés sont relationnelles et extrinsèques. « L'être ainsi débarrassé de son élément intuitif parasite nous a paru se réduire aux apports successifs que la pensée y adjoint et rester sous la dépendance de règles librement choisies. »³¹

²⁶ *Ibid.*, p.183.

²⁷ *Ibid.*, p.183.

²⁸ *Ibid.*, p.183.

²⁹ *Ibid.*, p.184.

³⁰ *Ibid.*, p.183.

³¹ *Ibid.*, p.184.

Ainsi, en analyse, la définition moderne de la fonction donnée par Riemann ne présuppose aucun donné, aucune matière préalable à laquelle l'esprit aurait à se soumettre pour énoncer une règle de correspondance entre les abscisses et les ordonnées. Au sein même du domaine défini de la fonction, Riemann admet que la correspondance puisse être arbitraire et qu'on ne puisse énoncer de loi de correspondance. De plus, à supposer qu'on ait une telle loi, il admettra que, hors du domaine de définition, son prolongement puisse être arbitraire. Et ce, contrairement à la théorie du prolongement analytique de Weierstrass qui pose qu'une fonction continue³², définie sur un intervalle, puisse se prolonger hors de cet intervalle dans un rayon de convergence défini, comme si cette fonction devait constituer une donnée préexistante hors de son domaine de définition.

L'être mathématique en analyse est donc le produit d'une « construction libre »³³ de l'esprit. Et, comme nous l'avons vu, il convient d'en dire autant de l'être arithmétique. Les mathématiques peuvent se passer de tout rapport à « l'élément intuitif ». La base même du « réalisme platonicien » s'évanouit.

À cet argument décisif s'en ajoute un autre, qui ne l'est pas moins : il porte sur l'histoire même des mathématiques. Dans une perspective réaliste, l'inconnu des propriétés des êtres mathématiques est à découvrir. Et cette découverte est censée advenir dans un ordre déterminé correspondant à l'ordre préétabli des réalités mathématiques idéales.

Or, en fait, l'histoire des mathématiques ne montre rien de tel. Tout d'abord, il ne faut pas se laisser abuser par l'ordre déductif des notions mathématiques, c'est bien souvent un ordre d'exposition qui n'est pas totalement rigoureux. « Par exemple, d'un livre à l'autre, en géométrie, sans transition, en toute indépendance on passera du triangle au cercle, du cercle à l'ellipse, des lignes aux surface »³⁴. C'est dire que l'ordre d'exposition est arbitraire et que celui-ci ne s'élimine pas comme s'il s'agissait de se conformer à un ordre préexistant de « réalités idéales ».

Ensuite, autre exemple : en analyse, le classement de toutes les fonctions ne procède pas phylogénétiquement d'un genre vers des espèces : le « tableau synoptique » recouvre des cas possibles qui sont des fonctions construites par le jeu dialectique d'opposition des exemples et des contre-exemples. Ce pourquoi l'ordre d'exposition des fonctions n'est pas strictement déductif ; témoignant en cela du caractère imprévisible, contingent de la création mathématique et de son histoire.

Enfin, l'avènement de l'axiomatique peut nous amener à parler « d'une contingence radicale des mathématiques »³⁵. L'esprit ne découvre pas un ordre. Il le crée par un libre décret. Créé, cet ordre n'est donc pas trouvé, préfiguré. Il dépend du jeu des relations entre les termes premiers énoncés par les postulats.

³² Notamment le prolongement analytique des fonctions holomorphes.

³³ *Ibid.*, p.184.

³⁴ *Ibid.*, p.178.

³⁵ *Ibid.*, p.179.

II

La racine de l'illusion du réalisme mathématique de type dogmatique

Toutes les critiques contre le « réalisme platonicien » et « l'empirisme conceptualiste », — autre variété de réalisme, — ont pour fonction de dégager polémiquement le statut épistémologique des êtres mathématiques. Ni découverts dans une « réalité idéale », ni abstraits des objets sensibles, ils sont construits sans rapport avec « l'élément intuitif »³⁶ qu'est l'espace continu et, pourrions-nous ajouter en référence à l'arithmétique, — dont le cas difficile appellera plus de commentaires, — sans présupposer une intuition du temps comme donation d'une succession ordonnée et indéfinie de moments. Ce n'est donc pas seulement la géométrie qui mérite d'être appelée « science des relations » plus que « science d'objets », c'est l'ensemble des mathématiques. Les êtres mathématiques tirant leurs propriétés des seules relations extrinsèques que leur notion entretient avec les autres notions au sein et à partir des postulats arbitraires de l'esprit, leur réalité devient elle-même extrinsèque. Elle n'a de consistance que relationnelle au sein d'une axiomatique. Plus l'esprit mathématique axiomatisera les mathématiques, plus il fondera une mathématique pure de toute intuition et transparente à l'esprit. Mieux : l'axiomatique pourra être d'une telle pureté qu'aucun être préalablement figuré, fût-ce subrepticement, ne commandera les décrets de l'esprit. À aucun moment, le « domaine du réalisé »³⁷ par la déduction ne sera préfiguré dans le « domaine du possible » ouvert par l'axiomatique.

À proprement, parler les êtres mathématiques n'ont donc pas « d'existence ». Ceux-ci ne semblent pouvoir apparaître comme étrangers à l'esprit, comme objets pourvus de propriétés intrinsèques inconnues qu'il faudrait découvrir. Le « réalisme mathématique est illusoire »³⁸. Ce n'est donc pas « dogmatiquement », mais métaphoriquement que l'on peut soutenir que les êtres mathématiques sont réels. Ils n'ont qu'une « existence métaphorique »³⁹.

Mais quelle est l'origine de cette illusion qui nous fait oublier qu'il ne s'agit que d'une « métaphore »⁴⁰? L'explication des causes de l'illusion va permettre à Bachelard une dénonciation du « réalisme mathématique » de type dogmatique pour lui substituer ce qu'on peut appeler un « réalisme métaphorique » de type critique qui fait droit, sans illusion, à l'effet de réel qui apparaît dans la progression de la connaissance mathématique.

Le réalisme mathématique répond à une « nécessité épistémologique »⁴¹ : l'esprit a tendance à réaliser, à réifier ce qui lui apparaît comme « irrationnel », c'est-à-dire comme résistant à l'assimilation par les cadres de la pensée. L'esprit pose que l'irrationnel est la manifestation d'un être réel, d'un objet dont les prédicats indéterminés et inconnus sont à

³⁶ *Ibid.*, p.183.

³⁷ *Ibid.*, p.185.

³⁸ *Ibid.*, p.185.

³⁹ *Ibid.*, p.186.

⁴⁰ *Ibid.*, p.185.

⁴¹ *Ibid.*, p.185.

découvrir. Par exemple, lorsque des valeurs algébriques ou des êtres géométriques sont parfaitement définis dans leur domaine propre, mais que ceux-ci, en tant que « donnés » réclamant une détermination arithmétique, ne peuvent pas être, de manière exacte ou approchée, déterminés arithmétiquement. L'être algébrique ou géométrique apparaît alors comme irrationnel. Et l'irrationnel apparaît comme signe d'un réel. A contrario, si l'objet est totalement déterminé en sa notion par les relations qui la définissent, alors le réalisme ne répond à aucune nécessité épistémologique ; il manifeste « un besoin ontologique factice »⁴²; au mieux : une commodité de langage.

Mais pourquoi « l'irrationnel » mathématique est-il considéré comme le signe d'un réel transcendant l'esprit ? Pourquoi un être mathématique irrationnel est-il posé comme réel effectif ?

Pour le comprendre il faut évoquer l'analogie entre deux rapports : tout d'abord, le rapport entre deux domaines mathématiques, dont l'un fait fonction de « donné » et l'autre de « déterminant » ; puis le rapport entre le donné empirique et le sujet de la connaissance dans son projet d'explication de ce donné.

Or, ce dernier rapport, éclairé à partir de la philosophie de Meyerson, est celui du réel et de la raison. Meyerson pose que le réel est « irrationnel en soi » ; il est ce qui résiste à l'identité de la raison dans sa tentative d'assimilation, de réduction, d'explication, d'identification de l'altérité de ce réel.

Dans la connaissance physique, il y a un rapport avec la réalité effective, la réalité étrangère à la raison. Le donné empirique se présente comme étranger à l'esprit. Le réel transcendant effectivement le sujet se signifie à l'esprit par sa résistance à l'assimilation, par l'irrationalité du donné empirique. L'assimilation de l'irrationalité du donné est une progression de la connaissance. Cette progression du savoir fait apparaître de nouveaux irrationnels, mais ceux-ci ne sont pas produits ou créés par l'esprit. Ils se présentent à l'esprit. S'il y a ontologie, celle-ci est donc « extraite »⁴³ de l'irrationnel donné. Ce n'est pas le construit par la raison qui est ontologique⁴⁴, et qui joue le rôle de critère prépondérant du réel, c'est l'irrationnel qui borde le construit, l'expliqué. L'être réel est du côté de l'inépuisable, du non assimilé, du non identifié ; bref : de ce qui n'est pas réduit au statut de notion. L'être réel donne donc comme signe de sa présence, l'irrationnel.

Dans la connaissance mathématique le rapport de deux domaines fait souvent apparaître une impossibilité d'appliquer l'un sur l'autre. Ainsi le domaine de la géométrie ou le domaine de l'algèbre ne s'applique pas totalement sur le domaine de l'arithmétique. Nous expliciterons plus amplement ce point, mais pensons d'ores et déjà à l'approximation des valeurs algébriques, telles que $\sqrt{2}$, par des rationnels, ou bien à l'approximation par le corps des rationnels du rapport de la circonférence d'un cercle avec son diamètre. Ce rapport et cette valeur algébrique apparaissent comme irrationnels. Mais l'irrationalité dont

⁴² *Ibid.*, p.177.

⁴³ *Ibid.*, p.185.

⁴⁴ Du moins ce sera sa position tant qu'il suivra Meyerson. Mais sa rupture à l'égard de Meyerson ne sera pas de nature à remettre en cause le statut des mathématiques pures.

il s'agit est toute intérieure à l'esprit du mathématicien et à ses constructions. En tant que telle, c'est-à-dire en tant que construite, l'irrationalité ne peut être tenue pour une manifestation d'un être réel transcendant l'esprit. Hypostasier l'être mathématique qui apparaît comme irrationnel, le placer hors du sujet, hors des domaines qui le construisent, est un « abus d'ontologie »⁴⁵ : celui même que commet « le réalisme ontologique ».

Ainsi, du fait que, dans la connaissance ordinaire, le réel effectif, transcendant le sujet, se « présente », se signifie comme « irrationnel », on tient subrepticement que la réciproque est toujours vraie : tout irrationnel est signe d'une réalité transcendante ; et ce, dans tous les champs de connaissance, alors même qu'on s'est déplacé (métaphore) de la physique vers les mathématiques et que l'analogie entre le sujet et l'objet de connaissance n'est pas parfaite, puisqu'un « donné » mathématique procède d'une construction de l'esprit. « Le réalisme mathématique » est illusoire lorsqu'il oublie la métaphore sur laquelle il repose.

Mais est-ce à dire que tout « réalisme mathématique » soit illusoire et dogmatique ? La réponse est négative.

III

Le réalisme mathématique construit comme réalisme métaphorique

La critique de l'illusion du réalisme dogmatique n'est pas totalement ruineuse pour le réalisme. Cette critique n'est pas sans reste. En effet, Bachelard fait droit à la « nécessité épistémologique »⁴⁶ dans laquelle est l'esprit de poser comme existant ce qu'il s'applique à connaître et qui lui apparaît comme un donné inconnu.

Mais dans la mesure où les domaines mathématiques sont des constructions de l'esprit et que les êtres mathématiques n'ont pas de propriétés intrinsèques inconnues qui appellent une découverte, mais uniquement des propriétés relationnelles et extrinsèques, l'être irrationnel qui apparaît à l'intersection de deux domaines, qui ne s'appliquent pas bien l'un sur l'autre, ne peut obtenir que le statut d'une existence métaphorique⁴⁷. Avec l'irrationalité, la fonction épistémologique « existence » trouve un argument pour opérer : elle projette l'être irrationnel hors du sujet. Mais ce n'est que par « un abus d'ontologie », un abus de « la tendance ontologique »⁴⁸ inhérente à l'esprit, que celui-ci réifiera ou hypostasiera l'être irrationnel en existence réelle. Le seul réalisme mathématique acceptable est donc « un réalisme métaphorique ». Et celui-ci vaudra tant que les domaines mathématiques ne s'appliqueront pas exactement les uns aux autres. Pour être encore plus précis : tant que les domaines de l'algèbre, de la géométrie, de l'analyse ne seront pas transparents à l'arithmétique ; puisque aussi bien, selon Bachelard, c'est sur l'arithmétique que tous les autres domaines s'appliquent et que les nombres entiers, d'où sont censés

⁴⁵ *Ibid.*, p.187.

⁴⁶ *Ibid.*, p. 185 .

⁴⁷ *Ibid.*, p.186.

⁴⁸ *Ibid.*, p.186.

provenir tous les autres nombres, sont des « actes de synthèses » de l'esprit et qu'aucune opacité, aucun inconnu, n'est censée y apparaître.

Le « réalisme métaphorique », comme réalisme mathématique de type critique, se dégage de manière polémique. Nous en avons justifié l'expression en suivant sa détermination négative. Mais il peut être caractérisé positivement. Bachelard le nomme « réalisme construit »⁴⁹.

Le « réalisme construit » consiste à soutenir que les mathématiques pures sont une « ontologie progressive »⁵⁰ et « constructive »⁵¹ des êtres mathématiques dont l'existence réelle est « métaphorique ».

Bachelard illustre ce processus de construction en mettant en rapport l'arithmétique et l'algèbre lorsque cette dernière ne s'applique pas sur la première.

Partons du corps des rationnels $\mathbf{Q}$. Celui-ci inclut l'ensemble $\mathbf{Z}$ des entiers relatifs et l'ensemble $\mathbf{N}$ des entiers naturels. Déjà, notons que $\mathbf{Q}$ peut être présenté comme le résultat d'une extension de $\mathbf{Z}$. Ainsi, pour rendre compte de la solution de l'équation algébrique $dx - n = 0$, en posant que d (non nul) et n sont des entiers, on crée⁵², si la solution n'est pas un entier, un nombre nouveau $\frac{n}{d}$. L'ensemble de ces nombres $\frac{n}{d}$ est l'ensemble $\mathbf{Q}$ des rationnels. $\mathbf{Q}$, muni de la loi d'addition et de multiplication, est défini comme un « corps »⁵³. Il répond donc au défi de résoudre une équation algébrique. La racine de l'équation n'appartenant pas à l'ensemble de départ, il faut produire une extension de cet ensemble pour que les racines soient éléments de ce nouvel ensemble.

Or une telle extension du corps des rationnels est exigée une nouvelle fois par le défi que constitue la résolution d'équations algébriques telles que $X^2 - 2 = 0$, puisque la racine de cette équation ne peut être présentée sous la forme d'un rationnel, c'est-à-dire comme une fraction de deux entiers. Ce pourquoi ce nombre algébrique est considéré comme « irrationnel ». C'est un « irrationnel algébrique » qui satisfait l'équation algébrique.

Dans le domaine algébrique, cette racine algébrique est définie. Mais, comme elle ne s'applique pas sur le corps des rationnels, elle apparaît comme « irrationnelle », comme inconnue pour le domaine arithmétique limité au corps des rationnels. C'est précisément ici qu'apparaît la fonction « existence ». Elle « correspond à l'opacité relative de deux

⁴⁹ *Ibid.*, p.187.

⁵⁰ *Ibid.*, p.186.

⁵¹ *Ibid.*, p.186.

⁵² Pour la présentation de cette « construction fonctionnelle » distinguée de la « construction ensembliste » qui est axiomatique, cf. J.P. Bruter, *La construction des nombres*, Ellipses. 2000.

⁵³ Un corps est un « anneau commutatif » dans lequel tout élément non nul possède un inverse pour la multiplication. Un « anneau commutatif » est tout d'abord un « anneau », c'est-à-dire un ensemble muni des lois d'addition et de multiplication et dont les propriétés sont – pour l'addition : l'associativité, la commutativité, la présence d'un élément neutre et, pour chaque élément, d'un élément opposé – pour la multiplication : l'associativité – pour l'addition et la multiplication conjointe : la double distributivité. Cet anneau est « commutatif » si la multiplication est commutative.

méthodes différentes »⁵⁴. L'être mathématique défini algébriquement résiste à la rationalisation arithmétique. Cette résistance est prise pour le signe d'une réalité transcendante au sujet. L'être algébrique est ontologisé, réifié. « L'existence » de la racine algébrique correspond à une projection de l'esprit. A « l'ontologie extraite »⁵⁵ de l'objet que nous trouvons dans la connaissance physique correspond une « ontologie projetée »⁵⁶ dans la connaissance mathématique.

L'irrationnel n'est donc que le signe d'une « existence métaphorique ». L'existence des êtres mathématiques apparaît donc comme le produit d'un processus de construction. A un « réalisme de constatation », Bachelard substitue résolument un « réalisme de construction ». L'ontologie des mathématiques est « constructive » et « progressive ». Constructive et non simplement déductive, car la logique constructive de l'esprit mathématique n'est pas une simple déduction. L'esprit mathématique provoque l'apparition des « irrationnels » en confrontant, en opposant, deux domaines ou encore deux méthodes pour déterminer un être mathématique, comme lorsque la diagonale du carré est déterminée géométriquement, mais qu'elle échappe à une détermination arithmétique par une fraction d'entiers et, pour cette raison, paraît irrationnelle. Cet irrationnel perd son pouvoir de scandale lorsqu'il est intégré, compris, rationalisé dans un corps arithmétique plus vaste. « L'ontologie projetée » est donc non seulement constructive, mais « progressive » et « graduelle », car l'irrationnel n'est que provisoire et construit « graduellement » en fonction des conditions qui définissent les méthodes rationnelles de détermination d'un être mathématique. C'est par rapport à ces conditions qu'il apparaît comme irrationnel. S'il est intégré, incorporé, déterminé, par un progrès du savoir mathématique tel, ici, que l'extension d'un corps arithmétique, alors un nouvel « irrationnel », un nouveau donné inconnu peut être provoqué, posé par une équation algébrique ; signe pour l'esprit mathématique d'une nouvelle existence, d'un nouvel être inconnu faisant figure de réalité.

Ainsi le corps des réels **R** peut être présenté comme une extension du corps des rationnels pour intégrer des racines d'équations algébriques « irrationnelles » dans **Q**. De même, le corps des complexes **C** peut lui-même être présenté comme une extension de **R** puisqu'il intègre non seulement des éléments de **R**, mais également la racine de l'équation algébrique : $X^2 + 1 = 0$ qui semble être « impossible » ou « imaginaire » dans **R**.

Allons même un peu plus loin pour souligner la « méthode constructive » qui préside en mathématique. Les éléments du nouveau corps d'explication ne sont pas simplement recensés, collectionnés, énumérés. Ils sont définis à partir de règles spécifiées qui les engendrent. Là non plus, sauf « abus d'ontologie », on ne devra pas réifier dogmatiquement les éléments de ces « corps ». Les corps pourront nous apparaître comme des « donnés », comme ensemble d'éléments donnés. Mais, loin d'être constatés, ils sont construits. Et seul l'oubli de ces lois de construction, l'oubli des conditions qui président à

⁵⁴ *Ibid.*, p.188.

⁵⁵ *Ibid.*, p.185.

⁵⁶ *Ibid.*, p.185.

la position des êtres mathématiques pourra nous induire à penser qu'en mathématique l'esprit découvre des propriétés intrinsèques aux entités.

Les êtres mathématiques sont donc des « êtres de raison ». Et, même si certains de ces êtres apparaissent irrationnels, leur irrationalité n'est jamais irréductible à la raison. Ce point de vue est même « normatif » ; en mathématique, l'irrationnel n'est acceptable comme « signe » d'un réel transcendant, d'une « existence métaphorique », que s'il fait l'objet d'une approximation rationnelle, d'une approche opératoire qui le définit effectivement. Et, fût-il inaccessible par cette approche opératoire, il obtiendrait le statut de terme symbolique de cette approximation indéfinie : son existence étant alors posée par le processus d'approximation lui-même.

Bachelard fournit deux exemples de son propos : l'un concerne l'analyse des fonctions ; l'autre, l'approximation des nombres transcendants et réels.

En Analyse, Bachelard refuse de considérer l'existence de fonctions absolument arbitraires. Si tel était le cas, nous aurions un simple tableau de correspondance entre les valeurs de la variable et celles de la fonction ; c'est-à-dire leurs « images ». C'est pourtant le sens de la fonction selon Riemann, c'est aussi, pourrait-on ajouter, celui de Dirichlet⁵⁷. Cependant, selon Bachelard, sur un plan pratique, on reconnaît que l'on a affaire à une fonction si le mode de correspondance répond à une « loi » ou encore, plus précisément, s'il peut être exprimé par des opérations mathématiques.

N'est-ce pas là une réduction abusive de la notion de fonction ? Bachelard admet qu'il s'engage « dans une singulière réaction »⁵⁸. Il invoque Euler pour qui la « continuité » d'une fonction signifiait que sur un intervalle elle était exprimable par une seule expression analytique ; entendons : un nombre fini ou infini d'opérations permettant d'obtenir les valeurs de la fonction et de désigner une courbe ou, dans les termes de Bachelard, « une allure générale ».

L'impossibilité de trouver « un moule verbal »⁵⁹ ou « l'unité d'une proposition »⁶⁰ pour exprimer le mode de correspondance de la fonction, ce serait, si les valeurs de la variable sont indémontrables, être confronté à une « irrationalité » telle qu'il nous faudrait énumérer chaque valeur de la variable et celle correspondante de sa fonction. Nous ne pourrions pas énoncer la fonction de manière positive en un « nombre fini » de mots⁶¹. Mais, du coup, nous n'aurions pas affaire à une véritable fonction.

L'« arbitraire » d'une fonction n'est donc que « relatif ». Mieux : il ne doit être que « relatif ». L'irrationalité d'un mode de correspondance entre une variable définie sur un

⁵⁷ En 1837, Dirichlet donne une notion de fonction extrêmement large : une fonction est donnée si nous avons une règle qui associe une valeur déterminée y à toute valeur de x dans un certain ensemble de points. La règle n'est pas nécessairement exprimée mathématiquement et elle peut n'être valable que sur un intervalle donné ou quelques parties de cet intervalle.

⁵⁸ *Ibid.*, p.203.

⁵⁹ *Ibid.*, p.203.

⁶⁰ *Ibid.*, p.203.

⁶¹ *Ibid.*, p.202.

ensemble continu et d'autres valeurs n'appelle une « réification »⁶² que par la difficulté relative de trouver une expression analytique à ce mode de correspondance. L'impossibilité de lui trouver une expression analytique, due à un « arbitraire complet »⁶³, écarterait la condition même de possibilité d'une réification légitime, c'est-à-dire la position d'un être doué d'une existence métaphorique, la seule admissible en mathématique, qui exige une approximation pour être connue.

Les fonctions sont approchées par des séries de polynômes. Mais ces fonctions sont spécifiées par leur qualité qui appelle un certain type d'approximation. Les familles fonctionnelles pourront être classées par les procédés d'approximation qui permettent de les connaître.

Bachelard distingue les fonctions discontinues, les fonctions continues, les fonctions périodiques (qui peuvent être continues par morceaux).

Il s'appuie sur le théorème de Weierstrass (1885), qui démontre qu'une fonction continue peut être approchée par un polynôme, à condition d'admettre une erreur arbitrairement petite, pour soutenir que toute fonction continue quelconque peut être exprimable analytiquement par une série de polynômes. De même, il s'appuie sur un théorème homologue à celui de Weierstrass, pour tenir que toutes les fonctions périodiques continues sont exprimables par une série trigonométrique. Quant à la fonction totalement discontinue de Dirichlet⁶⁴, qu'il prend pour un exemplaire de ce type de fonction, il considère qu'elle est le résultat d'une composition de deux fonctions continues implicites, qu'il suffit de dégager en précisant leur domaine de définition.

Les spécifications de Bachelard, limitées aux fonctions à variable réelle à l'exclusion des variables complexes, sont sommaires. Osons le dire. En effet, au sein même des fonctions continues, sont distinguables : celles qui sont dérivables de celles qui ne sont pas dérivables. Au sein des fonctions discontinues sont à distinguer celles qui sont ponctuellement discontinues et celles qui sont totalement discontinues, selon une manière dénombrable ou indénombrable de fois. Selon ces spécifications, qui désignent les qualités des fonctions, les procédés d'approximation ne sont pas les mêmes. De plus, il est étonnant qu'en prenant la fonction de Dirichlet dans les *Leçons sur les fonctions discontinues* de Baire, il n'évoque pas le théorème de ce dernier selon lequel une série convergente dont les termes sont des fonctions continues peut représenter une fonction

⁶² *Ibid.*, p.203.

⁶³ *Ibid.*, p.203.

⁶⁴ Cette fonction très connue, donnée en 1829, est égale à 0 pour toute valeur rationnelle et égale à 1 pour toute valeur irrationnelle. Cette fonction n'est pas représentable graphiquement, elle est totalement discontinue en tout point de son domaine de définition dans $\mathbf{R}$. De plus, Dirichlet considère que la loi de correspondance échappe à toute expression analytique ; entendons qu'elle ne pourrait s'écrire à l'aide d'opérations fondamentales en nombre fini ou infini. Cependant Pringsheim, en 1899, montrera que cette fonction peut avoir pour expression :

$$f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \lim_{m \rightarrow \infty} |\cos(n! \pi x)|^m.$$

ponctuellement discontinue⁶⁵. Théorème qui généralise celui de Weierstrass aux fonctions discontinues. Il est également étonnant qu'il n'évoque pas la possibilité de développer la fonction de Dirichlet, dont les discontinuités sont infinies et indénombrables, en série de Fourier à partir de l'intégrale de Lebesgue (1905) qu'il connaît et qui permet d'en calculer les coefficients.

Quoi qu'il en soit, — et donc à supposer qu'on puisse exprimer analytiquement les fonctions pas des séries de polynômes, — reste à s'assurer de l'existence même de ces séries par-delà la possibilité de leur formulation. Or, s'assurer de l'existence d'une série de polynômes comme expression analytique d'une fonction, c'est prouver sa convergence. Ainsi, par l'approximation d'une fonction majorante qui, elle-même converge, on prouvera la convergence de la série qui « assure son existence en tant qu'être fini et calculable »⁶⁶. Bachelard se réfère ici à la rigueur introduite en analyse par Gauss, Abel et Cauchy. Mais la seule convergence n'est pas suffisante. Ainsi pour une fonction continue de variable réelle, indéfiniment dérivable, pour laquelle sa série de Taylor converge vers la fonction dans le voisinage d'un point donné x_0 , encore faut-il, d'une part, s'assurer que la convergence s'effectue bien vers la fonction et, d'autre part, préciser le rayon du cercle de convergence de cette série autour du point x_0 , car, en dehors du cercle de convergence, rien ne garantit que la série converge vers la fonction.

La précision que nous apportons, pour importante qu'elle soit, n'apporte pas cependant de modification essentielle au point de vue de Bachelard, car c'est sur l'axe de l'approximation des séries qu'elle se place : l'axe qui définit toutes les conditions d'existence des séries comme expression analytique effective des fonctions qu'elles approchent.

L'approximation d'une série par une fonction majorante, qui est censée prouver son existence, ne sert en fait qu'à faire passer une série d'un statut formel au statut d'une « existence assurée »⁶⁷ en satisfaisant aux conditions fixées par la « qualité », la « propriété structurelle » de la fonction qui est à exprimer analytiquement par une série de polynômes. Ainsi une fonction continue infiniment différentiable ou non différentiable en aucun point impose un certain nombre de conditions pour être exprimée analytiquement par une série de polynômes. Elle détermine un type de séries.

L'exemple de Bachelard, emprunté à l'analyse des fonctions, aurait été tout à fait probant si, au lieu de partir des conditions de représentabilité des fonctions, il était parti des séries elles-mêmes et de leurs propriétés pour induire ce qu'elles peuvent exprimer ou représenter comme fonction spécifiée par une « propriété structurelle ». Au vrai, le

⁶⁵ Baire classe les fonctions de la façon suivante : « les fonctions continues sont appelées fonctions de classe 0 ; sont fonctions de classe 1 les fonctions limites de fonctions continues ; sont de classe 2 les fonctions, qui sans être de classe 0 et 1 sont limites de fonctions de classe 1. Plus généralement, on appellera fonction de classe n toute fonction qui, sans être fonction de classe 0, 1, 2, $n-1$ est limite de fonctions de classe $n-1$. L'itération transfinie du même procédé permet de définir les fonctions de classe $\omega + 1 \dots \omega^\omega$, etc. » (cf. J.-T. Desanti, *Les Idéalités mathématiques*, seuil, 1968, p. 304).

⁶⁶ *Ibid.*, p.212.

⁶⁷ *Ibid.*, p.213.

théorème de Baire sur les séries, que connaissait Bachelard et dont nous avons fait état un peu plus haut, aurait été plus pertinent : on y part des propriétés de la série pour en induire les « propriétés structurelles » de la fonction qu'elle représente.

La critique que nous formulons ne va pas jusqu'à signifier que Bachelard fit place, contradictoirement à sa thèse, à un empirisme selon lequel toute fonction serait préalablement donnée, rencontrée et offerte à l'investigation de l'esprit. Rappelons qu'une fonction, pour Bachelard, n'existe que si elle est exprimable analytiquement. C'est donc bien l'expression analytique, pour autant qu'elle fixe et résume le mode de correspondance entre la variable et son « image » dans un procédé de calcul, qui porte la fonction à l'existence.

L'autre exemple de Bachelard est sans conteste plus convaincant pour soutenir que l'esprit peut « s'appuyer tout entier sur les méthodes d'examen pour prouver ce qui constitue l'existence en mathématique »⁶⁸ prouvant ainsi que, loin de se soumettre à un objet étranger donné à l'intuition, l'esprit mathématique engendre ses objets par sa procédure même d'approximation indéfinie. L'objet ne devenant ainsi que le symbole de cette approximation indéfinie.

Au vrai, l'exemple arithmétique est double : d'une part, les nombres transcendants ; d'autre part, les réels.

Les nombres transcendants, tels que e et π , qui ne sont ni des rationnels, ni des nombres algébriques, c'est-à-dire des racines d'une équation algébrique à coefficients rationnels⁶⁹, n'ont été posés comme existant qu'en 1844 par le théorème de Liouville⁷⁰. Ce théorème signifie que tout nombre irrationnel algébrique ne peut pas être approché de trop près par un rationnel et que, par négation, tout nombre irrationnel approchable de près par des rationnels est donc transcendant. Bachelard trouve cet argument chez Borel⁷¹ ; il lui en attribue faussement la paternité, mais il est bien décisif pour sa conception, puisque c'est la méthode d'approximation qui pose l'existence de nombres comme transcendants. On pourrait ajouter : qui permet même d'en créer (les nombres de Liouville). Ce critère de l'approximation pour établir la transcendance d'un nombre est difficile à mettre en œuvre. Mais, en 1873, Hermite établit la transcendance de e par la méthode d'approximation de la fonction e^x par des fonctions rationnelles⁷² ; et, par extension de la méthode précédente, Lindemann, en 1882⁷³, prouve que π est également transcendant.

⁶⁸ *Ibid.*, p.211.

⁶⁹ Les irrationnels non algébriques, c'est-à-dire les nombres transcendants, peuvent être « solution d'équations polynomiales et de degré fini, mais à coefficients quelconques et ne peuvent être représentés par des radicaux » cf., p. 96. J.P. Bruter, *La Construction des nombres*, Ellipses. 2000. En général, ils sont « solutions d'équations polynomiales de degré infini » (cf. *Ibid.*, p. 96).

⁷⁰ Publié en 1851.

⁷¹ Bachelard en effet se réfère, page 231 de *l'Essai sur la connaissance approchée*, aux *Leçons sur la théorie de la croissance*, 1910, Gauthier-Villars, p.126.

⁷² Cf. J.P. Bruter. *Ibid.*, p.112.

⁷³ Cf. J.P. Bruter. *Ibid.*, p.113.

Mais, précisément, qu'en est-il de l'approche arithmétique du nombre π ? Bachelard y trouve un argument exemplaire de sa thèse. Loin d'être préalablement défini à son approximation, c'est dans l'approximation arithmétique elle-même qu'on trouve « la base d'élan »⁷⁴ pour transcender le mouvement d'approximation et pour poser le nombre π comme un nombre déterminé. Plus exactement, le nombre π est posé comme « symbole »⁷⁵ d'une approximation indéfinie par une série de fractions dont la convergence suit une « loi » repérable entre deux termes consécutifs et susceptible d'une formulation générale. Une telle « loi » n'a pas été trouvée dans l'approche décimale. En revanche, pour se borner à une expression, Wallis donne : $\frac{\pi}{2} = \frac{2 \times 2}{1 \times 3} \times \frac{4 \times 4}{3 \times 5} \times \frac{6 \times 6}{5 \times 7} \dots$ ⁷⁶ Mais Euler, Newton, Fourier et beaucoup d'autres ont trouvé des formules arithmétiques qui donnent des lois de formation de séries de fractions pour approcher le nombre π . Ce sont là, pour Bachelard, des « modes différents de définitions »⁷⁷ qui ne présupposent pas le nombre π comme défini, déterminé. Insistons-y, c'est le processus indéfini de convergence de l'approximation, selon une loi repérée dans les premiers termes de l'approximation, qui définit le nombre en tant que tel.

L'objection de Couturat, selon laquelle π n'est peut-être pas un nombre arithmétique déterminé, mais un rapport géométrique défini et déterminé et, qu'en ce sens, il ne peut être considéré comme un simple symbole d'une approximation indéfinie d'un terme lui-même non déterminé, n'est pas recevable.

En effet, établir, à partir de la similitude des cercles, l'existence d'un rapport entre leurs diamètres et leur circonférences, puis déduire d'une circonférence de rayon double d'une autre, que le rapport des deux circonférences nous donne un rapport invariable désigné par π , — qui définit par-là « un nombre de manière absolue »⁷⁸, — c'est croire que les longueurs, qui définissent les circonférences en fonction de leur diamètre, sont absolument déterminées et existent indépendamment d'une axiomatique à partir de laquelle les longueurs des circonférences prennent un sens.

Or, la similitude des courbes est aperçue, d'abord, dans l'intuition. Passer de la similitude de tous les points d'un cercle pris isolément, à la similitude des longueurs d'arcs de cercle, cela suppose que l'on sache ce qu'est une longueur d'arc de cercle. Mais pour cette définition, il faut s'appuyer sur la similitude des lignes polygonales inscrites dans les deux cercles mis en correspondance. La longueur curviligne de la circonférence est conventionnellement définie par la limite du périmètre d'un polygone régulier convexe inscrit dans cette circonférence. Cela signifie que la longueur rectiligne des côtés du polygone et donc la fonction de « distance » est mise en œuvre comme fonction de deux points. Or « la distance », dans le cadre de la théorie des groupes⁷⁹, est définie comme

⁷⁴ *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p.235.

⁷⁵ *Ibid.*, p.233.

⁷⁶ Première formule infinie donnant π sans racines carrées : $\frac{\pi}{2} = \prod_{i=1}^{\infty} \frac{4i^2}{4i^2 - 1}$.

⁷⁷ *Ibid.*, p.234.

⁷⁸ *Ibid.*, p.231.

⁷⁹ Sophus Lie a montré, en 1886, que toutes les géométries métriques (Euclide, Riemann, Lobatchevski) se ramènent à une même structure de groupe. De manière plus générale, toute géométrie axiomatisée représente un groupe de

l'invariant dans « le groupe des déplacements sans déformation ». Cet invariant est fonction des coordonnées des couples de points d'une figure en déplacement. Loin d'être un absolu offert à l'intuition, la « distance » est une relation fonctionnelle, et sa définition formelle ainsi que sa position au titre d'invariant dépendent d'une axiomatique, donc d'une convention arbitraire.

Dès lors, le point d'appui réaliste de Couturat s'effondre. En effet, ce que l'on constate, c'est que la longueur de la circonférence d'un cercle relève elle-même d'une approximation par des nombres rationnels et, ultimement, repose sur la définition conventionnelle de la distance.

Ainsi le nombre π , loin de référer à une valeur déterminée et absolue, peut être considéré comme le symbole d'une approximation indéfinie. L'irrationalité de π ne relève pas de l'en-soi, elle ne présuppose pas une transcendance effective constatable dans l'intuition géométrique et offerte à l'approximation par des rationnels. Le nombre π n'a qu'une « existence métaphorique » en ce que sa consistance est extrinsèque ou relève d'une construction *a priori*.

Passons aux nombres réels.

Par-delà les définitions algébriques des réels⁸⁰ qui les fait apparaître comme des racines « irrationnelles » d'équations algébriques, puisque leurs valeurs ne s'appliquent pas sur le corps arithmétique des rationnels, la définition arithmétique des réels que retient Bachelard est celle qui les pose comme des « symboles » d'une approximation par des rationnels sans présupposer pour chacun d'eux une valeur déterminée de manière absolue.

Ainsi, contre la définition des réels de Dedekind qui procède selon des « coupures », il soutient, comme seule valable, la définition de Cantor qui identifie un réel à la suite des rationnels qui l'approximent.

Selon Dedekind, et conjointement Tannery, un entier naturel qui est un carré non parfait (par exemple : $D = 2$), permet de définir l'ensemble des rationnels positifs de carré strictement supérieur à cet entier naturel et l'ensemble de tous les autres rationnels dont le carré est strictement inférieur à cet entier. La coupure construite entre ces deux ensembles est censée créer et définir un nombre irrationnel ; les nombres rationnels et ces nouveaux nombres créés par ces « coupures » constituant les nombres réels.

Or, selon Bachelard, cette définition n'est que nominale. « Après la définition de Dedekind, tout reste à faire pour connaître le nombre « défini »⁸¹. Seul un calcul effectif peut nous donner cette définition. Ce pourquoi il préfère les définitions de Weierstrass et de Cantor.

transformations appliquées à des points avec conservation d'« invariants ». La géométrie en question étudie ces « invariants ».

⁸⁰ Par exemple : $x^2 - 2 = 0$, ce qui implique que $x = \sqrt{2}$.

⁸¹ *Ibid.*, p. 228.

L'un et l'autre s'inspirent du travail de Cauchy sur les suites convergentes et, plus précisément, sur le fait que les suites de Cauchy sur $\mathbb{Q}$ ne convergent pas nécessairement vers une limite dans les rationnels. La suite peut converger vers une limite inconnue dans les rationnels et être un nombre irrationnel. Par exemple, une suite comme $\{1.41, 1.414, 1.4142, 1.41421, \dots\}$ est bien une suite de Cauchy dans $\mathbb{Q}$ ⁸². Mais sa limite est $\sqrt{2}$, c'est-à-dire un irrationnel qui n'est pas dans $\mathbb{Q}$, mais dans $\mathbb{R}$.

Weierstrass, précisément, en définissant les nombres rationnels par une « unité principale » (constituées d'agréats d'unités) augmentée de « parties exactes » (de la forme $\frac{1}{n}$, n est un entier non nul), définit les nombres irrationnels comme des limites de la somme des agréats infinis dont ils sont constitués et qui ne sont équivalentes à aucun nombre rationnel.

Cantor reprendra plus explicitement les suites de Cauchy⁸³. Mais, au lieu d'admettre une limite effective à une suite convergente de rationnels dont la limite est inconnue dans les rationnels (c'est entrer dans un « cercle vicieux », puisqu'on présuppose l'existence même d'un réel, d'un nombre irrationnel⁸⁴), il va associer une « grandeur numérique » à la suite de rationnels. Ainsi, idée audacieuse et capitale, Cantor déclare que la suite de Cauchy « est » le nombre réel lui-même. Et, dans la mesure où plusieurs suites de rationnels peuvent représenter le même nombre réel, on identifiera les deux suites pour autant que leur différence s'annule. Dès lors, l'ensemble des réels est constitué des classes d'équivalences des suites de Cauchy rationnelles.

En s'identifiant à des suites de Cauchy, les réels deviennent précisément des symboles d'approximations qui ne présupposent aucun terme préalablement déterminé comme limite d'une suite. C'est l'opération d'approximation qui crée elle-même le « terme » arithmétique. L'objectivation d'un nombre réel est, encore une fois, « purement opératoire »⁸⁵.

L'algèbre, à travers certaines équations, posait l'existence de nombres irrationnels non réductibles au corps $\mathbb{Q}$ des rationnels. Par-delà cette position d'existence d'un irrationnel, à laquelle parvient également la méthode de la « coupure » de Dedekind, l'être mathématique en question (le nombre irrationnel ou réel) est « réellement défini » par l'approximation que constitue une suite convergente de rationnels à laquelle il s'identifie.

Ce qui vaut pour les nombres réels vaut pour les nombres transcendants. Leur apparition comme grandeurs irrationnelles, par exemple la définition géométrique de π , faisant apparaître sa grandeur comme non réductible au corps des rationnels, permet

⁸² Pour cet exemple : cf. E. Hairer et G. Wanner, *L'Analyse au fil de l'histoire*, Springer, 2002, p. 177.

⁸³ La définition mathématique est la suivante : une suite $\{S_n\}$ est une suite de Cauchy si $\forall \varepsilon > 0$ il existe $N \geq 1$, tel que $\forall n \geq N$ et $\forall k \geq 1$ $|S_{n+1} - S_{n+k}| < \varepsilon$. Cf. E. Hairer et G. Wanner, *L'Analyse au fil de l'histoire*, Springer, 2000, p. 176.

⁸⁴ Erreur qu'il commet en 1872 comme Weierstrass, mais qu'il évite en 1883. Méray sensible à cette difficulté parlera de « limite fictive » ou « idéale ».

⁸⁵ *Ibid.*, p.230.

d'affirmer leur existence ; mais seul le calcul, l'opération, l'approximation arithmétique, par des nombres rationnels, assure de leur « définition réelle »⁸⁶.

Le « réalisme construit » de Bachelard comme « ontologie projetée » et « progressive », octroyant aux êtres mathématiques une « existence métaphorique » et une « définition opératoire », s'accorde, disions-nous, avec la position « pré-intuitionniste » de Borel selon laquelle relève « des mathématiques réelles » ce qui est effectivement calculable⁸⁷ ou approximable par un procédé déterminé de calcul (définition algorithmique).

Mais quelles sont exactement les caractéristiques du « pré-intuitionnisme » ? Qu'est-ce qui le distingue de « l'intuitionnisme » ? Peut-on définir la philosophie des mathématiques de Bachelard par le terme « pré-intuitionniste » ?

IV

« Réalisme construit » et « intuitionnisme »

L'intuitionnisme de Brouwer s'est constitué au début du XX^e siècle. Mais son influence en France n'a commencé qu'après 1930. Il semble que Bachelard n'ait pas connu directement l'intuitionnisme de Brouwer. En tout cas, sa philosophie n'en est pas marquée.

La position de Brouwer consiste :

1) À admettre le rôle fondateur de l'intuition intellectuelle comme acte de l'esprit, acte de conscience d'un sujet (le « soi »), qui engendre les objets mathématiques. « L'intuition est un faire autant qu'un voir (Brouwer : une activité de construction) ; à quelque niveau elle comporte toujours un acte, quelque aspect de décision, d'effectivité ou d'opératoire »⁸⁸. Cet acte du « soi » est notamment, comme intuition du temps, au fondement de l'arithmétique. Nous aurons l'occasion d'y revenir, car Bachelard en cela s'avère proche de Brouwer.

2) À poser que la logique ne précède pas les mathématiques : elle en dérive. Les principes logiques ne viennent toujours qu'après-coup. Elle est une forme de langage qui, privé de contenu, n'a aucune espèce de fécondité. Fonctionnant à vide, elle ne peut engendrer des êtres mathématiques. Ainsi le principe de tiers exclu n'a pas de validité universelle en dehors d'un contenu accessible par des procédures opératoires.

3) À n'accepter comme infini que « l'infini potentiel ». « L'infini actuel » suppose un acte de clôture d'un ensemble infini. Or cette totalisation n'est qu'imaginaire. Par exemple, la totalisation des entiers naturels, ensemble infini dénombrable, étant impossible on ne peut considérer l'ensemble comme donné, offert à une intuition et à une énumération de tous ces éléments. Ainsi seront rejetés les « nombres ordinaux transfinis » de Cantor, de

⁸⁶ *Ibid.*, p.228.

⁸⁷ Cf. *Ibid.*, p.236.

⁸⁸ J. Largeault, *Intuition et intuitionisme*, Vrin, p. 40.

même que les raisonnements faisant intervenir le cardinal des nombres réels qui fonde l'arithmétique du transfini.

En élaborant et en nommant sa doctrine « intuitionnisme », Brouwer avait dans l'esprit la position des mathématiciens de l'école française⁸⁹ (Borel, Baire, Lebesgue, Poincaré), pour lesquels « l'intuition » équivaut à « construction » ; entendons selon eux : qui est engendré ou peut être engendré par une procédure de calcul déterminée, par un processus opératoire répondant à une loi tant en arithmétique et en algèbre qu'en analyse et en géométrie. L'intuition renvoie donc moins à l'acte d'un sujet créateur qu'à une procédure algorithmique qui rend accessible les objets mathématiques.

Leur critère du réel, en mathématiques, consiste donc dans cette possibilité de construction des êtres mathématiques par une opération qui ne soit pas seulement logique. Au-delà de cette limite les objets mathématiques relèvent, selon l'expression de Borel, de la « science de l'imaginaire et de l'imaginé »⁹⁰ ; bref : les êtres mathématiques n'ont qu'une existence verbale et apparente. Ainsi dans les années 1920-1930, le courant « constructiviste » ou « pré-intuitionniste » s'opposait au courant « cantorien » ou « platonicien » selon lequel on pouvait admettre l'existence d'objets mathématiques tels que des ensembles infinis (dénombrables ou indénombrables) donnés, pourvu que leur notion soit non-contradictoire, lors même qu'ils n'étaient pas engendrables par un processus opératoire.

La conception de Bachelard est nettement « constructiviste ». Elle s'inscrit pleinement dans ce courant « pré-intuitionniste » qui a bifurqué pour donner naissance à « l'intuitionnisme » de Brouwer et au formalisme de Hilbert, dont le programme d'axiomatisation en fait une variété de constructivisme⁹¹.

Mais, précisément, en plus de cette conception fondamentale selon laquelle les êtres mathématiques sont construits et objectivés opératoirement, il en adjoint deux autres. D'un côté, comme nous l'avons vu, il valorise l'axiomatisation, notamment géométrique de Hilbert, contre toutes les formes d'intuition empirique plus ou moins intériorisée, au profit d'un acte libre de l'esprit qui pose des êtres dont la consistance est relationnelle. D'un autre côté, il place au fondement de l'arithmétique, tout comme Brouwer, une intuition intellectuelle qui marque les limites de l'axiomatisation de l'arithmétique.

Ces trois conceptions ou, plutôt, ces trois caractéristiques d'une conception « constructiviste » des mathématiques pures ne semblent pas avoir variées dans l'œuvre de Bachelard. En 1930, sa conception est faite⁹².

⁸⁹ J. Largeault, *L'Intuitionnisme*, PUF, p. 29.

⁹⁰ E. Borel, *Les Nombres inaccessibles*, Gauthier-Villars, 1952, p. IX.

⁹¹ Cf. J. Largeault, *Intuition et intuitionnisme*, op.cit, p. 65.

⁹² Deux textes ultérieurs à l'*Essai sur la connaissance approchée* portent sur les mathématiques pures, mais l'un et l'autre concernent plus le processus de généralisation du raisonnement mathématique que le statut ontologique des êtres mathématiques. L'un porte sur l'élaboration des géométries non euclidiennes et l'usage des groupes dans la physique-mathématique. (Cf. *Le Nouvel esprit scientifique*, P.U.F, chap. II). L'autre concerne l'induction

On ne trouvera donc pas chez Bachelard un rejet du principe du tiers exclu ou du raisonnement par l'absurde pour déterminer l'existence d'une entité mathématique qu'on ne peut approcher par un calcul. Il ne s'est pas prononcé sur les limites de son rôle dans les mathématiques pures. Et on ne peut arguer d'un privilège accordé au raisonnement par récurrence (Poincaré⁹³) par rapport à la seule logique, considérée comme stérile, pour présumer qu'il aurait rejeté l'usage du tiers exclu appliqué à des énoncés dont le contenu porte sur un « infini actuel »⁹⁴. Sa valorisation des déductions logiques du formalisme nous l'empêcherait.

Cependant si « l'infini » est bien une notion négative qui désigne le non-fini ou « l'indéfini » dont on ne peut indiquer le terme, alors nul doute que sans remettre en cause la logique traditionnelle, la réfutation par l'absurde et le principe du tiers exclu, il en aurait limité la validité au plus à cet « indéfini », c'est-à-dire à « l'infini potentiel ».

On trouvera donc, chez Bachelard, un rejet des nombres ordinaux transfinis ; ce que nous expliciterons plus loin. Il se range en cela dans le camp des esprits de type « pragmatique » contre ceux de type « cantorien »⁹⁵ : les uns considérant que l'infini provient du fini affirment l'infini comme l'objet d'une construction indéfinie à partir d'éléments finis ; les autres, considérant que le fini est prélevé analytiquement sur l'infini, admettent que les éléments en nombre infini préexistent dans un ensemble donné *a priori*.

Cependant, ne nous y trompons pas, Bachelard aurait admis que le cardinal de $\mathbf{R}$ soit de puissance supérieure à celui de $\mathbf{N}$, puisqu'il évoque le continu comme le terme d'une approximation par des ensembles de puissances croissantes. Le continu défini comme « virtualité propre à recevoir tous les discontinus »⁹⁶ apparaîtra « dans un classement fondé sur les puissances après avoir considéré les ensembles finis, les ensembles dénombrables et les ensembles parfaits. »⁹⁷

Il admet donc l'existence des ensembles parfaits, c'est-à-dire l'existence d'ensemble infinis continus et qui sont tels car, en bijection avec $\mathbf{R}$, qui est démontré être un ensemble infini indémontrable dont la puissance, le nombre cardinal est posé axiomatiquement comme pouvant recouvrir la continuité géométrique d'une droite.

transcendante du raisonnement mathématique à partir du théorème de Pythagore. (Cf. *Le Rationalisme appliqué*, P.U.F, chap. V).

⁹³ Le principe de récurrence, au fondement de l'induction complète, signifie qu'on vérifie l'exactitude d'une proposition pour des entiers petits ; puis on démontre qu'elle est encore vérifiée si les entiers sont augmentés d'une unité ; on en conclut qu'elle sera vraie indéfiniment pour des augmentations successives et s'étendra à tout entier quelconque.

⁹⁴ Dans un bel article sur le statut des mathématiques chez Bachelard, J. Vidal-Rosset fait de Bachelard un « intuitionniste » avant la lettre rejetant la validité du principe du tiers exclu, l'infini actuel et soutenant la seule légitimité de la construction opératoire à la source des êtres mathématiques. (Cf. « *L'intuitionnisme de Gaston Bachelard* », in *L'Actualité et postérités de Gaston Bachelard*, direction : Pascal Nouvel, P.U.F, science et histoire et société, 1997, p. 128-129).

⁹⁵ Distinction opérée par Poincaré dans deux textes sur « la logique de l'infini » (juillet 1909 et mai 1912). (Cf. *Dernières pensées* (1913), Flammarion, 1963, p.87).

⁹⁶ *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 222.

⁹⁷ *Ibid.*, p. 224.

Bachelard s'appuie ici sur les démonstrations de Cantor. Ce dernier, dans un article de 1878, distingue, en effet, trois types d'ensemble⁹⁸.

- 1) Les ensembles finis, seuls dont la puissance se confond avec le nombre cardinal.
- 2) Les ensembles infinis dénombrables en bijection avec $\mathbf{N}$ (ex : $\mathbf{N}$, $\mathbf{Q}$, les nombres algébriques⁹⁹).
- 3) Les ensembles infinis continus en bijection avec $\mathbf{R}$ (ex : $\mathbf{R}$, $[0,1]$ intervalle de $\mathbf{R}$, une droite ou un segment de droite).

Cela suppose que l'ensemble des réels $\mathbf{R}$, placés selon leur ordre sur une « droite réelle », — droite munie d'une origine, d'un sens, d'une mesure et dont chaque point correspond à un réel, — recouvrent la continuité d'une droite géométrique¹⁰⁰.

Mais comment prouver que $\mathbf{R}$ lui-même est un ensemble infini continu ? Il faut, tout d'abord, établir qu'il n'y a pas de « lacunes » entre les réels. De telles « lacunes » ont été établies dans $\mathbf{Q}$. Par Dedekind : il montre que certaines « coupures »¹⁰¹ dans $\mathbf{Q}$, ne correspondent à aucun rationnel, mais précisément à un irrationnel qui appartient à $\mathbf{R}$. Par Cantor : il montre que « les suites de Cauchy » de rationnels ne convergent pas nécessairement dans $\mathbf{Q}$, mais convergent vers un irrationnel appartenant à $\mathbf{R}$.

En revanche, Cantor démontre que l'ensemble $\mathbf{R}$ est un ensemble *fermé* pour toutes les suites de Cauchy. Toutes les suites de Cauchy dans $\mathbf{R}$ convergent vers un élément appartenant à $\mathbf{R}$. Autrement dit, $\mathbf{R}$ est *complet* pour toutes les suites de Cauchy. La « droite réelle » est sans lacunes. Elle compte infiniment plus de points que $\mathbf{Q}$ ne comporte de nombres.

Mais il restait à démontrer que $\mathbf{R}$ est un ensemble infini indénombrable dont la puissance peut recouvrir le continu en démontrant que l'on ne peut établir une bijection réciproque entre l'ensemble $\mathbf{N}$ (infini dénombrable) et l'ensemble $\mathbf{R}$; dès lors posé comme infini indénombrable.

C'est précisément ce que fit Cantor selon deux voies démonstratives, qui ont l'une et l'autre la particularité de relever d'une preuve par l'absurde. On suppose la bijection possible. Si l'hypothèse conduit à des contradictions, elle est rejetée au profit de l'hypothèse contraire, selon le principe du tiers exclu.

⁹⁸ Cf. J.-P. Belna, *Histoire de la théorie des ensembles*, Ellipses, 2009, p. 62-63.

⁹⁹ Rappelons que les « nombres algébriques » sont racines d'une équation à coefficients entiers (ex : $\sqrt{2}$). Ils se distinguent des « nombres rationnels » et des « nombres transcendants ». Ces derniers n'étant racines d'aucune équation à coefficients entiers (ex : π , e)

¹⁰⁰ Cantor, dans un article de 1872 portant sur l'extension d'un théorème de la théorie des séries trigonométriques pose à titre d'axiome, car indémontrable, que « à chaque grandeur numérique correspond un point déterminé de la droite. » Cité par J. Boniface, in *Les Constructions des nombres*, Ellipses, p. 77. De même Bachelard : « c'est un autre postulat qui nous fait admettre que les points du discontinu peuvent être placés sur un continu sans modifier ce discontinu. » (Cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 223).

¹⁰¹ Cf. *supra*, chap. I, III.

On ne peut ici reprendre ces démonstrations. L'une s'appuie sur le procédé des « segments emboîtés ». L'autre, plus connue, s'appuie sur le « procédé de diagonalisation »¹⁰². Quoi qu'il en soit du détail de ces démonstrations, qui fondent la puissance de $\mathbf{R}$ comme infinie indénombrable recouvrant potentiellement la continuité d'une droite géométrique, on remarquera que Bachelard, reconnaissant l'existence des « ensembles parfaits » de Cantor, eût reconnu dans le même temps le fondement démonstratif qui permet d'établir que $\mathbf{R}$ est un « ensemble parfait ». Or le raisonnement par l'absurde et le principe du tiers exclu en sont le nerf. Acceptant implicitement la validité de l'un et l'autre, Bachelard eût trouvé non pertinente la critique de ces mêmes démonstrations par les intuitionnistes.

De même Bachelard ne trouverait pas pertinente la critique « pragmatiste » de Lebesgue selon laquelle le procédé de « diagonalisation de Cantor » prouve que, lorsqu'on a un ensemble infini dénombrable de réels, on peut certes définir un nombre réel qui n'y appartient pas, mais que cela ne prouve pas l'existence d'un ensemble infini non-dénombrable ; au motif que cela supposerait la totalisation du processus pour poser le non-dénombrable comme effectif. Contre quoi, on peut opposer la conception « constructiviste » : le procédé de diagonalisation, réitéré de manière indéfinie, pointe vers l'impossibilité de l'appariement de $\mathbf{N}$ et de $\mathbf{R}$. Cela même suffit, en dehors de la totalisation effective du processus, pour prouver que $\mathbf{R}$ est de puissance strictement supérieure à $\mathbf{N}$ et est indénombrable.

De plus, comme nous venons de l'indiquer, la preuve de l'existence d'un ensemble de cardinalité supérieure à $\mathbf{N}$ n'est pas nécessairement suspendue à cette tentative de bijection réciproque entre le continu géométrique et un ensemble infini dénombrable. Le procédé des « segments emboîtés » en témoigne. Mais il est vrai qu'il est également suspendu à un raisonnement par l'absurde.

Bachelard eut donc admis le cardinal de $\mathbf{R}$ comme infini indénombrable et comme recouvrant, par sa puissance, le continu d'une droite géométrique. Mais reste qu'il n'aurait pas accepté les « ordinaux transfinis » de classe II de Cantor¹⁰³. Notamment, en suivant les critiques constructivistes de Borel¹⁰⁴, il aurait contesté le second principe de formation de ces nombres. Ce que nous allons expliciter précisément.

La série constituée par l'ensemble infini ou, plutôt, « indéfini » des entiers naturels repose sur un premier principe de formation : l'opération additive, répétée indéfiniment d'unités entre elles. Ces entiers forment les ordinaux de classe I. Le second principe de formation propre aux nombres de la classe II consiste, par une décision intellectuelle, de

¹⁰² Pour un exposé pédagogique du procédé de diagonalisation, voir J.-P. Belna, *Cantor*, Belles lettres, 2000, p.85; voir également J.-C. Dumoncel, *Philosophie des mathématiques*, Ellipses, 2002, p.13. Pour le procédé des « segments emboîtés », J.-P. Belna renvoie à Dauben. J.W., *Georg Cantor, His mathematics and philosophy of infinite*, Princeton Univ. Press, 1979.

¹⁰³ Cf. *Fondements d'une théorie générale des ensembles* (1883), traduction partielle : *Acta mathematica* 2, 1883, p.381-408. Traduction partielle : par J.C Milner, *Cahiers pour l'Analyse*, 10, p. 35- 52.

¹⁰⁴ Cf. *Leçons sur la théorie des fonctions*, Gauthier-Villars, (2^e éd, 1914), réimpression éditions Jacques Gabay, 4^e édition de 1950, 2003.

faire comme si la série totale des nombres de la classe I était donnée pour poser un nombre ordinal, déclaré supérieur à tous ceux qui précèdent, et auquel s'applique l'opération additive. La deuxième série de nombres de classe II dépasse et clôt la première série. Mais le second principe de formation peut continuer à fonctionner sur toutes les séries de la classe II. Les séries successives de classe II sont donc elles-mêmes, en tant que séries de nombres ordinaux transfinis, indéfinies.

Le second principe de formation suppose donc qu'on se donne idéalement un ensemble « infini actuel », une totalité d'éléments en nombre infini. Ce qui contredit la conception constructiviste qui ne reconnaît comme légitime que « l'infini potentiel » ; c'est-à-dire la construction de l'infini à partir du fini.¹⁰⁵ La position de Cantor serait qualifiée de « platonicienne »¹⁰⁶ ou de « réaliste dogmatique » rigoureusement antithétique du « réalisme construit » de Bachelard qui signifie que l'on tient pour réellement existant ce qui est réalisé mathématiquement par un processus opératoire.

Il nous reste à considérer et à légitimer le rapprochement du « constructivisme » de Bachelard avec l'intuitionnisme de Brouwer quant au rôle de « l'intuition intellectuelle », notamment au fondement de l'arithmétique.

Que ce soit les qualités¹⁰⁷ ou les quantités continues, toutes peuvent être appliquées¹⁰⁸ « sur les différents degrés de la quantité discrète qui constitue le schéma parfait et lumineux de l'ordre »¹⁰⁹. L'ordre au principe de la mesure de toute quantité signifie que l'arithmétique est la base des mathématiques. Ainsi, interroger le fondement de la théorie ordinale des nombres entiers, c'est interroger le fondement même des mathématiques. L'enjeu est important.

Comment les nombres ordinaux entiers sont-ils engendrés ? Dans la perspective constructiviste de Bachelard le procédé opératoire domine toute matière. Celle-ci, en arithmétique, est même créée, ainsi qu'en témoigne la constitution des différents groupes et corps de nombres. L'addition est cette opération fondamentale qui construit le nombre à partir de l'unité. « Au commencement il y a l'unité, puis vient l'addition de l'unité avec elle-même, et en troisième lieu, par définition, le nombre 2. »

¹⁰⁵ Borel, d'une part, tentera de montrer, en prenant la série des entiers naturels comme exemple de nombres de classe I, que les nombres ordinaux transfinis de Cantor se réduisent à un « procédé de rangement des nombres entiers » (cf. *Leçons sur la théorie des fonctions*, quatrième édition (1950), éditions Jacques Gabay, 2003, p.169) et qu'ils n'ont rien de « transfinis ». D'autre part, il se ralliera à la théorie des « ordres types de croissance fonctionnelle » de Paul du Bois-Reymond (1831-1889) qui a créé une théorie des corps de nombres non archimédiens (c'est-à-dire, en l'occurrence : on ne peut passer d'une série de nombres à l'autre par un simple procédé additif) en utilisant des « nombres fonctions » dont les nombres ordinaires ne sont que des applications et dont la vertu principale est d'engendrer des nombres transfinis, tout en faisant l'économie du second principe de formation de Cantor. Pour tout cela : l'excellent article de J.C. Chirollet, « **les nombres inaccessibles dans l'œuvre d'Emile Borel** », in *Cahiers philosophiques* n° 91, juin 2002, éditions Delagrave).

¹⁰⁶ Ce pourquoi, par opposition, les constructivistes de l'école française se désignaient parfois comme « empiristes » ou « réalistes » (cf. Borel, *Ibid.*, op.cit, note IV, p. 169-170).

¹⁰⁷ Pour la démonstration : cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 30 et sq.

¹⁰⁸ L'application pour Bachelard consiste toujours à ramener un domaine quantifié au domaine arithmétique.

¹⁰⁹ *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 193.

La composition additive de l'unité avec elle-même est bien une construction, un acte synthétique, qui est *a priori* car il ne relève en rien d'un constat empirique d'une propriété donnée ou d'une quelconque activité empirique. Le nombre est une construction *a priori* et l'ensemble des entiers est bâti sur la présomption de la validité de l'itération indéfinie de l'addition d'une unité à d'autres unités précédentes. Cette procédure fonde un ordre asymétrique entre les nombres. Donc, loin de tout « empirisme conceptualiste » ou d'un « réalisme platonicien », le nombre est une « synthèse d'actes » de pensée¹¹⁰. Objectivé opératoirement, il est une réalité construite ; bref : un être de raison.

Mais, dira-t-on, d'où provient l'unité elle-même qui est au commencement du processus ?

L'unité n'est pas donnée. Elle a son origine dans un acte de pensée. La construction *a priori* des entiers naturels n'est possible comme telle que parce que le cours du devenir de l'esprit est marqué par ces actes. Une unité identique à la première est ajoutée par un acte de volonté à la précédente¹¹¹.

Ainsi l'unité arithmétique sans qualité est posée par une impulsion de « la volonté pure »¹¹² qui marque dans son propre devenir temporel sa capacité arbitraire de commencer une action. À cette discontinuité temporelle novatrice, s'associe l'acte opératoire de l'addition de l'unité avec elle-même qui est non moins novatrice, puisqu'il construit l'ensemble ordonné des nombres entiers. Mais, bien sûr, celle-ci présuppose, avant même l'acte de synthèse d'une unité avec une autre, la représentation de deux unités juxtaposées, c'est-à-dire de deux marques temporelles, de deux discontinuités dans le devenir spirituel. Plus subtilement, on pourra dire que la deuxième unité est présumée temporellement comme étant le double de la première.

Par le procédé opératoire d'addition Bachelard se rapproche de la « genèse idéale » des nombres entiers de Poincaré, selon lequel « l'intuition » de $n+1$, c'est-à-dire la certitude de pouvoir toujours ajouter une unité aux unités précédentes, est une construction synthétique *a priori* qui est une structure inhérente à toute notre activité. Sauf à préciser que Bachelard insisterait plus sur la dimension arbitraire, décisionnelle et libre de l'opération additive.

Par la référence à l'acte qui pose l'unité dans le temps Bachelard est très proche de « l'intuition intellectuelle » que Brouwer place au fondement de l'arithmétique. Thèse fondamentale de Brouwer, élaborée dès 1907, mais dont Bachelard n'aura pas connaissance. Le nombre entier repose sur une certaine intuition de glissement du temps dans la durée introspective. « Par ce glissement de temps l'instant présent devient passé ; de cette expérience de scission d'une unité en deux éléments (penser à Aristote : « l'acte sépare »), l'un qui s'enfonce dans le passé, l'autre qui s'écarte vers l'avenir, s'extraît la reconnaissance du deux en un, intuition originaire des mathématiques, d'où sort, par

¹¹⁰ *Ibid.*, p.174.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 175.

¹¹² *Ibid.*, p. 175.

itération, la suite des entiers que nous marquons au moyen de chiffres, puis, progressivement toutes les conceptualisations mathématiques qui forment le monde intérieur du sujet. »¹¹³

Bachelard et Brouwer se réfèrent à la durée intérieure de l'esprit. Le discontinu de l'unité apparaît sur fond de continuité temporelle. La différence entre Brouwer et Bachelard est que pour Brouwer « l'intuition originaire » est, pourrions-nous dire, une « symbolisation révélatrice » d'un sujet créateur à partir d'un mouvement du temps lui-même dont le « soi » fait l'expérience. Pour Bachelard l'unité produite, et qui est reproductible, est bien une « marque » temporelle, une discontinuité qui apparaît sur fond de devenir spirituel apparemment continu¹¹⁴, mais cette unité est construite par l'acte d'une volonté une, transparente à elle-même et « pure » en ce qu'elle ne répond à aucune motivation empirique. L'aspect de construction, d'acte, dépasse l'aspect de révélation, de voir. Pour faire pendant à la « symbolisation révélatrice » de Brouwer, nous parlerions volontiers pour Bachelard de « construction symbolisée ».

Quoi qu'il en soit de leurs différences, il reste que par ce fondement de l'arithmétique (et donc, selon Bachelard, de toutes les mathématiques), Bachelard se range, avant la lettre, dans le camp de « l'intuitionnisme ». Ce qui ne signifie pas qu'il en suivra ou en suivrait toutes les positions. Comme nous l'avons montré.

Simplement, de ce choix de fondement, on peut déduire qu'il s'oppose au logicisme et dépasse le formalisme.

Opposition au logicisme, en ce que l'unité ne se confond pas avec le « un » logique, c'est-à-dire l'élément singulier préservant toutes ses qualités et qui est l'exemplification d'une fonction (exemple la fonction F : femme de Socrate). Opposition au logicisme de Russell, car la réduction du nombre naturel au nombre cardinal d'un ensemble par la constitution de classes d'ensembles équipotents présuppose le nombre, notamment l'unité numérique du fait de l'abstraction des qualités des éléments des ensembles comparés.

Dépassement du formalisme arithmétique d'un Peano¹¹⁵, car si Bachelard est d'accord avec l'aspect constructif et opératoire de l'axiomatique, il confère une signification intuitive, une interprétation, à la notion primitive « d'unité », de « nombre naturel » et de « successeur ».

¹¹³ J.P. Largeault, *L'Intuitionisme*, P.U.F, p.32.

¹¹⁴ Nous verrons dans le chapitre V, « le réalisme du rythme », que cette continuité est une apparence illusoire.

¹¹⁵ L'axiomatique de Peano présente cinq axiomes :

1. 0 est un nombre naturel.
2. Si x est un nombre naturel, $S(x)$, successeur de x , est un nombre naturel.
3. Si $S(x) = S(y)$, alors $x = y$.
4. 0 n'est $S(x)$ pour aucun x .
5. Toute propriété qui vaut pour 0, et qui, si elle vaut pour x , vaut aussi pour $S(x)$, vaut pour tous les nombres naturels.

Les trois notions primitives n'ont pas de caractère logique et sont privées de significations intuitives. Elles n'ont de sens que relationnel ou extrinsèque. Dans le cinquième axiome on reconnaît le principe de récurrence qui fonde l'induction complète.

Ontologie mathématique construite et critères du réel mathématique

Nous avons affirmé qu'en 1930 Bachelard a fixé durablement sa conception épistémologique des mathématiques pures. Elle est fondamentalement « constructiviste » : les êtres mathématiques sont des entités construites, des « êtres de raison » qui reposent, de manière ultime, sur des décisions libres de l'esprit arrêtant un jeu d'axiomes qui définissent des êtres mathématiques premiers par des termes dont le sens provient de la détermination de leurs relations logiques extrinsèques aux autres termes, ainsi qu'en témoigne, exemplairement, l'axiomatisation de la géométrie par Hilbert ; et ce, conformément aux vœux de Pasch de construire la géométrie comme science entièrement déductive, sans s'appuyer sur une intuition. L'existence par soi d'un être mathématique, doué de propriétés intrinsèques qu'on aurait à découvrir, n'est qu'une apparence illusoire. L'existence d'un être mathématique non engendré par la raison ne peut être que « métaphorique », c'est-à-dire suscitée par un être d'une opacité, d'une résistance, d'une irrationalité, uniquement relative au système de la raison au sein duquel il s'insère. L'ontologie mathématique est projetée, progressive, et le « réalisme » est « construit » et « métaphorique ».

Lorsque Bachelard après *L'Essai sur la connaissance approchée* revient dans *Le Nouvel esprit scientifique*, *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine* et *Le rationalisme appliqué*, sur les mathématiques pures, on peut aisément vérifier qu'il soutient la même position épistémologique.

Moins soucieux de l'apparition des « irrationnels » dans les différents domaines mathématiques, il insiste surtout sur l'aspect constructif des mathématiques assorti d'un « effet de réel » dans l'esprit, ce qui le préserve de tout « nominalisme »¹¹⁶.

Dans *Le Nouvel esprit scientifique*, il s'agit d'insister sur l'ouverture de la raison et sa capacité à réorganiser les bases du savoir sur des formes plus abstraites, plus générales, plus extensives et dont la cohérence, la fécondité et l'amplitude déductive engendrent un effet de réel dans l'esprit.

D'une part, il présente le « jeu dialectique »¹¹⁷ de l'esprit qui fonde la géométrie non euclidienne ou, plus exactement, de nouvelles axiomatiques géométriques qui relativisent et « déconcrétisent »¹¹⁸ la géométrie euclidienne en indiquant que celle-ci repose sur une construction de la raison et non sur une constatation intuitive (formelle ou empirique) qui l'imposerait à la raison. Le croire c'est céder à un « réalisme prématuré »¹¹⁹. Quoi qu'on veuille, c'est-à-dire, — quelle que soit la compréhension intuitive que nous avons du point, de la ligne, de la surface, du plan, — qu'en droit une décision libre préside aux axiomes de la géométrie euclidienne.

¹¹⁶ Entendons par-là que, pour Bachelard, les mathématiques pures, et notamment les axiomatiques, ne sont pas uniquement des « langues », éventuellement vide de sens.

¹¹⁷ *Le Nouvel Esprit scientifique*, op.cit, p. 23.

¹¹⁸ *Ibid.*, p.31.

¹¹⁹ *Ibid.*, p.25.

D'autre part, il indique une « pangéométrie »¹²⁰, comme synthèse de l'esprit, qui transcende chacune des géométries axiomatisées et en dégage la structure de groupe¹²¹ pour fonder leur correspondance logique réciproque et leur place au sein d'une hiérarchie des systèmes géométriques allant du plus particulier au plus général, comme nous allons le préciser.

Prenant acte de l'axiomatisation des géométries, on comprend que le réalisme mathématique ne peut être que construit. Encore une fois, les êtres mathématiques premiers dans l'ordre axiomatique n'ont pas de propriétés intrinsèques données, à découvrir et à signifier dans une définition ; leurs propriétés sont, d'abord, extrinsèques, car relationnelles : « le rôle des entités prime leur nature. »¹²². Et c'est à bon droit qu'on affirmera « que l'essence est contemporaine de la relation. »¹²³

Mais si les relations logiques entre les termes procèdent d'une décision libre de l'esprit, d'une convention arbitraire librement acceptée, qu'est ce qui justifie le réalisme, la fonction épistémologique de réalité à l'égard des constructions mathématiques et, singulièrement, des diverses géométries axiomatisées, puisque « la multiplicité des géométries contribue à déconcrétiser chacune d'elles »¹²⁴ et que les premiers termes des axiomatiques sont vides de sens ?

Trois critères du réel sont avancés. L'un est posé par analogie avec ce qui est tenu pour réel dans les sciences de la nature : « d'une manière générale, ce qui se retrouve vraiment le même dans les applications les plus diverses, voilà ce qui peut servir de fonds pour la définition de la réalité matérielle. Il en va tout de même quand on va à la recherche de la réalité mathématique. »¹²⁵ Un deuxième ajoute que nous croyons avoir affaire à une réalité lorsque nous avons « la conviction qu'une entité dépasse son donné immédiat ou, pour parler plus clairement, c'est la conviction que l'on trouvera plus dans le réel caché que dans le donné évident. »¹²⁶ Critère rappelant celui de Meyerson et qui vaut non seulement pour l'expérience commune, mais également pour l'esprit mathématique. Le troisième est plus formel : la réalité comme « totalité » répond au critère de « cohérence ».

Comment comprendre ces critères et comment s'articulent-ils à celui de *l'Essai sur la connaissance approchée* ?

Le premier critère épistémologique retient pour signe du réel la persistance d'un « même », la permanence d'une identité au sein des transformations physiques¹²⁷. De façon analogue, une entité, une notion d'une axiomatique, qui peut s'insérer dans plusieurs

¹²⁰ *Ibid.*, p.31.

¹²¹ Un groupe est un ensemble « d'éléments » (nombres, relations, opérations...) : 1) qui est muni d'une loi ou opération de composition interne et qui à tout couple d'éléments fait correspondre un troisième appartenant à l'ensemble ; 2) dont la loi est associative : $(x \perp y) z = x \perp (y \perp z)$; 3) qui admet un élément neutre : $(x \perp e) = (e \perp x) = x$; 3) et dont tout élément possède son inverse dans l'ensemble : $x \perp x^{-1} = x^{-1} \perp x = e$.

¹²² *Ibid.*, p.26.

¹²³ *Ibid.*, p.26.

¹²⁴ *Ibid.*, p.31.

¹²⁵ *Ibid.*, p.28.

¹²⁶ *Ibid.*, p.34.

¹²⁷ Ce critère est celui du réel objectivé ou connu, c'est-à-dire identifié par la raison selon Meyerson.

axiomatiques, persiste au sein de chacun de ces systèmes d'axiomes en s'enrichissant des fonctions, des relations déterminées qu'elle joue avec les autres notions au sein des axiomes. Ainsi « la mesure du réalisme mathématique se prend sur l'extension des notions plutôt que sur leur compréhension : la ligne géodésique a plus de réalité que la ligne droite. »¹²⁸ La ligne droite, au sein de la géométrie euclidienne, est une particularisation de la ligne géodésique¹²⁹ ; tout comme le cercle en est une particularisation dans la géométrie elliptique de Riemann. Les axiomatiques géométriques pouvant, grâce à la théorie des groupes, se placer dans une vaste construction de multiples groupes organisés hiérarchiquement du plus abstrait au plus concret ou du plus général au plus particulier, une notion générale, appartenant au groupe le plus général et se retrouvant dans chaque sous-groupe sous une forme particularisée, sera tenue pour avoir une réalité ou, plutôt, appelle la catégorie de réalité¹³⁰ de l'esprit mathématique, au motif que son identité est persistante, permanente à travers ses multiples applications, ses particularisations.

Le deuxième critère tient dans la résistance du réel à l'objectivation. Le donné recèle un inconnu, une opacité, une richesse qui semble résister à la conquête rationnelle et qui, précisément, appelle la « fonction réalisante », c'est-à-dire la tendance de l'esprit à projeter ce donné inconnu comme étant une réalité indépendante de la raison offerte à l'investigation ? Nous retrouvons, ici, sous d'autres termes, l'irrationalité comme signe du réel que Bachelard emprunte à Meyerson et dont nous avons vu, dans l'*Essai*, la critique en ce qu'un tel critère ne saurait fonder légitimement « un réalisme mathématique » de type dogmatique. Inutile d'y revenir. L'irrationnel mathématique, ce donné qui résiste ou paraît résister aux cadres de l'esprit mathématique, n'est qu'un produit de l'esprit, une construction de l'esprit.

Cependant, au lieu de donner, à titre d'exemple, les « irrationnels » engendrés par les opérations effectuées dans un corps arithmétique et dont l'extension créatrice d'un autre corps résout ces « irrationnels » mais en engendre de nouveaux, il considère l'effet psychologique de réalité suscité par une géométrie axiomatisée. Et c'est par-là qu'on peut le mieux comprendre le critère formel de « cohérence » pour poser une réalité spatiale.

En effet, cet exemple révèle qu'une géométrie ne peut paraître désigner une réalité spatiale que si l'esprit se la présente, se la figure comme une « totalité »¹³¹, comme une diversité cohérente, unifiée, offerte à l'investigation.

Or cela pointe, en amont de toute géométrie, les conditions formelles de cohérence comme la base du « réalisme mathématique », comme la base¹³² *sine qua non* pour que l'esprit puisse croire à la réalité indépendante de ses constructions axiomatiques.

¹²⁸ *Ibid.*, p.28.

¹²⁹ Cette ligne géodésique désigne la courbe C d'une surface telle que pour tout couple (A, B) de points de C, l'arc de la courbe qui joint A et B est l'arc de longueur minimum.

¹³⁰ *Ibid.*, p.35.

¹³¹ *Ibid.*, p.35.

¹³² *Ibid.*, p.32.

Qu'est-ce à dire ? De quelle cohérence formelle s'agit-il ? Il s'agit de celle d'une structure de groupe. Toutes les géométries axiomatisées peuvent être ramenées, réduites à un groupe qui combinent des transformations rationnelles, des opérations sur des éléments tout en conservant un « invariant ».¹³³ Ainsi le « groupe des déplacements » laisse invariants les dimensions d'une figure (donc les distances) à travers ses déplacements, ainsi que ses angles, ses parallèles, ses droites. Le « groupe des similitudes » est plus général, il permet d'agrandir les figures tout en préservant leur forme, c'est-à-dire les mesures des angles. Le « groupe affine » ne conserve que les parallèles et le « bi-rapport »¹³⁴. Le « groupe projectif », quant à lui, conserve les droites et le « bi-rapport », mais non les parallèles et les angles. Enfin, le « groupe des homéomorphies », — dont tous les autres groupes sont des sous-groupes inclus les uns dans les autres, — ne conserve entre les figures qu'une correspondance bijective entre leurs points de telle sorte que celles-ci sont modifiables de manière élastique.

Ainsi, toutes les géométries axiomatisées apparaissent comme les produits d'une construction hiérarchique et déductive reposant sur la forme générale et abstraite qu'est la structure de groupe. Or, la caractéristique frappante d'une structure de groupe, c'est la cohérence qu'elle introduit dans un ensemble en ce que celui-ci forme une totalité en expansion autorégulée par des lois de composition interne opérant sur les éléments de cet ensemble.

Les axiomatiques répondant à une structure de groupe sont donc cohérentes. Les axiomes indépendants les uns des autres, c'est-à-dire non déductibles les uns des autres, sont en nombre suffisant pour que « le corps des relations » axiomatiques¹³⁵ engendre une totalité autorégulée de transformations avec conservation d'un « invariant », ce qui revient à permettre la représentation d'une totalité complète¹³⁶ et ordonnée de points spatiaux lorsque les termes mêmes des axiomes parviennent à être figurés, schématisés, et donc parviennent à recouvrir une intuition ou encore à prendre la forme d'une intuition¹³⁷. « L'effort poétique des mathématiciens »¹³⁸ consiste, précisément, dans cette concrétisation

¹³³ F.Klein, Cayley et Laguerre ont découvert le rôle des transformations conservant un invariant. F.Klein, en 1872, dans son fameux programme d'Erlangen, fit apparaître les géométries comme l'étude d'invariants de groupes de transformations opérant sur des ensembles de points.

¹³⁴ Le birapport de quatre points alignés est défini par $(A, B, C, D) = \frac{CA}{CB} : \frac{DA}{DB}$. Le birapport de quatre droites concourantes du plan est le birapport de leurs quatre points d'intersection avec une autre droite Δ .

¹³⁵ *Ibid.*, p.34.

¹³⁶ Bachelard emprunte la notion à G. Juvet ; « l'axiomatique d'une géométrie ne sera complète que si elle est vraiment la représentation exacte d'un groupe, tant qu'on n'a pas trouvé le groupe qui la fonde en raison, elle est incomplète ou peut-être déjà contradictoire. » (cf. *La Structure des nouvelles théories physiques*, Félix Alcan, 1933, p. 169). Une géométrie cohérente et complète est la représentation d'un groupe. Ces axiomes indépendants sont en nombre suffisant pour s'articuler de façon non-contradictoire pour engendrer un système d'éléments dont le jeu des relations enrichit le système sans jamais en sortir.

¹³⁷ C'est évident pour la géométrie euclidienne axiomatisée. Mais d'autres axiomatiques géométriques pourront également être interprétées, schématisées, en empruntant à l'intuition sensible, à la perception, alors même que l'esprit produisant l'axiomatique « refoule l'intuition » (cf. *Le Nouvel esprit scientifique*, p.36). « L'euclidisme reste la pensée ingénue, celle qui servira toujours de base à la généralisation. » (Cf. *Ibid.*, p.36). L'esprit du mathématicien, produisant une axiomatique, est donc toujours travaillé par une référence à l'intuition sensible, mais il affecte de n'en rien savoir. « Il sublime l'expérience » (cf. *Ibid.*, p.36) et rompt avec la valeur épistémologique de réalité accordée à l'euclidisme.

¹³⁸ *Ibid.*, p.35.

psychologique qui schématise, figure et interprète l'axiomatique pour lui donner un référent, une « valeur sémantique »¹³⁹. La construction axiomatique fondée sur la cohérence formelle d'une structure de groupe donne alors un effet de réel, « l'impression d'une totalité »¹⁴⁰ douée de « cohésion objective »¹⁴¹. En d'autres termes, la totalité ordonnée de points paraît être un donné inconnu offert à l'investigation. Ce qui nous reconduit au second critère du réel : celui de la « résistance » du réel. Mais, si cette totalité « joue le rôle d'une réalité »¹⁴², elle n'est pas une réalité effective transcendant l'esprit mathématique. Le réalisme mathématique est donc bien de « construction » et non de « constatation ». Et ce, non seulement par sa base formelle : la cohérence de « l'idée de groupe »¹⁴³, mais par l'effort poétique, « créateur, réalisateur »¹⁴⁴ qui interprète la syntaxe qu'est une axiomatique pour lui donner un sens intuitif, un référent qui, métaphoriquement, peut passer pour une réalité transcendante.

« Persistance » d'une identité à travers de multiples groupes d'application, « résistance » d'un « donné riche et inconnu qui suggère un réel caché », « cohérence formelle » d'un groupe au fondement de l'axiomatique qui se double d'un effort de schématisation réalisante dans l'esprit du mathématicien offrant une totalité intuitive qui joue le rôle de réalité, voilà qui justifie la nécessité épistémologique de recourir à la catégorie de « réalité » pour caractériser les êtres mathématiques. Mais, s'il est vrai que « la seule base possible du réalisme » de type mathématique se trouve dans la cohérence formelle de la structure de groupe, alors ce n'est que par un abus d'ontologie qu'ils sont réifiés, hypostasiés, dans une réalité transcendant l'esprit. La fonction réalisante de l'esprit, articulée à l'idée de groupe et à la construction axiomatique, qui entraîne l'effet psychologique de réel, est par trop évidente pour que le « réalisme mathématique » soit autre qu'un « réalisme métaphorique ».

Les critères de la réalité mathématique ne sont pas explicités dans *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, mais ils sont mis en jeu. Le réalisme mathématique en géométrie, comme « réalisme construit », articule explicitement la construction conceptuelle d'une idée, d'une « cause mathématique », à son effet réalisé sur le plan intuitif : ce qui donne, pour l'esprit, le sentiment d'avoir affaire à un réel.

Dans le dernier chapitre de *L'Expérience de l'espace et la physique contemporaine*, Bachelard distingue trois types d'espace : « les espaces généralisés », « les espaces de configuration » et « les espaces abstraits ». Si on laisse de côté « les espaces de configuration » qui sont nettement des procédés de représentation dans lesquels jouent des variables non géométriques (par exemple un graphique représentant le rapport entre la variable vitesse d'un mobile et sa coordonnée spatiale sur une droite), on peut s'interroger sur le statut des espaces purement géométriques que sont les « espaces généralisés » et les « espaces abstraits ».

¹³⁹ *Ibid.*, p.35.

¹⁴⁰ *Ibid.*, p.34.

¹⁴¹ *Ibid.*, p.34.

¹⁴² *Ibid.*, p.35.

¹⁴³ *Ibid.*, p.37.

¹⁴⁴ *Ibid.*, p.35.

Les premiers s'appuient sur l'intuition de l'espace euclidien à trois dimensions, mais, par exemple, ils ont une dimension supplémentaire. Ou encore, ils procèdent de la négation du postulat des parallèles et contredisent l'intuition familière, ce qui rend difficile l'intuition de certaines figures non-euclidiennes. Aussi bien leur construction paraît-elle « délibérément factice »¹⁴⁵ et relever d'un maniement verbal sans référence à une quelconque réalité, de telle sorte que les « nominalistes »¹⁴⁶ auraient raison de voir dans ces mathématiques, diverses langues bien faites. Mieux, ces derniers pourraient triompher « à bon marché »¹⁴⁷ contre les espaces non-euclidiens, en invoquant que les géométries non-euclidiennes ne trouvent du sens qu'à être référées aux figures de la géométrie euclidienne dans laquelle elles trouvent une « traduction » de leur langue respective.

Mais, contre le « nominalisme », Bachelard soutient le « réalisme ». La construction d'un espace à quatre dimensions n'est pas vide de toute référence à une intuition ; elle renvoie certes à une intuition sensible usuelle, « naïve », mais celle-ci est travaillée, « élargie », « savante »¹⁴⁸. Et, c'est par-là que cette construction donne un « effet de réel », c'est-à-dire de consistance et de cohésion qui interdit d'y voir une langue bien faite, mais vide de sens.

De manière plus précise, comment s'opère cette construction par l'esprit et dans l'esprit ? Reprenons les exemples de Bachelard. Le plan euclidien dans l'espace à trois dimensions est formulable algébriquement à partir d'une équation¹⁴⁹. Nous avons là, la cause algébrique, la « cause mathématique », selon l'expression de G. Bouligand¹⁵⁰ que reprend Bachelard, du plan intuitif usuel. Ce plan apparaît donc comme un « effet » de cette cause. Il est retrouvé, reconstitué à partir de cette équation algébrique qui en est la forme rationnelle. Par généralisation, on peut envisager une équation du premier degré à 4 variables. L'équation est alors celle d'un « hyperplan » dans un espace à 4 dimensions. « L'effet de réel » dans l'esprit, qui correspond à la réalisation, à la concrétisation intuitive de cette équation sera une construction opérant sur l'intuition spatiale usuelle en la travaillant pour « l'élargir », pour que ce qui se donne habituellement comme totalité de l'espace (l'espace à trois dimensions) soit « considéré » comme « hyperplan ».

Par-delà ces « espaces généralisés », qui conservent un lien avec l'intuition naïve de l'espace concret ou l'espace de l'expérience schématisée, les « espaces abstraits » sont posés à partir d'axiématiques, séparées des « intuitions matérielles »¹⁵¹, des intuitions de l'expérience sensible, et procédant de conventions libres de l'esprit. Les espaces abstraits peuvent donc être multiples, pourvus qu'ils répondent à des critères formels de cohérence et de consistance que Bachelard affirma¹⁵² se trouver dans la notion de groupe initiée par

¹⁴⁵ *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, Félix Alcan, 1937, p.111.

¹⁴⁶ *Ibid.*, p.114.

¹⁴⁷ *Ibid.*, p.114.

¹⁴⁸ *Ibid.*, p.112.

¹⁴⁹ Equation du premier degré à 3 variables : $ux + vy + wz = 1$. (Cf. L. Godeaux, *Géométries*, A. Colin, 1960, p.158-159).

¹⁵⁰ Bachelard ne donne pas de référence, mais il s'agit de : *La Causalité des théories physiques*, G. Bouligand, 1934, Hermann.

¹⁵¹ *Ibid.*, p.121.

¹⁵² Cf. *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, pp. 43-44.

Galois. Et il n'est pas nécessaire qu'un tel groupe recouvre ce qui nous apparaît, naïvement et concrètement, comme l'espace, pour qu'il puisse engendrer en notre esprit un « effet » nous permettant de lui donner sens : celui d'une totalité ordonnée d'éléments (à minima : des points), faisant figure de réalité donnée dans une intuition résolument « savante »¹⁵³.

Une telle justification du « réalisme mathématique » comme « réalisme construit » est une nouvelle fois assumée dans *Le Rationalisme appliqué*. Avec peut-être une inflexion : par analogie avec les phénomènes reconstruits sur le plan expérimental à partir d'une idée théorique, les êtres mathématiques sont posés comme « phénomènes » construits par une « cause rationnelle ». Le réalisme mathématique devient explicitement un réalisme de « réalisation de la raison ».

C'est une telle position que tient Bachelard lorsqu'il choisit de souligner le rôle inducteur de la raison dans les mathématiques pures, ainsi que le statut ontologique des « identités » les plus générales que découvre le mathématicien à l'issue de cette induction.

Tout comme l'esprit mathématique peut dialectiser la géométrie euclidienne en proposant des géométries non euclidiennes¹⁵⁴, il peut produire une induction vers des groupes de plus en plus abstraits, correspondant chacun à un type de géométrie et s'emboîtant les uns dans les autres ; et ce, jusqu'à induire la forme générale et totalement abstraite de groupe au titre de « cause formelle » de toutes ces axiomatiques. En d'autres termes, l'esprit peut induire la « cause profonde »¹⁵⁵, la « cause rationnelle »¹⁵⁶ qui rend compte précisément de manière rationnelle et apodictique du théorème de Pythagore.

Il trouve cette « cause profonde » en suivant la leçon de G. Bouligand¹⁵⁷ qui procède à l'extension du théorème de Pythagore au-delà des formes carrées dessinées sur les côtés du triangle rectangle. Il suffit que les figures (S' , s'_1 , s'_2) portées sur les côtés du triangle rectangle soient similaires, car l'aire de chacune des figures (S' , s'_1 , s'_2) est suivant leur grandeur respective : proportionnelle à l'aire totale du triangle rectangle (S) ; proportionnelle à l'aire du plus grand triangle (s_1) contenu dans le triangle rectangle lorsqu'on divise celui-ci par sa hauteur projetée sur l'hypoténuse ; proportionnelle enfin à l'aire du deuxième petit triangle contenu dans le triangle rectangle (s_2). Et, ajout essentiel : toutes ces proportions sont égales entre elles :

On conclut aisément de $S = s_1 + s_2$ que $S' = s'_1 + s'_2$; soit : le théorème de Pythagore si les surfaces en question sont des carrés.

¹⁵³ *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, op.cit, p.112.

¹⁵⁴ Il est à noter que les géométries non euclidiennes ne sont pas plus abstraites ou plus générales que la géométrie euclidienne. Elles n'appartiennent pas à des groupes subordonnés respectivement les uns aux autres. Klein démontrera que les géométries non euclidiennes sont des types particuliers de géométrie projective et qu'il n'y a que trois types particuliers de géométrie projective à courbure constante : l'Euclidienne, la Riemannienne (elliptique) et celle de Bolyai- Lobatchevski (hyperbolique).

¹⁵⁵ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 91.

¹⁵⁶ *Ibid.*, p. 94.

¹⁵⁷ Bachelard ne donne pas de référence, mais il s'agit de : G. Bouligand, *Premières leçons sur la théorie générale des groupes et ses applications à l'arithmétique, à l'algèbre, à la géométrie*, 1935, Vuibert.

Cette « cause profonde » qu'est la « similitude » constitue une identité générale et proprement germinale¹⁵⁸ qui, — au sein d'un groupe de déplacements comme la géométrie euclidienne ou d'un groupe de similitudes¹⁵⁹ préservant l'orthogonalité, — peut se particulariser en de multiples formes autour d'un triangle rectangle et dont toutes vérifient démonstrativement la pythagoricité du triangle rectangle, pourvu qu'on prenne soin de construire sur les lignes du triangle rectangle des formes similaires.

La démarche et le résultat de Bouligand conduisent Bachelard à des conclusions qui confirment que son « réalisme mathématique » est de construction, de réalisation de la raison, et non un réalisme de constatation.

Insistons sur cette démarche qui nous permet de saisir sur le vif comment la raison mathématique peut passer d'un « réalisme naïf » et « dogmatique » à un réalisme de construction, « réflexif » et « critique ».

Sa démarche ne se limite pas à et ne se confond pas avec « la méthode d'identification » telle qu'elle fonctionne traditionnellement pour démontrer le théorème de Pythagore. Démonstration que Meyerson tient pour exemplaire de la méthode d'identification propre à la démarche de la raison¹⁶⁰ et que Bachelard expose. Cette méthode d'identification consiste à repérer sur la figure d'un triangle rectangle portant des carrés sur ses côtés, des formes identiques, fussent-elles implicites, qui se recouvrent donc par congruence, puis à déterminer les surfaces inscrites dans les carrés auxquelles leurs propres surfaces sont égales. D'identités géométriques en identités arithmétiques on aboutit au théorème de Pythagore.

La limite de cette méthode est qu'elle se borne à constater une propriété du triangle rectangle qui semble donc trouvée et non engendrée, découverte et non construite à partir d'une cause, d'une idée, d'une loi rationnelle de construction, qui ferait du théorème de Pythagore un simple exemple de cette loi de construction appliquée au cas particulier où le triangle rectangle porte, sur ses côtés, des carrés. Mais, du coup, se limitant à la constatation, à la découverte, de cette propriété du triangle rectangle, l'esprit a tendance à croire que le triangle rectangle existe en soi, avec ses propriétés intrinsèques et ses identités absolues. « Devant une propriété aussi belle que celle découverte dans le triangle rectangle par Pythagore, la philosophie du réalisme platonicien des idées a pu se donner carrière. »¹⁶¹

Mais Bouligand¹⁶², au lieu de se limiter à l'énumération des identités qui apparaissent lorsque les trois carrés se déploient sur les côtés du triangle rectangle, va procéder par

¹⁵⁸ Bachelard écrit : « il faut beaucoup de pensées - et de pensées en ordre - pour voir que le triangle rectangle pourvu de sa hauteur n'est autre que le germe replié de la pythagoricité. » (Cf. *Le Rationalisme appliqué*, p.97).

¹⁵⁹ Le groupe des similitudes, comme nous l'avons déjà indiqué, fait varier les dimensions des figures, mais la forme de la figure reste invariante. Il s'agit du groupe principal de la géométrie euclidienne : les figures sont conservées, mais pas les distances. (Cf. Godeaux, *Géométries*, op.cit, p.134).

¹⁶⁰ Cf. *De L'Explication dans les sciences*, (1927) éditions Payot, Paris Librairie Fayard, 1995, p.145 et sq.

¹⁶¹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.90.

¹⁶² Cf. G. Bouligand, *Premières leçons sur la théorie générales des groupes et ses applications à l'arithmétique, à l'algèbre, à la géométrie*, op.cit.

extension à d'autres figures que les carrés : polygones réguliers, puis figures simplement similaires. Or ce travail d'extension permet un approfondissement en compréhension, puisque se dégage la vraie cause, la cause profonde, première et rationnelle de la pythagorité du triangle rectangle. Or, sur le plan épistémologique, la démarche de Bouligand nous fait passer d'un « réalisme mathématique naïf »¹⁶³ à un « réalisme mathématique plus abstrait »¹⁶⁴. Le premier se tient au niveau de la figure historiquement première et pose celle-ci comme une réalité par soi douée de propriétés intrinsèques offertes à l'investigation de l'esprit du mathématicien. Le second réalise « la cause profonde », la loi de construction rationnelle¹⁶⁵ de toutes les figures ou phénomènes qui illustrent exemplairement la pythagorité du triangle rectangle. Et cela ne signifie pas simplement que la « cause profonde » est tenue pour plus réelle que la figure qu'elle produit. Dire que la cause profonde est réalisée, c'est dire qu'elle produit, construit, et donc réalise sur le plan de l'intuition, ces « phénomènes mathématiques » que sont les figures vérifiant la pythagorité du triangle rectangle. A proprement parler, le théorème de Pythagore est réalisé, produit, par une démonstration apodictique à partir de sa « cause première ».

Ce passage du réalisme premier, naïf, à un réalisme second et réflexif, à défaut de pouvoir être pris sur le vif, nous dirons que nous en avons les résultats les plus généraux dans la théorie des groupes qui identifie chaque géométrie à l'étude de l'invariant d'un groupe. Bachelard, au début du chapitre V du *Rationalisme appliqué*, en fait le rappel pour indiquer que l'esprit progresse en relativisant son organisation rationnelle et, du même coup, les propriétés des objets qui s'y insèrent. Ainsi les identités, les propriétés d'une figure n'ont rien d'absolues: elles sont relatives à une axiomatique, à un point de vue, c'est-à-dire à l'organisation rationnelle d'un groupe représenté par une axiomatique. Bref, les figures dépendent d'une construction de la raison consciente d'elle-même, c'est-à-dire consciente de la relativité de sa propre organisation rationnelle dans la hiérarchie des groupes suspendue à l'idée de groupe, comme idée la plus générale, à la base même du réalisme mathématique réflexif et critique.

Le réalisme mathématique vers lequel pointe la leçon de Bouligand¹⁶⁶, mais également toutes les axiomatisations et la théorie des groupes, est donc un réalisme second, réflexif, construit et critique. Il est fait de raison réalisée, d'une raison qui atteint par induction une idée d'une grande généralité, d'une grande compréhension et qui réorganise rationnellement le savoir de telle sorte que son champ d'application est de plus grande extension. Mieux et plus : les applications sont des réalisations de la raison. L'esprit ne doit pas ignorer ce statut constructif des êtres mathématiques. Dès lors, l'effet de réel, de cohésion objective procédant de la cohérence rationnelle ne peut être que critique. C'est dire que les réalités mathématiques ne doivent pas être réifiées, hypostasiées. L'aspect

¹⁶³ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.91.

¹⁶⁴ *Ibid.*, p.91.

¹⁶⁵ Bachelard appelle cette loi ou cette cause profonde le « noumène mathématique ». Nous aurons l'occasion de revenir sur ce terme de noumène pour l'expliquer et le justifier plus amplement.

¹⁶⁶ Cf. *Supra*, chap. I, note 162.

transcendant de leur réalité n'est que métaphorique. L'ontologie construite du « réalisme mathématique » reste une projection, une construction de la raison.

En passant à l'épistémologie de la physique et à la chimie, nous allons indiquer comment, selon Bachelard, ce « réalisme mathématique » s'inscrit dans l'Être pour en façonner les strates. C'est alors que l'ontologie mathématique « projetée » pourra en même temps prendre le statut légitime d'une « ontologie extraite ». Pour Bachelard les réalisations de la raison s'inscrivent dans la matérialité objective de telle sorte que l'affirmation de la transcendance des êtres de raison n'a plus rien de « métaphysique », au sens transgressif d'un dépassement de la positivité des sciences.

Chapitre II

Physique et chimie modernes

Un réalisme ontogénique de la Relation

I

« Idéalisme constructif » et « réalisme fonctionnel »

Bachelard est avant tout épistémologue. A ce titre, il se maintient au centre de l'oscillation épistémologique qui porte la raison tantôt vers le donné indéterminé offert par l'extériorité comme irrationnel, tantôt vers l'élaboration de concepts, de cadres d'intelligibilité pouvant s'appliquer sur ce donné¹.

Les critères du réel, il les trouve, tout d'abord, dans ce double mouvement de conquête de l'objectivité, mais tel que le décrivent Meyerson et Brunshvicg. Ces critères sont : d'un côté, la permanence, la stabilité d'une identité comprise et élaborée par la raison ; d'un autre côté, l'irrationalité, l'indétermination, la diversité résistante à cette même raison.

Jusqu'en 1928 il tiendra que « l'irrationnel » est le signe principal du réel. Il s'appuie sur Meyerson pour expliciter cette thèse, mais il se limite à cet emprunt. Il refuse le « réalisme substantialiste » de Meyerson et se maintient dans le cadre de « l'idéalisme constructif » de Brunshvicg. Ce couplage permet de définir cette position épistémologique sur la chimie et la physique comme étant un « réalisme fonctionnel » et « sans substance ». Ce que nous allons voir dans un premier moment.

Au-delà de 1928, il va évoluer. Le critère principal du réel ne sera plus « l'irrationnel » qui s'oppose à la raison, mais le « stable », le « rationnel » posé par l'esprit scientifique et réalisé techniquement. Ce basculement du critère principal du réel marque l'évolution gnoséologique de Bachelard du « réalisme fonctionnel » vers un « réalisme de réalisation du rationnel », c'est-à-dire de réalisation technique des constructions mathématiques, qui confère aux sciences expérimentales une portée ontologique effective sans verser dans le « réalisme substantialiste » puisque, chemin faisant, il va lui substituer un « réalisme des relations » ; « relations » en quoi est censé consister l'Être. Ce que nous verrons dans deux autres moments dans lesquels se croisent, se mêlent ces deux caractéristiques du réalisme que retient Bachelard pour définir sa position gnoséologique, c'est-à-dire le rapport de la pensée avec l'Être.

Commençons par exposer respectivement l'épistémologie de Meyerson, puis celle de Brunshvicg quant au rapport de la raison au réel.

Le réel chez Meyerson prend deux formes :

¹ Cf. *Essai sur la connaissance approchée*, Vrin, seconde édition, 1968, p. 260.

-1° La diversité phénoménale donnée dans sa différence par rapport à la raison et qui s'impose comme irrationnel, non déductible, non identifiable.

-2° l'identité rationnelle hypostasiée par la raison et qui explique le donné phénoménal.

Le réel oscille de l'identité à la différence ; mais, dans le dialogue entre la raison et l'expérience, c'est le pôle du donné irrationnel qui joue le rôle du réel et qui appelle la fonction ontologique. En effet, le réel est d'abord un ordre signifié par sa « résistance » à la raison. L'identité rationnelle est, bien plutôt, une réduction par explication.

Mais si la science comme processus de connaissance rationnelle du donné mène « ses explications au bout »², elle finit par détruire la réalité ontologique qu'elle rencontre ; c'est-à-dire qu'elle la déduit, elle l'explique à partir d'une autre chose qui, tout en restant autre, lui est identique sous un certain rapport.

Mais, dès lors, comment maintenir la réalité par-delà l'irrationalité de fait qui sans cesse apparaît dans la connaissance ? Pour affirmer une réalité en-soi, il faut poser une limite constante, de droit, à l'effort de rationalisation ; bref : des inconnaissables.

Or, de tels irrationnels définitifs sont admis par Meyerson au motif qu'ils sont rencontrés par la raison comme des limites indépassables.

Ainsi :

- 1- L'espace à trois dimensions est de l'ordre d'un donné, d'un fait indéductible, inexplicable³. Même le mathématicien travaille dans une « représentation » à trois dimensions dont il ne peut s'affranchir.
- 2- Le contenu qualitatif des sensations n'est pas explicable à partir du mouvement des éléments excitants les nerfs ou la physiologie des nerfs, non plus que par le cerveau. « Aucune théorie visant à déduire ce qu'il y a de spécifique pour nous dans la sensation de rouge »⁴ ne pourra jamais exister.
- 3- L'action transitive en mécanique par laquelle s'opère la transmission du mouvement d'un objet à un autre à la suite d'un « choc ».
- 4- Le principe de Carnot, qui indique que l'énergie d'un système fermé se dégrade qualitativement de manière irréversible, reste irrationnel pour la raison qui, identifiant cause et effet, annule la temporalité et admet constamment la réversibilité d'un état vers un autre⁵. La tentative de rationalisation de ce principe échoue d'ailleurs sur le nouvel irrationnel qu'est la probabilité, presque nulle,

² Meyerson, *De L'Explication dans les sciences*, (1927) Fayard, 1995, p. 75.

³ *Ibid.*, chap. VI.

⁴ *Ibid.*, p. 238.

⁵ *Ibid.*, chap. V.

pour un système fermé, de passer d'un état d'entropie supérieur à un état d'entropie inférieur⁶.

- 5- Enfin, le fait même de la double diversité spatiale et temporelle est un fait indéductible. Si l'espace, auquel la matière finit par être identifiée, est conçu comme un ensemble de points discrets expliquant les configurations matérielles, reste que ces points eux-mêmes sont indéductibles. Il en va de même pour la différenciation temporelle. Le principe de Carnot nous pousse à reconnaître une vectorisation du temps de l'univers qui échappe à la raison.

Le réel recelant une irrationalité foncière est donc toujours prêt à résister à la raison humaine, à déborder le rationnel de la raison par son opacité et à appeler la tendance ontologique. La science, fût-ce de manière ultime, s'appuie donc toujours sur un résidu d'irrationalité en toute théorie pour soutenir le postulat de réalité. Maintenir le réel dans sa différence d'avec l'identité de la raison, c'est maintenir la phénoménalité comme un pôle constamment renouvelé d'irrationalité, d'inconnu inépuisable, d'opacité insondée, voire insondable, puisque précisément l'irrationalité est posée comme une limite de droit. Par ailleurs, la raison, en expliquant les lois phénoménologiques par des identités, des « entités théoriques »⁷, prenant la forme de choses, de substances, de supports plus objectifs que ceux de la perception, a tendance à les hypostasier dans le réel en-soi à mesure qu'elle les construit. Les supports rendant compte des rapports sont posés comme indépendants de la sensation, de la perception, et comme permanents et auto-suffisants (exemples : électrons, atomes, molécules, énergie, masse...) dans leur réalité transcendante. En cela, Meyerson soutient un « réalisme substantialiste ».

La science a une portée ontologique. « L'ontologie fait corps avec la science et ne peut en être séparée. »⁸ L'ontologie construite n'est pas seulement « extraite » des phénomènes dans une démarche expérimentale, donc *a posteriori* et sans cesse révisable. L'ontologie est également *a priori* et générale, en ce que l'être identifié et hypostasié par la raison a toujours les caractéristiques d'une « chose », d'une « cause réelle », d'un invariant spatio-temporel et auto-suffisant, lors même que la microphysique ne permet plus, de fait, une image d'objet ou l'intuition d'un support⁹. « La science exige le concept de chose. »¹⁰

Passons à Brunschvicg.

Sur le plan pratique le réel se signifie par la résistance à l'effort de la volonté. En cela le réel se distingue de l'idéal. « Au lieu de s'effacer et de s'évanouir à notre gré, comme fait généralement l'image, le réel s'impose à nous, comme fait la sensation, et

⁶ *Ibid.*, p. 226.

⁷ Cf. *Ibid.*, chap. II.

⁸ Meyerson, *Identité et réalité*, Vrin, 5^e édition, 1951, p. 439.

⁹ Cf. Meyerson, *Du Cheminement de la pensée dans les sciences*, Alcan, 1931, pp. 74-75 et *Réel et déterminisme dans la physique quantique*, Hermann, 1933, p. 48.

¹⁰ Meyerson, *De L'Explication dans les sciences*, *op.cit.*, chap. I.

provoque de notre part, malgré nous, au besoin, un *Cela est* »¹¹; c'est-à-dire : le jugement affirmant l'existence d'une extériorité indéductible.

Sur le plan théorique, il en va de même. D'abord, le réel résiste à la pénétration de la raison. La réalité se signifie à la pensée théorique par l'expérience d'un donné indéterminé sur le plan rationnel. Le « choc » de cette matière indéterminée et irrationnelle signifie la présence d'une objectivité, d'un Autre que la pensée. La positivité de l'expérience du réel, de l'objectivité est, pour la pensée rationnelle, une négation provisoire et relative du processus d'unification, de coordination et de rationalisation de la diversité sensible par la raison inhérente au moi. Et cette négation peut survenir à différents niveaux du processus de rationalisation¹².

Sur cette base objective, et indéterminée, la raison construit des représentations d'objets : pas seulement au niveau de la perception, mais au niveau de la science qui rectifie la perception. L'objet construit est affirmé objectif du fait qu'il est ancré dans le réel : il trouve sa « racine » dans le donné indéductible, non seulement comme point d'appui de la construction conceptuelle, mais comme pierre de touche de la vérification expérimentale. Ainsi « l'objet », corrélat d'une conscience intellectuelle, de la raison universelle, est tenu pour réel pour autant qu'il est vérifié expérimentalement par un fait dont une part de contenu échappe à la construction de la raison et lui résiste. « C'est là dans l'apparition de ce choc, que réside l'objectivité du fait scientifique et la racine de toute objectivité. L'esprit le constate comme une limite à la liberté de ses conceptions ; c'est la part de ce qu'il ne fait pas dans ce qu'il fait. »¹³

Mais entre l'affirmation qu'il y a un être, à partir de l'expérience vague et massive d'un non-moi, et l'affirmation de l'être d'un objet construit et vérifié expérimentalement, n'y-a-t-il pas une différence et une légitimité plus grande à affirmer la transcendance de l'objet construit scientifiquement ?

Brunschvicg ne pense pas qu'il faille placer l'objet scientifique, —fût-il le mieux vérifié et le mieux inscrit dans la totalité cohérente du monde construit par la science, — dans une transcendance effective à la pensée.

L'idéalisme rationnel et constructif de Brunschvicg tient que « la réalité n'est point séparée de l'esprit ; elle est engagée dans son développement intérieur ; elle se transforme avec lui et passe tous les degrés de sa vivante évolution. »¹⁴ Dès lors Brunschvicg refuse le « réalisme substantialiste » qui consiste à admettre dans le réel en-soi des sujets substantiels portant un certain nombre de propriétés, d'attributs que la pensée refléterait et aurait à refléter. Exemple contre ce réalisme : « L'atome est un symbole, et la théorie atomique est uniquement un système de représentation qui s'adapte aux découvertes faites

¹¹ Brunschvicg, *La Modalité du jugement*, Alcan, 1897, p.118.

¹² Cf. *Ibid.*, p. 583.

¹³ Brunschvicg, *L'Idéalisme contemporain*, Alcan, 1905, p. 145.

¹⁴ *La Modalité du jugement*, op.cit, p.229.

jusqu'ici. »¹⁵ Autrement dit, l'atome n'est « substance » qu'au sens logique. Il est sujet logique, centre, foyer de multiples déterminations rationnelles de phénomènes qui se coordonnent dans le jugement scientifique. Sa substantialité lui vient de son rôle dans le jugement. Et ce n'est que par une illusion subreptice que le jugement prétend avoir pour copule l'être substantiel, l'être en tant qu'être. Le « sujet », support des attributs, est bien posé par l'esprit et non imposé à l'esprit. Cependant cette « position » n'est pas le fait d'une liberté souveraine. Si l'objet est affirmé comme réel, c'est qu'il trouve sa racine dans une expérience : celle d'une « objectivité » qui résiste à la rationalisation.

L'être réel atteint par la science est donc toujours un mixte, un compromis entre deux mouvements : le mouvement d'une raison qui cherche à ordonner, organiser, fixer, stabiliser le donné indéterminé, irrationnel, incohérent qu'elle reçoit de l'extériorité ; le mouvement inverse de la raison qui, constituant des cadres vides d'intelligibilité, cherche à les remplir.

L'être réel est « fonction » de ce point d'arrêt provisoire dans ce double processus d'approximation du donné irrationnel à la raison et de la quête d'un donné par la rationalité *a priori* de la raison.

Les conceptions de Brunshvicg et de Meyerson ont constitué les deux références par rapport auxquelles Bachelard a dégagé sa première position épistémologique originale.

En 1927, Bachelard suit « l'idéalisme constructif » de Brunshvicg. Idéalisme associé à un « réalisme fonctionnel » s'appuyant sur l'irrationalité du donné pour affirmer une réalité étrangère à l'esprit. Mais il enrichit opportunément cette notion d'irrationalité en s'appuyant sur Meyerson. Cependant, contrairement à Meyerson, il n'affirme pas une irrationalité de droit : l'existence d'irrationnels définitifs. De plus, il refuse le « réalisme substantialiste » de Meyerson qui consiste à croire que le réel est constitué de « choses » de « substances » dans tous les domaines de phénomènes étudiés, quelle que soit leur échelle d'observation.

Précisons cela en suivant la question des critères du réel, puisqu'ils décident du rapport de connaissance de la pensée à l'Être, c'est-à-dire de la gnoséologie de Bachelard.

II

Le réalisme fonctionnel sans substance

Dans son *Essai sur la connaissance approchée*, de même que dans sa thèse complémentaire¹⁶, la réalité est reconnue, posée à partir de deux caractères nettement fixés.

¹⁵ *Ibid.*, p. 141.

¹⁶ *Etude sur l'évolution d'un problème de physique, La propagation thermique dans les solides* (1928), Vrin, seconde édition, 1973.

Le premier caractère est la « permanence »¹⁷. Cette permanence permet de se repérer. Elle permet d'agir, de conceptualiser. A contrario, une multiplicité irrémédiablement chaotique empêcherait de constituer un monde, une représentation organisée¹⁸.

Le second caractère est la « résistance » du réel à la rationalisation. A supposer la totale transparence rationnelle du donné, le réel s'évanouirait dans la pensée ; il manquerait de « solidité »¹⁹. Symétriquement, à supposer qu'il fût totalement chaotique, la pensée elle-même sombrerait dans le néant. Ce deuxième caractère indique un non-moi, un donné irrationnel qui ne s'offre donc ni comme l'incarnation parfaite d'Idées platoniciennes ou comme matière donnée transparente aux formes *a priori* de notre pensée, ni comme un pur chaos défiant toute possibilité de rationalisation.

Ce qui possède ces deux caractères peut donc jouer le rôle de réel et appeler la « fonction réaliste » de la pensée, c'est-à-dire la fonction par laquelle la pensée pose un être réel transcendant la pensée.

Le réel est un mixte. Cependant des deux caractères, Bachelard considérera, jusqu'en 1929, que le caractère primordial est « l'irrationalité ».

Pour bien saisir les raisons de la primauté de ce caractère, il faut appréhender la définition du réel au sein même du mouvement épistémologique d'objectivation du réel ; plus précisément : du mouvement d'approximation de la réalité par la pensée du physicien ou du chimiste.

La pensée du physicien affirme le réel dans un processus analogue à celui de la pensée mathématique. Rappelons-nous : en 1929, l'être mathématique est posé comme réel, comme être transcendant la pensée, fût-ce de manière métaphorique, lorsque cet être est rencontré comme « irrationnel » à partir d'un « corps d'explication » et qu'il s'offre dans une approximation indéfinie comme limite d'une série convergente d'éléments appartenant à ce corps explicatif. Un être physique, un objet physique est posé comme réel, dans la mesure où l'objet, défini à partir d'un donné rationalisé comme un centre stable de prédicats coordonnés et synthétisés, offre néanmoins, dans sa dimension de donné phénoménal, une résistance, un obstacle à sa pleine et entière détermination²⁰. Par exemple, un « gaz parfait » est la réunion de variables phénoménologiques prises à grande échelle. Il est le premier terme d'une série d'approximations qui vont faire intervenir en seconde approximation d'autres variables plus fines pour déterminer ce qu'est un gaz.

Quoi qu'il en soit, la détermination de l'objet a beau se déployer selon le rythme d'une approximation indéfinie, il reste toujours du « détail »²¹ qui résiste. Les mesures, par exemple, n'atteignent jamais l'exactitude. Elles doivent intégrer une marge d'erreur

¹⁷ Cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 276.

¹⁸ A propos des phénomènes microphysiques, cf. *Ibid.*, p. 257.

¹⁹ *Ibid.*, p. 276.

²⁰ Cf. *Ibid.*, pp. 102-103.

²¹ *Ibid.*, p. 275.

calculable en rapport avec l'ordre de grandeur sur lequel travaille le physicien et qui ne « pèse » pas sur le résultat d'ensemble. De même en chimie, la « pureté » d'une substance n'est pas absolue, mais en rapport avec des procédures qui mesurent ce degré de pureté et pour autant que « l'impureté résiduelle »²², c'est-à-dire la présence qualitative d'un autre corps chimique, n'intervient pas dans les interactions chimiques analysées.

Un « a peu près »²³ est donc consubstantiel à toute détermination d'un objet physique placé sur l'axe d'une approximation. Mais cet échec partiel, cet irrationnel, ce négatif, auquel la raison n'accède pas²⁴, joue un rôle positif : il permet de poser l'objet, pensé comme une coordination de prédicats et visé par une approximation quantitative, dans une transcendance objective à la pensée, c'est-à-dire comme être réel. « Le procédé positif »²⁵ vient enrichir le « procédé négatif par lequel on oppose le non-moi au sujet »²⁶.

En l'occurrence, il ne s'agira pas d'affirmer l'existence d'une réalité « massive, obscure, faite entièrement de notre ignorance »²⁷, puisqu'il y a approximation. Il s'agira de postuler le pôle limite de l'approximation rationnelle comme être réel, et, dans le même temps, d'affirmer comme « réel » ce qui est « vérifié », au détail près, par la connaissance approchée.

Est posé comme objet réel, ce qui est objectif, vérifié, au détail près²⁸. Et ce même objet considéré en soi, — la « chose-en-soi » donc, dont on postule la réalité, — est le pôle limite de convergence de déterminations expérimentales qui répondent à un schéma d'approximation dont le caractère indéfini semble « effectif »²⁹, à l'instar d'une approximation mathématique. En ce sens, un tel pôle limite est à comprendre bien plus comme « foyer imaginaire de la convergence des déterminations » scientifiques³⁰, comme idéal normatif de la connaissance, que comme une réalité effective et autosuffisante qui serait la « cause » inconnaissable du phénomène ou des phénomènes qui sont scientifiquement déterminés et groupés organiquement dans une même approximation. « Cette chose-en-soi ne nous paraît pas dépasser l'ordre du réalisme fonctionnel dont le réalisme mathématique peut nous donner tant d'exemples. »³¹ Elle répond à une nécessité fonctionnelle de la pensée scientifique : poser la limite de l'approximation comme être réel. Elle symbolise le terme d'une science achevée d'un objet. Mais, en dehors d'un processus de connaissance, elle ne signifie rien. L'en-soi n'est jamais décrit *a priori*.

Allons plus loin pour préciser la position gnoséologique de Bachelard : la chose-en-soi ne pourra pas être définie légitimement comme étant une substance, une identité

²² *Ibid.*, p. 80.

²³ *Ibid.*, p. 276.

²⁴ Cf. *Ibid.*, p. 275.

²⁵ *Ibid.*, p. 298.

²⁶ *Ibid.*, p. 298.

²⁷ *Ibid.*, p. 299.

²⁸ Cf. *Ibid.*, p. 275.

²⁹ *Ibid.*, p. 299.

³⁰ *Ibid.*, p. 246.

³¹ *Ibid.*, p. 264.

autosuffisante, permanente dans le temps : c'est-à-dire comme le sujet d'inhérence d'un groupe de propriétés, de prédicats qui préexisterait dans l'Être et dont la pensée s'approcherait pour le refléter. Pourquoi ? Car, contrairement à l'approximation mathématique, on n'a pas la certitude que l'approximation physique ait un caractère indéfini « effectif »³². L'objet physique est, avant tout, dans l'ordre de la connaissance, un repère, un centre stable de propriétés phénoménales.

Sur le plan physique, ces propriétés phénoménales sont des qualités relationnelles en ce qu'elles sont mises en évidence par les rapports des objets entre eux. D'ailleurs « on ne s'engage sur le chemin de l'objectivité qu'en mettant deux choses en rapport... c'est l'idée même de mesure. »³³ Mais il y a plus : l'objet n'est pas autre que ses propriétés. Il se confond avec leur synthèse et n'est posé que par celle-ci : « l'intrication des objets et de leurs relations est telle que les objets eux-mêmes doivent nous apparaître comme des fonctions de la relation. »³⁴ Un objet scientifique, tel qu'une force, est défini en dynamique par la synthèse d'une masse (quantité de matière) et de l'accélération de cette masse. La force est posée comme sujet de ces attributs, mais elle n'est pas que leur simple et unique juxtaposition. Elle est relationnelle Et masse et accélération sont définies elles-mêmes par des relations³⁵.

En termes logiques, —les propriétés se confondant avec les prédicats ou attributs du sujet grammatical désignant l'objet, — la même conception s'exprime de la manière suivante : le sujet n'est pas le support de prédicats, il se confond avec la synthèse de ces prédicats qui consistent eux-mêmes en rapports, en relations.

Le sujet logique ne peut donc et ne doit pas être hypostasié en « substance réelle », en « cause réelle » préexistante dans l'en-soi recelant potentiellement la manifestation phénoménale de ses propriétés intrinsèques. Ce serait là verser dans l'illusion métaphysique du « réalisme substantialiste ». Contre quoi Bachelard soutient un « réalisme sans substance »³⁶ conforme au « réalisme fonctionnel » : un réalisme des rapports sans supports substantiels. Un « réalisme des relations » en quoi se résolvent les prédicats et les « objets ».

La thèse complémentaire s'inscrit dans cette perspective gnoséologique d'un « idéalisme constructif » et d'un « réalisme fonctionnel sans substance ». Il précise sa théorie de la connaissance de la physique comme étant un « réalisme intermédiaire ». L'accord de la pensée et des choses ne procède ni d'un réalisme immédiat de type empiriste selon lequel la pensée n'aurait qu'à organiser économiquement les données pour les comprendre, ni d'un réalisme de type idéaliste, selon lequel la pensée serait assurée par avance qu'en se déployant librement elle atteindra le réel ; ce dernier n'étant alors que l'incarnation d'Idées intelligibles.

³² *Ibid.*, p.299.

³³ *Ibid.*, p.247.

³⁴ *Ibid.*, p.252.

³⁵ Cf. *Ibid.*, p.20.

³⁶ *Ibid.*, p. 298.

Contre le réalisme immédiat de type empiriste, il soutient qu'un phénomène, comme le phénomène de conduction de la chaleur, n'est compris qu'à partir d'une organisation mathématique qui dépasse le phénomène et l'appréhende dans toutes ses possibilités.

Cette compréhension, qui dépasse l'empirisme, ne rapporte pas les données phénoménales à elles-mêmes pour en tirer par induction amplifiante des idées générales dont la coordination offrirait une compréhension rationnelle du phénomène. S'il en était ainsi, comme le souligne Bachelard, la théorie travaillerait « sur les résultats expérimentaux à la simple manière d'une mnémotechnie, elle serait solidaire des valeurs psychologiques plutôt que des valeurs rationnelles. »³⁷ Or, tout au contraire, les mathématiques vont procéder par une « induction transcendante » : des éléments mathématiques sont coordonnés selon une nécessité apodictique et le phénomène est compris comme une particularisation, une spécification de cette organisation mathématique qui en dessine la possibilité, puisqu'elle retient toutes les possibilités mêmes du phénomène.

Mais, que la coordination mathématique corresponde à la coordination des caractères du phénomène, peut conduire à un réalisme platonicien des Idées mathématiques garantissant une harmonie préétablie entre construction mathématique *a priori* et structure réelle.

Contre quoi Bachelard évoque la possibilité d'intercaler entre le monde de la matière et le monde géométrique ou algébrique des « intermédiaires » qui auraient un rôle et un caractère à la fois mathématique et physique. Ainsi, pour prendre un exemple significatif, même s'il manque d'extension puisqu'il ne recouvre pas tous les états de la matière, le cristal est à la fois une structure réelle et une forme géométrique. Plus exactement, entre le cristal réel et le cristal type, il y a peu de différence. Le cristal réel réalise le cristal type, la forme géométrique. Mais, à la lumière de ce cristal type, on ne peut soutenir l'existence effective d'un monde idéal doublant le monde réel et dans lequel existeraient des formes idéales, des essences mathématique structurant le monde sensible. Bachelard s'appuie sur le cristallographe Jaeger pour souligner que cette tentation peut être forte : « nous voilà bien près dans cette représentation mathématique des objets réels du spiritualisme de Platon et d'Aristote. »³⁸ Mais, au vrai, dans cette correspondance entre les formes géométriques et les formes cristallines réelles, au point où ces dernières paraissent être des réalisations de formes cristallines idéales et abstraites, il y a seulement « la trace » d'un « réalisme intermédiaire » qui prend acte du caractère construit et rationnel de la forme idéale, de même que du caractère géométriquement organisé des phénomènes cristallins, à une certaine échelle d'observation et pour un certain domaine de phénomènes

Bachelard n'hésite donc pas à poser qu'un cristal est une substance particulière de la matière et une structure géométrique qui explique la loi de conduction de la chaleur dans un milieu organisé selon cette structure « Quand les formes cristallines coordonnent les

³⁷ *Etude sur l'Evolution d'un problème de physique*, op.cit, p. 159.

³⁸ *Ibid.*, p. 173.

unes après les autres les domaines qui, de prime abord, apparaissent comme les plus divers, quand nous voyons le même canevas recevoir tous les dessins, comment hésiterions-nous à prendre pour marque de la fonction substance le centre d'une convergence aussi extraordinaire des qualités. »³⁹ Un cristal d'alun, par exemple, n'est sans doute pas la réalisation parfaite de son type (un octaèdre), mais il est une cellule physique, un objet réel, en fonction duquel on pense les phénomènes d'ensemble du milieu constitué par les cristaux d'alun, ainsi que les lois des agents qui agissent sur ce milieu.

Cependant, même si ce cristal d'alun est appréhendé comme étant une réalisation d'un type géométrique construit par la pensée, et de plus réifié dans le réel (l'objet cristal existe), il reste que cette structure cristalline vaut pour un ordre de grandeur, pour une échelle d'observation et pour un certain niveau de l'Être. À quoi on ajoutera, incidemment, en reprenant les travaux de Lamé sur la conduction de la chaleur dans les milieux cristallins, que si « un cristal chauffé se refroidit en fonction de sa forme ; vice versa, un cristal se forme en fonction de sa loi de refroidissement. »⁴⁰ Ce qui signifie que la substance cristalline n'est pas l'incarnation d'une essence intelligible, et qu'une théorie cinétique de sa formation (anticipée, mais non étudiée par Lamé) en fait une propriété phénoménale de type rationnel ; précisément : un agencement fonction d'une agitation ; l'organisation d'un milieu⁴¹ en fonction d'une loi.

L'originalité de la gnoséologie de Bachelard consiste en effet dans ce couplage de « l'idéalisme constructif »⁴² et d'un « réalisme fonctionnel sans substance »⁴³.

Encore une fois, de Brunschvicg, il retient que le réel est l'objectivation d'une construction de la raison qui ne cesse elle-même de se transformer, de se rectifier pour mieux appréhender le donné dans lequel elle trouve les limites des ses constructions sous la forme d'un irrationnel, c'est-à-dire d'une dimension d'inconnu, d'énigme, d'insondable. Mais, plus que Brunschvicg, il va insister sur cet irrationnel, cet indéterminé pour en faire le signe du réel qui appelle la fonction réaliste, réalisante, ontologique⁴⁴.

De Meyerson, il retient l'élaboration de ce concept d'irrationnel. Placé comme résidu indéterminé sur l'axe d'une approximation rationnelle qui s'avère « indéfinie »⁴⁵, et dont le rythme est assuré, il permet de postuler l'objet en soi comme limite de convergence de l'approximation. Mais, contre Meyerson, suivant en cela Brunschvicg, il refuse le « réalisme substantialiste » : l'hypostase de l'objet en-soi comme substance préexistante dans l'Être.

³⁹ *Ibid.*, p. 171.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 115.

⁴¹ On notera que les milieux liquides formant les cristaux sont posés comme non amorphes ; ils sont déjà anisotropes et pourvus de caractères géométriques.

⁴² *Essai sur la connaissance approchée*, *op.cit.*, p. 243.

⁴³ *Ibid.*, p. 298.

⁴⁴ Cf. *Ibid.*, p. 273.

⁴⁵ *Ibid.*, p. 219.

Le réalisme n'est que fonctionnel. Il suit au plus près le mouvement épistémologique. Il réifie plus des rapports que des supports, dont la signification reste logique. Et cette réification ne vaut pas dans l'absolu, mais pour un ordre de grandeur ou des critères de pureté qui correspondent à un degré, un niveau de l'Être.

Sur cette base, l'ontologie que propose Bachelard, est « fractionnée »⁴⁶. Elle double une épistémologie elle-même « fractionnée ». Ainsi la prise en compte, avec des moyens adéquats de détection du « détail » négligeable et négligé en première approximation, fait apparaître de nouveaux phénomènes en discontinuité par rapport aux précédents. Ceux-ci appelleront de nouvelles méthodes, de nouveaux instruments, de nouveaux cadres intellectuels pour être rationalisés et faire apparaître de nouveaux objets définis comme des centres relativement stables. Ainsi, contemporain de la naissance de la microphysique, Bachelard pense les microphénomènes comme un nouveau « feuillet de l'Être »⁴⁷ qui apparaît à son époque dans une irrationalité encore massive. Bachelard parlera même d'une « sorte de dématérialisation métaphysique »⁴⁸.

Lorsque l'on suit les efforts des expérimentateurs dans leur conquête d'une nouvelle décimale, dans leur « réalisme de la décimale »⁴⁹, et qu'ils font apparaître de nouvelles propriétés, de nouveaux phénomènes, on ne peut plus accepter et se contenter d'une ontologie unitaire et générale. L'Être se présente avec des niveaux, des degrés discontinus et hiérarchisés selon leur ordre de grandeur. Bachelard donne l'image des « écorces concentriques »⁵⁰ comme étant les manifestations de l'être en-soi pensé comme centre inaccessible. L'ontologie est donc plurielle et « morcelée »⁵¹ et toujours corrélée à une épistémologie instrumentale en acte.

III

Le réalisme des Relations

A partir de 1929, Bachelard va évoluer. Il fait subir une inflexion à sa gnoséologie ; précisant du même coup l'ontologie portée par la physique et la chimie. Des deux critères du réel, le signe principal n'est plus « l'irrationnel », mais le « rationnel » de type mathématique.

La « fonction réaliste » ne va plus être appelée par l'approximation d'un phénomène physique dont le rythme d'approximation est analogue à celui d'un irrationnel mathématique par le corps des rationnels ; à ceci près d'ailleurs que nous ne serions pas assurés du caractère « indéfini » du processus dans le cadre de la physique ou de la chimie, contrairement à ce qui se passe en mathématique. Conséquence : l'expression « réalisme fonctionnel », indexée à cette conception, disparaît du vocabulaire de Bachelard pour

⁴⁶ *Ibid.*, p. 69.

⁴⁷ Bachelard parle de « réalité feuilletée » dans *La Philosophie du non*, P.U.F, (1940), 8^e édition, p. 55.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 257.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 77.

⁵⁰ *Ibid.*, p.76.

⁵¹ *Ibid.*, p. 77.

qualifier sa position gnoséologique. La « fonction réaliste » va être appelée par la présence d'un phénomène compris comme l'exemplification d'une coordination mathématique, c'est-à-dire d'une construction rationnelle.

Le réel se signifie moins par la résistance et la provocation de l'irrationnel que par la consistance et la vérification du rationnel.

Cette inflexion s'est produite à l'occasion de la reconnaissance du rôle accru des mathématiques dans la physique et la chimie ; mathématiques dont les constructions rationnelles nous apprennent à retenir pour réel le seul rationnel et, plus exactement, pour tenir un langage ontologique ; ce qui est d'ordre relationnel.

Le « réalisme sans substance » des sciences physiques et chimiques est positivement affirmé comme un « réalisme de relations », dont la portée ontologique n'est plus limitée par une référence à la « chose-en-soi » conçue comme terme d'une détermination absolue et inaccessible. Ce « réalisme des relations » est toujours situé dans son plan ontologique propre, dans un « feuillet de l'Être », un niveau de l'Être, déterminé par un domaine de phénomènes et par l'ordre de grandeur auquel les instruments scientifiques de mesure donnent accès. Par affirmation réciproque, Bachelard peut tenir que l'ontologie, impliquée par le « réalisme des relations », affirme la pluralité des « niveaux de réalité » comme étant une pluralité discontinue et hiérarchisée de relations, et non plus de « substances » ou de « choses ».

Cette inflexion, qui voit tout à la fois le recul de la notion de substance au profit de celle de relation et l'affirmation de la consistance du rationnel mathématique comme signe du réel, peut être nettement repérée par l'épistémologie de la chimie.

Bachelard souligne dans *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne* que le chimiste, dans une tâche première vis-à-vis de la diversité, met en acte une philosophie réaliste et substantialiste.

La diversité non négligeable au premier abord est celle qu'on peut expliquer en recourant à des substances : l'attribut phénoménal, la qualité chimique, est une production, une manifestation de la substance. Celle-ci pourrait donc être identifiée par une qualité chimique qui lui est essentielle.

La méthode chimique consistera à dégager les propriétés qui sont des qualités. La méthode est ici de « compréhension » : l'objet est creusé en profondeur pour lui trouver des qualités qui, si elles lui sont propres, le distingueront de tout autre.

La chimie va d'abord dans le sens du « réalisme substantialiste ». Il faut bien commencer par dégager des qualités chimiques. Ce réalisme pouvait se croire fondé. Mais ce qu'il y a de solide dans cette philosophie réaliste, c'est sa « naïveté »⁵².

⁵² *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne* (1932), Vrin, seconde édition, 1973, p. 15.

Une attention aux méthodes pour dégager les qualités chimiques indiquerait déjà cette « naïveté ». Les qualités chimiques d'un corps particulier sont dégagées à partir de son interaction avec d'autres corps. La qualité est relative, relationnelle, et une substance sera identifiée comme étant une coordination de ces qualités. En termes logiques : la substance n'est pas un sujet logique distinct de ses attributs : elle n'est que l'unité fonctionnelle de leur coordination. En termes métaphysiques : la substance, — cause de la manifestation de ses attributs, contenant en puissance leur manifestation dans une intériorité soustraite à l'ordre phénoménal, — disparaît.

La « naïveté » de cette philosophie « réaliste-substantialiste » et l'effondrement de cette dernière vont devenir évidents durant la deuxième tâche de la chimie ; celle de la systématisation, de l'organisation cohérente des substances chimiques suivant leurs poids et leurs qualités. Cette systématisation fait apparaître des périodes, des cycles, une juxtaposition ordonnée des substances selon leurs qualités, de telle sorte que des substances apparaissent comme éléments d'un groupe identifiable par un certain nombre de qualités chimiques propres à ces substances. Conséquences : une substance, correctement placée dans ce tableau systématique, lors même qu'elle n'a fait l'objet d'aucune analyse en compréhension, pourra être identifiée quant à son poids atomique et ses propriétés chimiques. La connaissance extensive de l'ensemble des substances, qui est passée par la généralisation des qualités, prime la connaissance compréhensive. Le tableau systématique des substances, leur sériation, dessine une loi d'ordre qui précise et affine la connaissance d'une substance particulière quant à ses attributs. En ce sens, « les substances chimiques apparaissent comme des exemples de lois plutôt que comme des exemples de choses. »⁵³ La voie est ouverte au « rationalisme de la chimie mathématique »⁵⁴, c'est-à-dire à l'idéal rationnel qui « substitue la loi aux faits dispersés, la règle aux exemples. »⁵⁵ La diversité des substances perd son irrationalité primitive. La pluralité des substances trouve sa cohérence rationnelle. Mieux : cette dernière peut multiplier cette pluralité, accroître la diversité des substances, puisqu'elle en dessine la possibilité réelle sur le plan rationnel au-delà des substances connues.

Cette rationalité de la chimie, en devenant mathématique, a fait d'une substance chimique un exemplaire d'une construction mathématique. Du coup, le critère du réel passait de « l'irrationnel », du caractère insondable de la substance, à la consistance rationnelle de la coordination de qualités ; coordination en laquelle la chimie avait appris, dans sa première tâche, à résoudre une substance particulière.

Pour bien comprendre ce passage, cette inflexion du critère du réel, identifié tout d'abord à la résistance de l'irrationnel, vers son indexation sur la consistance rationnelle de type mathématique, il faudrait suivre l'histoire de la chimie depuis la quantification fonctionnelle (Rydberg) et l'interprétation (Bohr) du spectre de l'hydrogène, en passant par la détermination du nombre de protons (*ipso facto*, d'électrons) d'un atome, jusqu'à la

⁵³ *Ibid.*, p. 23.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 27.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 24

constitution de la chimie quantique décrivant les orbitales atomiques (Schrödinger, Born, Dirac), c'est-à-dire les degrés de liberté de déplacement des électrons d'un atome autour de son noyau de protons et de neutrons.

On y verrait alors le rôle accru des mathématiques pour rendre raison des périodes et des familles chimiques du tableau de Mendeleïev⁵⁶.

Les lignes ou périodes des propriétés chimiques des atomes, correspondent au remplissage des orbitales atomiques par les électrons selon des règles de constructions précises⁵⁷. Les colonnes correspondent aux atomes qui ont la même « valence ». Cette valence détermine la famille chimique de l'atome, c'est-à-dire ses propriétés chimiques. Cette valence est égale au nombre d'électrons présents sur une orbitale et qui ne sont pas « accompagnés par » ou « appariés à » un autre électron de spin opposé. Les atomes aux possibilités d'appariements identiques appartiennent à une même famille chimique puisqu'ils peuvent céder ou partager le même nombre d'électrons.

Une arithmétique assez simple peut donc rendre compte de la configuration d'un atome, c'est-à-dire finalement des propriétés d'une substance. Mais une telle arithmétique se fonde sur le travail d'analyse mathématique de Schrödinger et de Dirac. Ce qu'évoque Bachelard dans *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, comme étant une voie sûre, mais qu'il n'a pas empruntée dans l'ouvrage en question pour y souligner le rôle de la rationalité mathématique dans la détermination *a priori* des orbitales atomiques d'un atome quelconque. Il écrit en effet : « on verrait en reprenant le problème de la quantification⁵⁸ à partir de la mécanique ondulatoire que les lois générales viennent augmenter encore le caractère rationnel de cette quantification. »⁵⁹ Avec Schrödinger puis Dirac, c'est « une seule équation qui donne l'ensemble des solutions »⁶⁰ qui définissent les fonctions d'onde ψ ou les orbitales des électrons d'un atome quelconque, ainsi que l'énergie E qui leur est associée.

Empruntons cette voie.

Schrödinger a établi une équation (l'équation de Schrödinger) dont la solution donne la fonction d'onde d'une particule, c'est-à-dire son comportement. Et lorsque cette particule est un électron lié à un noyau attractif, comme dans l'atome, les solutions de cette équation n'existent que pour certaines énergies. L'électron est alors quantifié et ne prend

⁵⁶ Ce tableau classe, en lignes et en colonnes, les éléments chimiques par ordre croissant de leur numéro atomique Z (nombre d'électrons). Moseley (1913) proposa une classification en 8 colonnes et 7 lignes. Actuellement on préfère le présenter avec 18 colonnes. Rigoureusement, il en faudrait 32.

⁵⁷ Règles de Klechkowski qui donnent l'ordre de remplissage des orbitales : à quelques exceptions près lorsque les différences d'énergie entre les orbitales sont faibles. Ces règles sont parfois nommées « principe de l'Aufbau », c'est-à-dire de la « construction », lorsqu'on traduit le mot allemand. A celles-ci on ajoutera la règle de Hund selon laquelle les électrons se répartissent toujours selon un état de plus basse énergie : ils occuperont le plus d'orbitales possibles de même énergie.

⁵⁸ La quantification en question porta, tout d'abord, sur les orbitales atomiques de l'atome d'hydrogène. Mais elle ne tarda pas à être généralisée aux atomes polyélectroniques.

⁵⁹ *Ibid.*, p. 222.

⁶⁰ *Ibid.*, p. 222.

que certaines valeurs discrètes. De manière plus précise, la fonction d'onde d'un électron, c'est-à-dire son orbitale atomique, est déterminée par des paramètres (les nombres quantiques). Le nombre quantique principal (n) indique la couche à laquelle appartient l'électron. Le nombre quantique secondaire ou azimutal (l) définit la sous-couche d'une couche principale (n). Le nombre quantique magnétique (m_l), lié aux propriétés magnétiques de l'électron, indique l'orientation de l'orbitale de l'électron.

A quoi il faudra ajouter la modification de l'équation de Schrödinger afin de rendre compte du moment cinétique de spin de l'électron. Un nouveau nombre quantique (m_s) prenant deux valeurs pouvait ainsi expliquer la déviation dans deux directions opposées des atomes d'argent passant dans un champ magnétique (expérience de Stern et Gerlach, 1922) et donc permettre de discerner finement le comportement de deux électrons placés sur des orbitales de même niveau énergétique, de même forme et de même orientation. Résultat : la fonction d'onde totale ou globale incluant la fonction d'onde de spin permet de définir totalement le comportement d'un électron.

Cette conquête mathématique fondait la distribution arithmétique et géométrique des électrons autour des noyaux. On était assuré de construire rationnellement la configuration de toutes les substances élémentaires possibles non seulement pour classer correctement les substances naturelles selon leur numéro atomique, alors même que certaines d'entre elles n'étaient pas encore découvertes, mais encore pour classer les substances qui promettaient d'être produites artificiellement⁶¹.

La philosophie réaliste-substantialiste de la chimie évoluait vers un réalisme d'une autre nature. Le possible des substances, identifiées à des coordinations de qualités relationnelles, puis à une configuration rationnelle de particules en relation les unes avec les autres (électrons, protons, neutrons), en venait à déborder le réel. La réalité d'une substance exemplifiait et réalisait une rationalité mathématique. Le critère du réel basculait donc de l'irrationalité insondable de la substance vers la rationalité consistante et constituante de la « substance » ; bref : le réel prenait la consistance du rationnel. Mais comme ce rationnel de type mathématique adéquatement compris portait sur des relations, on comprendra que Bachelard ait pu qualifier ce réalisme, nouvellement conquis, de « réalisme de relations ».

Au vrai cette expression apparaît moins à l'occasion de la caractérisation de la philosophie de la chimie quantique que de la philosophie de la physique de la Relativité restreinte et générale.

⁶¹ Le classement de Mendeleïev selon la masse atomique faisait parfois problème. L'argon, par exemple, a une masse molaire relative de 40 (g. mol^{-1}) très proche de celle du calcium (métal réactif) ; or l'argon est un gaz inerte. Anomalie : sa place selon ses propriétés ne correspondait pas à sa place selon sa masse. Le classement selon le numéro atomique résolut l'anomalie. A quoi on ajoutera que l'atome de technétium et de prométhéum ont été construits rationnellement avant d'être découverts dans le spectre des étoiles et dans les minerais d'uranium. Enfin, les atomes transuraniens (au-delà de l'uranium-238) n'existent pas dans la nature ; ils sont artificiels. La nature est techniquement forcée pour les produire : un noyau d'atome est enrichi de protons par un bombardement de particules.

En suivant la question du réel dans la physique relativiste, telle que Bachelard la présente dans *La Valeur inductive de la relativité*, nous trouverons clairement affirmé ce « réalisme des relations » contre le « réalisme substantialiste » ; et ce, jusqu'au risque assumé par Bachelard d'une ontologie fondée sur la Relativité générale qui identifie l'Être à la Relation d'essence mathématique.

L'inflexion du critère du réel, qui passe de la résistance de l'irrationnel à la vérification du rationnel mathématique, ainsi que le rejet du « réalisme substantialiste » au profit du « réalisme des relations » sont particulièrement nets dans *La Valeur inductive de la relativité*.

Dans le *Livre I* et le *Livre II*, il s'agit d'insister sur « l'induction » de la pensée mathématique contre la « déduction » meyersonnienne. Il insiste moins sur l'origine et le terme, sur le point de départ et le résultat, de la pensée scientifique que sur son dynamisme méthodique.

C'est dire que la question du réalisme et du critère du réel est tardive et dérivée par rapport à la question épistémologique. Au *Livre III*, elle est déclarée « métaphysique »⁶² ; et si elle doit recevoir une solution ce sera en lien avec le « mouvement épistémologique »⁶³ de la pensée scientifique.

Or ce lien, cet accord avec la dynamique de l'esprit, impose de prendre acte de la « force de synthèse »⁶⁴ de l'esprit, de son « induction » qui déborde l'expérience en construisant mathématiquement les possibilités formelles du réel. Ce en quoi elle se différencie d'une simple généralisation à partir de l'analyse des faits.

Le réel n'est donc pas à entendre comme ce dont part la pensée scientifique, mais comme ce vers quoi elle tend par sa construction rationnelle. En effet, dans la construction relativiste, il y est moins question directement des choses que de la relation entre différents systèmes de référence animés de mouvement uniformes (Relativité restreinte) ou accélérés (relativité générale). Du coup, lorsque les esprits se seront accordés sur ces relations entre systèmes de référence, il reste à savoir si l'accord a un ancrage dans le réel.

La démarche épistémologique du relativiste, qui place la question du réel comme question indirecte, tardive et dont le dynamisme théorique n'est pas une organisation économique et généralisante d'un donné empirique, n'est réaliste qu'en un sens à préciser de manière polémique.

« Si [donc] nous appelons réalisme toute doctrine qui maintient l'organisation des impressions au niveau des impressions elles-mêmes, qui place le général après le particulier, comme une simplification du particulier, qui croit par conséquent à la richesse

⁶² *La Valeur inductive de la relativité* (1929), Vrin, 1929, p. 203.

⁶³ *Ibid.*, p. 203.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 203.

prolix de la sensation individuelle et à l'appauvrissement systématique de la pensée qui abstrait, on ne peut guère taxer de réalisme la relativité. »⁶⁵ Les théories de la Relativité restreinte et générale, considérées à partir de la dynamique spirituelle qui les construit, ne relèvent pas d'un « réalisme immédiat » ou empiriste. Alors quel « réalisme » ? Il ne s'agit pas non plus du « réalisme substantialiste » de Meyerson, dont le paralogisme, déjà repéré par Bachelard, consiste à hypostasier le sujet logique des prédicats rapportés à ce sujet pour en faire les propriétés intrinsèques d'une substance, alors que leur essence est relationnelle et qu'un « objet » scientifique se résout dans la coordination de ces relations .

Le réalisme imposé par l'induction relativiste est un « réalisme des relations » construites mathématiquement. Et le réel placé sur l'axe de l'objectivation scientifique, qui va de la pensée au réel, se signifie par la consistance d'un « complexe de rapports »⁶⁶, d'une totalité de relations, compris mathématiquement et sans aucun support substantiel pour en fournir la raison ultime.

Pour établir ce réalisme, Bachelard prend l'exemple de « l'inertie » dans le cadre de la relativité générale.

Tout d'abord, l'inertie d'un corps, sa masse inerte, est déterminée par la force qu'on doit appliquer à cette masse pour qu'elle subisse une accélération ; cela conformément à la loi fondamentale de la dynamique.

Mais, il y a plus. Cette masse inerte est fonction d'un système de repères géométriques. Supposons un observateur enfermé dans une boîte et loin de tout champ de gravitation. Supposons également qu'on applique à cette boîte une traction qui modifie son accélération. Pour l'observateur intérieur à la boîte, son propre corps, comme tout corps suspendu à ce qui lui apparaîtra comme le plafond, seront des masses pesantes subissant une force gravitationnelle. Pour l'observateur extérieur, le corps suspendu au plafond apparaîtra comme étant une masse inerte.

L'identité des deux masses (inerte et pesante) est au principe de la Relativité générale. On pose l'équivalence des effets d'un champ de gravitation et d'un mouvement uniformément accéléré, de la force de gravitation et de la force d'inertie. On peut appeler champ de gravitation un champ de forces produites par des masses matérielles voisines ou par le mouvement accéléré du système de référence dans lequel l'observateur fait ses calculs (champ de gravitation géométrique).

Donc, dans un lieu de l'univers où ne s'exerce aucune force de gravitation, où n'existe aucun champ de gravitation, la notion d'inertie, tout comme la notion de masse pesante, n'a plus de sens.

⁶⁵ *Ibid.*, p. 206.

⁶⁶ *Ibid.*, p. 209.

Bachelard convoque Einstein, que cite Becquerel⁶⁷ : « Dans une théorie logique de la relativité, il ne peut y avoir une inertie relative à l'espace ; il n'y a qu'une inertie des masses par rapport aux autres masses. Si l'on éloignait une masse à distance infinie des autres masses, son inertie devrait s'annuler. »⁶⁸

L'inertie d'un corps n'est pas une propriété intrinsèque de ce corps qui serait en puissance d'une manifestation à l'occasion d'une interaction avec d'autres corps. L'interaction, la relation des corps produit l'inertie. La propriété intrinsèque est fonction d'une relation extrinsèque. L'inertie est fonction d'une relation. Ainsi, à défaut de sensibiliser une masse restant à l'état isolé et infiniment loin de toute autre masse, il faut affirmer que l'inertie s'annule. Cela peut être « choquant »⁶⁹ pour notre « langage réaliste », pour le réalisme substantialiste ; pourtant, « il faut bien arriver à conclure que la propriété s'annule parce qu'on n'a aucun moyen de la définir. »⁷⁰ Pour le réaliste substantialiste qui tient l'inertie pour une propriété intrinsèque d'un corps matériel, comme sa « qualité première d'ordre énergétique », la doctrine relativiste « opère une sorte de dématérialisation d'ordre logique »⁷¹, puisque sa définition implique des relations avec d'autres notions ; c'est-à-dire, en fin de compte, une « totalité de relations » dans la réalité.

L'exemple de l'inertie est propre, selon Bachelard, à éclairer sa « conviction métaphysique »⁷² héritée de ce qu'il croit être les « conséquences métaphysiques »⁷³ de la Relativité générale ; à savoir : une ontologie des relations.

D'une part, prenant acte des définitions hautement mathématisées des notions physiques qui n'ont de sens que dans un rapport avec d'autres notions, de telle sorte qu'un phénomène se résout dans un rapport de notions, il croit pouvoir dire : « en vivant sur le plan de la pensée scientifique renouvelée par l'hyper-criticisme⁷⁴ relativiste, que *l'essence est fonction de la relation.* »⁷⁵

D'autre part, se plaçant sur le plan du réel organisé par la Relativité générale, son propos relève de la « conviction métaphysique »⁷⁶ ; entraîné par cette théorie il devient ontologique.

⁶⁷ Einstein, *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen relativitätstheorie*, *Sitzungsberichten de Preuz.* Akad. d. Wissensch, 1917, cité par Becquerel, cf. *Le principe de la relativité et la théorie de la gravitation*, 1922, Paris, Gauthier-Villars, p. 302.

⁶⁸ *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 212.

⁶⁹ *Ibid.*, p. 212.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 212.

⁷¹ *Ibid.*, p. 213.

⁷² *Ibid.*, p. 211.

⁷³ *Ibid.*, p. 211.

⁷⁴ Cette expression signifie l'attention du relativiste dans son induction mathématique aux conditions logico-mathématiques les plus générales pour soutenir que les lois physiques sont les mêmes, quel que soit le système de référence utilisé ; que celui-ci soit en mouvement uniforme ou accéléré.

⁷⁵ *Ibid.*, p.208. L'expression en italique est de Bachelard.

⁷⁶ *Ibid.*, p. 211.

Les prédicats qui se conjuguent et s'organisent pour définir un sujet d'inhérence sont des relations. Les sujets d'inhérence n'ont pas d'existence propre, effective en dehors de ces relations. Les relations, les liens extrinsèques des sujets d'inhérence sont constitutifs de leurs caractères intrinsèques, qu'on évitera dès lors de poser comme des « propriétés »⁷⁷

La « relation » n'est donc pas uniquement un moyen intellectuel ou technique de repérer de « objets », des « sujets d'inhérence » de multiples prédicats relationnels, « la relation affecte l'être, mieux elle ne fait qu'un avec l'être. En remontant de proche en proche on doit se rendre compte que si l'on retranche la relation, il n'y a plus d'attribut, partant plus de substance. »⁷⁸

L'ontologie de Bachelard est clairement assumée comme un « réalisme de la relation » qui peut se spécifier comme étant « d'essence mathématique » : « les conditions mathématiques indiquent l'être parce qu'elles sont elles-mêmes une partie de l'être, ou mieux encore on peut dire que l'être n'est fait que de leur coordination et de leur richesse. »⁷⁹ Le réel atteint par la Relativité restreinte et générale est d'ordre logico-mathématique ; plus précisément : de l'ordre des relations logico-mathématiques.

Le signe du réel ne se trouve donc plus dans l'irrationalité insondable de la substance qui résiste à la rationalisation, mais dans la rationalité logico-mathématique que vérifient les phénomènes particuliers en tant que « complexes de rapports »⁸⁰ ou « totalité de relations ».

Est tenue pour réelle la pensée mathématique qui organise apodictiquement les définitions et les liens des notions : « le jugement de réalité doit être posé en fonction d'une organisation de pensée qui a déjà donné les preuves de sa valeur logique. »⁸¹ L'assertorique vient bien après l'apodictique ; la réalité, après la nécessité de la construction mathématique. Cette construction cohérente permet de prédire des phénomènes et d'interpréter les prédictions avec des notions, des idées « acceptables »⁸². À la limite, — à laquelle se rend volontiers Bachelard, — on peut dire que la vérité logico-mathématique de la théorie physique précède le réel, parce qu'elle le prépare en reconstruisant théoriquement ses possibilités. « De toute évidence, la doctrine relativiste apparaît comme vraie avant d'apparaître comme réelle. Elle se réfère longtemps à elle-même pour être d'abord certaine d'elle-même. »⁸³ La réalité n'est plus à la base du mouvement de la pensée relativiste ni dans une résistance à l'approximation, mais elle est d'abord le résultat d'une induction mathématique « on ne voit que parce qu'on prévoit. »⁸⁴

⁷⁷ *Ibid.*, p. 210. Ainsi le champ électromagnétique n'est pas la propriété d'une substance telle que l'éther et le champ de gravitation n'est pas la propriété de la matière d'un corps hors d'une interaction.

⁷⁸ *Ibid.*, p. 211.

⁷⁹ *Ibid.*, p. 211.

⁸⁰ *Ibid.*, p. 209.

⁸¹ *Ibid.*, p. 244.

⁸² *Ibid.*, p. 244.

⁸³ *Ibid.*, p. 245.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 52.

Pour expliciter, encore plus à fond, cette conception des garanties de l'objectivité et des critères du réel, on peut se référer au phénomène du vide spatial. Ce qui imposera une illustration un peu technique.

Le vide est, — avant d'être appréhendé, vérifié, posé comme réel, — défini au sens du Calcul Tensoriel de la Relativité générale. La notion de vide n'est qu'une spécification, une particularisation des variables du Calcul Tensoriel ; elle est rencontrée sur le chemin de l'induction mathématique du relativiste dont on mesurera au passage la puissance synthétique de découverte, puisqu'elle est livrée à elle-même par-delà tout résumé d'analyse ou de généralisation de données empiriques.

Partant de la notion d'invariance de la distance géométrique entre deux points, c'est-à-dire de l'indépendance de la distance par rapport à un système de référence, on peut espérer trouver l'invariant entre deux points événements de l'espace-temps à quatre dimensions qui correspond analogiquement à la notion de distance géométrique⁸⁵ et est indépendant du système de référence galiléen adopté par l'observateur. Pour les systèmes de référence animés d'un mouvement uniforme les uns par rapport aux autres, le passage d'un système à l'autre se fait par les quatre relations de la transformation de Lorentz⁸⁶.

L'espace-temps au sein duquel se mesurent de tels invariants ou « intervalles d'univers », est appelé « univers de Minkowski » ; du nom de celui qui a défini les propriétés géométriques de cet univers quadridimensionnel. Il contient une infinité de systèmes galiléens.

Mais quel espace-temps faut-il concevoir pour tous les systèmes de référence, y compris pour les systèmes non galiléens animés de mouvements accélérés ? Comment mesurer des invariants, des « intervalles d'univers » entre événements proches sur le plan spatio-temporel ? Par quelle « transformation », équivalente à celle de Lorentz, passer d'un système de référence à un autre ? Mais, tout d'abord, pourquoi ces problèmes ont-ils rapport avec la « gravitation », la présence de matière avec des densités variables dans l'univers au point que la théorie en vient à définir tensoriellement le « vide » ?

Einstein considère, avec la plus grande généralité, que, pour tout système de référence, il existe un « champ de forces » ou, ce qui est la même chose, un « champ de gravitation ». En effet, la Relativité généralisée établit le principe d'une équivalence entre « force d'inertie » et « force gravitationnelle ». Le champ est nul pour un système galiléen et les lois physiques au sein de ce système sont des cas particuliers, simplifiés ou encore des formes dégénérées des lois physiques plus générales au sein des systèmes de référence animés d'un mouvement uniformément accéléré.

⁸⁵ Attention : si « l'intervalle d'univers » est invariant, on voit avec la Relativité restreinte que la « forme » même d'un corps est relative au système de référence, c'est-à-dire à la vitesse relative de ce système par rapport à un autre ; ce dont on tient compte lorsque cette vitesse est proche de celle de la lumière. Une coupe de l'espace-temps à un moment donné implique une définition de la forme d'un corps.

⁸⁶ $x' = \frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$; $y' = y$; $z' = z$; $t' = \frac{t-\frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$.

Pour la Relativité généralisée, les lois physiques sont indépendantes du système de référence, de tout système de coordonnées : les lois physiques sont « covariantes » vis-à-vis des systèmes. Cela doit s'exprimer mathématiquement, mais impose de définir une structure de l'univers, de l'espace-temps qui soit différente de celle de Minkowski, puisqu'il faut considérer les systèmes de référence liés à un « champ de forces » ; bref : des systèmes non-galiléens ;

Einstein trouve la solution dans le Calcul Tensoriel et le travail, accompli par Riemann, de l'extension de la théorie des surfaces de Gauss à des espaces à quatre dimensions.

Un tenseur représente une grandeur indépendante du système de coordonnées dans laquelle elle est mesurée ; et ce, quels que soient les changements dans l'expression des différences de ses coordonnées (c'est-à-dire : ses « composantes ») en passant d'un système à l'autre.

Or cette propriété des tenseurs peut garantir mathématiquement (pour autant que les lois physiques s'expriment tensoriellement) le principe même de la Relativité générale ; à savoir que les lois physiques sont « covariantes », indépendantes des systèmes de référence au sein desquelles elles sont élaborées.

Pour illustrer ces idées, disons qu'un vecteur est un tenseur et la différence entre l'un et l'autre est le nombre de leurs « composantes ». Un vecteur particularise la notion générale de tenseur ; c'est un tenseur d'ordre 1.

La grandeur d'un vecteur peut être exposée sous la forme suivante :

$$ds^2 = dx^2 + dy^2$$

Sous une autre forme équivalente cela donne :

$$ds^2 = 1dx^2 + 0dxdy + 0dydx + 1dy^2$$

Sous une forme encore plus générale, c'est-à-dire tensorielle :

$$ds^2 = g_{11}dx^2 + g_{12}dxdy + g_{21}dydx + g_{22}dy^2$$

Les coefficients ou « potentiels » affectés d'un double indice sont aussi des composantes du tenseur. Le changement de système de coordonnées implique un changement de coordonnées et des coefficients, mais ds^2 restera invariant et les relations mathématiques liant les valeurs des coefficients sont conservées.

Par le calcul tensoriel la gravitation passe du statut de « force » à celui d'être géométrique. En effet, la dérivation du tenseur « métrique », dont la caractéristique est de

convertir les différences de coordonnées en distances réelles⁸⁷, donne la courbure intrinsèque de l'espace-temps. Et cette courbure de l'espace-temps représente le champ de gravitation : les corps en mouvement dans ce champ suivent les courbures de l'espace-temps. Ainsi, tout comme Gauss donna la formule du calcul de la courbure intrinsèque d'une surface en un point, qui s'avère être une dérivée d'un tenseur, le travail mathématique de Riemann et, indépendamment, de Christoffel, pour obtenir les « dérivées covariantes », les variations propres aux tenseurs, permet de construire les formules pour calculer le tenseur de courbure de l'espace-temps : le tenseur de Riemann-Christoffel.

Ce tenseur $R_{\mu\nu\sigma}^{\rho}$ est complexe, car il possède 256 composantes. Mais si $R_{\mu\nu\sigma}^{\rho} = 0$, alors toutes ses composantes sont nulles et l'équation désigne une région de l'univers sans champ de gravitation, c'est-à-dire sans masse matérielle. C'est là un cas particulier d'une loi générale. Cette loi s'exprime tensoriellement par : $R_{\mu\nu} = 0$. Ce tenseur est appelé tenseur de Riemann-Christoffel contracté. Il exprime la loi générale de la gravitation dans le vide.

Les composantes du tenseur permettent de quantifier les potentiels qui définissent l'invariant ds^2 et de formuler les conditions de la loi de la gravitation dans le vide, puis cette loi elle-même. Du coup, sont caractérisées ou définies les propriétés de l'espace-temps et le système de coordonnées dans lequel se situe l'observateur.

De surcroît, si on connaît la densité de la matière dans une région de l'univers, alors on pourra déterminer les coefficients de l'invariant, de l'intervalle d'univers et exprimer sous forme tensorielle la loi générale de gravitation dans la matière ; la densité de matière égale zéro, nous faisant retrouver la loi générale de gravitation dans le vide.

Ce détour, un peu technique, doit nous convaincre que le « vide » s'identifie à l'annulation du tenseur de Riemann-Christoffel contracté qui exprime tensoriellement la loi générale de gravitation dans le vide. La réalité expérimentale d'un vide spatial ne fera que vérifier le résultat d'un calcul déjà interprété théoriquement. « Le réel se démontre, il ne se montre pas. »⁸⁸

La « fonction réaliste » placée sur l'axe de « l'objectivation de la pensée mathématique »⁸⁹ apparaît donc tardivement. Les garanties d'objectivité expérimentale d'une théorie sont tardives⁹⁰ et indirectes⁹¹. Tardives, car elles viennent après une construction mathématique dont l'expérience n'est qu'une particularisation, une exemplification. Indirectes, car l'expérience ne s'offre pas d'elle-même : elle suppose une préparation pour faire apparaître un phénomène prévu, calculé et interprété par la théorie. Par exemple, la théorie de la Relativité généralisée prévoit et explique la déviation des

⁸⁷ Ce pourquoi il est appelé « métrique ». Cf. B. Hoffmann, *La Relativité*, Belin, 1999, p. 179.

⁸⁸ *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 125.

⁸⁹ *Ibid.*, p. 243.

⁹⁰ Cf. *Ibid.*, p. 242.

⁹¹ Cf. *Ibid.*, p. 246.

rayons lumineux à proximité d'une masse comme le soleil. De même, elle prévoit et explique le décalage vers l'infrarouge des spectres lumineux ainsi que le ralentissement du rythme des horloges atomiques à proximité de masses importantes. Autant de phénomènes qui ne se donnent pas d'emblée à la perception et qui supposent tout le cadre mathématique au sein duquel ces phénomènes prennent sens et sont calculés avant d'être repérés par des expériences fines.

Ce caractère tardif et indirect des garanties d'objectivité va de pair avec la puissance des constructions mathématiques. Que ce soit en chimie ou, plus manifestement, en physique, l'organisation, la coordination rationnelle des relations mathématiques en quoi se résolvent les notions physiques et mathématiques, constitue le cadre *a priori*, le cadre formel qui dessine les possibilités mêmes du réel ou encore l'ordre apodictique qui enferme les conditions les plus générales d'un phénomène ; phénomène entendu comme « complexe de rapports » ou comme précipité de relations et non plus comme substance enfermant des propriétés en dehors de toute relation effective.

La construction mathématique dessine et prépare le réel, au point où « l'assurance de la construction par rapport à une réalité toute faite ne peut et ne doit être que surrogatoire. »⁹² Certes, Bachelard admet le hiatus entre le logique et l'expérimental, de l'un à l'autre il y a « hétérogénéité de la preuve »⁹³ : l'expérimental relève de l'assertorique, le logique de l'apodictique, mais, avec la construction mathématique, le réel est au moins rationalisé négativement : on sait ce qui est impossible, « on rejette *a priori* ce qu'il ne peut pas être. »⁹⁴ A quoi Bachelard ajoute, en s'appuyant sur l'idée brunshvicgienne d'une construction *a priori* de la géométrie qui guide l'action⁹⁵, que l'expérience, qui trouve en tant qu'action expérimentale sa raison dans l'*a priori* d'une construction mathématique, est à même de combler ce hiatus. « L'expérience n'a plus pour rôle que de mesurer nos actes déployés, et les divergences qu'elle peut déceler ne sauraient entamer le cristal de nos gestes, pur et coordonné, livré *a priori* à notre volonté. »⁹⁶

Les critères du réel et les garanties de l'objectivité relèvent donc de la rationalité mathématique, c'est-à-dire du repérage expérimental de phénomènes qui « réalisent » cette rationalité. Bachelard n'hésite pas à affirmer au L IV de *La Valeur inductive de la relativité* que « les garanties de réalité sont finalement d'ordre mathématique et le philosophe pourrait dire : “ donnez-moi des conditions mathématiques invariantes, et je vous ferai une réalité ”. »⁹⁷ Et, comme l'organisation mathématique procède, avons-nous vu, par un groupement de relations qui « forme » *a priori* le réel, le réel atteint possède la consistance d'une rationalité relationnelle et non substantielle. A quoi il faut ajouter que cette dernière peut être caractérisée comme ayant une validité ontologique. Le « réalisme de relation »

⁹² *Ibid.*, p. 246.

⁹³ *Ibid.*, p. 246.

⁹⁴ *Ibid.*, p. 250.

⁹⁵ Cf. *Ibid.*, p.250 et sq.

⁹⁶ *Ibid.*, p. 254.

⁹⁷ *Ibid.*, p. 241.

n'étant précisément pas indexé à une « chose-en-soi », à une substance inaccessible posée comme le terme d'une approximation « indéfinie » et dont la part d'irrationnel est inépuisable, Bachelard peut conférer aux constructions mathématiques une portée ontologique. Ce qui, nous le savons maintenant, le conduit, par un mouvement d'audace métaphysique, à identifier l'être à la relation et à le caractériser comme « d'essence mathématique »⁹⁸.

IV

Le réalisme scientifique comme réalisation du rationnel

L'épistémologie de la chimie et de la physique, à travers les conquêtes de Mendeleïev, de Schrödinger ou encore d'Einstein, pour ne citer que quelques noms, conduit donc Bachelard à réviser sa conception du réel scientifique et à lui conférer une portée ontologique. Les lois mathématiques réalisées par les phénomènes aboutissent à un « réalisme des relations » qui atteint l'Être même, qui « ne fait qu'un avec l'être »⁹⁹.

Les lois mathématiques, les constructions mathématiques les plus formelles, résultats de l'induction mathématique, portent la « raison » même des phénomènes. Cette raison, qui n'a rien de « métaphysique », au sens où elle n'est pas cause en-soi ou chose-en-soi inscrite dans le réel et séparée du plan phénoménologique dans lequel se déploient les phénomènes, peut cependant être nommée le « noumène » du phénomène ; noumène, car la construction mathématique est bien la « cause formelle », la « cause rationnelle » dont le phénomène est une réalisation, une exemplification dans l'Être.

Ce concept de « noumène » aurait pu trouver sa place, en 1929, dans *La Valeur inductive de la relativité*, puisque les phénomènes découverts par des expériences fines, préparées techniquement et conceptuellement, n'ont de sens, de raison que par la structure mathématique dans laquelle il s'intègre.

Cependant le mot lui-même apparaît dans un article de 1931 : « *noumène et microphysique* ». Il fait l'objet d'une définition conceptuelle qui vaudra non seulement pour la physique, y compris la microphysique, mais également pour la chimie.

En effet, dès 1932, en conclusion du *Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Bachelard use de ce concept en invoquant la loi arithmétique qui préside au tableau de Mendeleïev. Celle-ci donne le moyen de repérer la structure des éléments chimiques. « La loi de la série prime la structure des éléments, ou du moins on ne retient de la structure des éléments que ce qui éclaire la construction d'une loi générale facilitant les inductions les plus audacieuses. On peut vraiment dire que la pensée inductive passe du phénomène au noumène ; autrement dit encore, on a l'impression d'avoir trouvé la raison de l'induction. »¹⁰⁰ L'expression aurait pu devenir encore plus exemplaire si Bachelard était

⁹⁸ *Ibid.*, p. 211.

⁹⁹ *Ibid.*, p. 211. Déjà cité

¹⁰⁰ *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Vrin, 1973, p. 227.

entré dans la mécanique ondulatoire de Schrödinger pour rendre compte de la structure électronique des atomes, puisque, comme nous l'avons-vu, les propriétés chimiques, l'identité même des substances, trouvent leur raison dans une arithmétique et une géométrie des électrons.

L'apparition de ce concept est décisive pour caractériser le réel scientifique, les signes mêmes de ce réel, ainsi que le nouveau type de « réalisme » imposé, selon Bachelard, par les procédures opératoires des sciences physiques et chimiques qui appréhendent les phénomènes comme complexes de relations.

Le noumène, couplé aux procédures techniques d'émergence des phénomènes de la physique et de la chimie moderne, va imposer une conception du réel comme étant une réalisation technique de la rationalité mathématique du noumène et dont aucune chose-en-soi ne vient plus limiter la portée ontologique. L'épistémologie débouche sur une ontologie : le réalisme construit techniquement et instruit mathématiquement. Dit autrement : un « réalisme des relations » d'essences mathématiques vérifiées expérimentalement que Bachelard définira, entre autres, comme étant un « réalisme scientifique »¹⁰¹.

Ces positions épistémologiques et ontologiques, une fois établies, seront stables. Les qualificatifs pourront varier ou être précisées : les conceptions resteront les mêmes.

Mais revenons au concept de « noumène » pour en saisir précisément la fonction épistémologique à partir de sa définition et son statut.

Au vrai, dans l'article de 1931 : « *Noumène et microphysique* », il ne définit pas de manière précise le terme de « noumène », notamment par rapport à sa provenance kantienne. Il en use pour désigner la « raison » même d'un phénomène : la cause rationnelle et, tout à la fois, réelle qui prévoit et interprète, démontre et explique, constitue et engendre le phénomène en question. « Devant tant de succès de la recherche rationnelle, comment se défendre de poser sous le phénomène un noumène où notre esprit se reconnaît et s'anime ! »¹⁰²

Le « noumène », dans la *Critique de la Raison pure* de Kant, se définit par rapport à la possibilité d'atteindre la « chose-en-soi ».

Le concept a un sens négatif et un sens positif¹⁰³.

¹⁰¹ *Le Rationalisme appliqué*, P.U.F., 1975, 5^e édition, p. 8.

¹⁰² « **Noumène et microphysique** », in *Etudes*, Vrin, (1931) 1970, p. 18.

¹⁰³ Rappelons la définition de Kant : « Si nous entendons par noumène une chose *en tant qu'elle n'est pas un objet (Object) de notre intuition sensible*, en faisant abstraction de la manière dont nous l'intuitions, cette chose est alors un noumène dans le sens *négatif*. Mais si nous entendons par-là l'*objet (Object) d'une intuition non sensible*, nous admettons un mode particulier d'intuition, à savoir l'intuition intellectuelle qui, cependant, n'est pas la nôtre et dont nous ne pouvons pas même envisager la possibilité ; ce serait là le noumène dans le sens *positif*. » *Analytique des principes*, L II, Chap. III, in *Critique de la Raison Pure*, trad. A. Tremesaygues et B. Pacaud, P.U.F., p. 226.

Négatif, il désigne la « chose-en-soi », la matière des phénomènes sans forme spatiale et temporelle, c'est-à-dire les choses telles qu'elles sont en elles-mêmes indépendamment des conditions spatio-temporelles de notre intuition sensible. Cette « chose-en-soi » qui conditionne l'apparition des phénomènes est non-représentable dans une intuition sensible et donc non-connaissable objectivement, puisque l'idéalisme transcendantal de Kant affirme que l'objectivité d'un objet procède d'une objectivation des phénomènes spatio-temporel donnés dans l'intuition sensible par des formes *a priori* de l'entendement. Cependant, non-connaissable objectivement, la « chose-en-soi » est « pensable » à partir d'un point de vue infini de type hypothétique sur la finitude de la « représentation » humaine.

Positif, le noumène désigne précisément la « chose-en-soi » en tant que saisie par une « intuition intellectuelle » impossible à l'homme et que seul un dieu, opérant un point de vue synthétique entre le monde et l'homme, serait à même de réaliser.

Bachelard transpose ce concept dans l'épistémologie de la microphysique et de la chimie. Il lui fait subir des modifications pour décrire adéquatement leurs mouvements épistémologiques et évaluer pertinemment leurs résultats.

En 1951, dans l'introduction de *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, un passage sur la microphysique reprend le propos de « *Noumène et microphysique* » dans lequel on peut trouver la façon dont Bachelard transpose et entend le concept de « noumène ». La microphysique contemporaine prend « la place et la fonction de la « chose-en-soi » »¹⁰⁴ ; il semble qu'elle « vienne soudain offrir une synthèse de la notion négative de chose-en-soi et de la notion positive de noumène. »¹⁰⁵

Au sens positif, le « noumène » désigne la « réalité profonde », la « réalité intelligible » de phénomènes que l'on ne peut saisir intuitivement dans le sensible, non plus que dans une « intuition intellectuelle », mais que l'on peut déterminer, définir dans une construction mathématique dont le formalisme dépasse l'expression des lois phénoménologiques qui décrivent les phénomènes avec leurs variables phénoménales.

Au sens négatif, le « noumène » désigne la « chose-en-soi » entendue non pas comme matière du phénomène indépendante de l'espace et du temps et qui ne peut être objet d'une connaissance objective possible, mais comme la cause rationnelle profonde et cachée des phénomènes qui conditionne leur apparition sensible. Le noumène n'est donc pas, comme au sens kantien, le réel-en-soi non conditionné par les structures *a priori* de la sensibilité que sont l'espace et le temps dans la *Critique de la Raison pure*. Il n'y a pas chez Bachelard l'équivalent d'une « Esthétique transcendantale » venant limiter *a priori* la connaissance aux seuls phénomènes¹⁰⁶ : le noumène, au-delà des phénomènes sensibles

¹⁰⁴ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine* (1951), Union Générale d'Éditions, 10/18, 1977, p.25.

¹⁰⁵ *Ibid.*, p. 25.

¹⁰⁶ Point sur lequel je reviendrai, à propos de la définition et du statut du temps chez Bachelard. J'ai abordé l'espace dans le cadre du « réalisme mathématique ». J'y reviendrai également dans les chapitres ultérieurs.

donnés ou construits expérimentalement, correspond à la réification de la structure, de l'organisation intelligible construite mathématiquement. Les mathématiques règnent sur le réel, parce que le réel est d'essence mathématique.

La transposition et la modification du concept de noumène permet de caractériser les théories de la physique moderne (la microphysique et la Relativité généralisée) ainsi que la chimie moderne (fondée sur la microphysique) comme étant des « nouménologies ». La signification des notions est mathématique avant d'être phénoménale. Les mathématiques de la physique-mathématique ou de la chimie mathématique ne se limitent plus à exprimer, de manière résumée, les variables phénoménales. Elles construisent des êtres mathématiques d'essence relationnelle, — ce qui les rapprochent du « réalisme mathématique », — dont les phénomènes sont des exemplifications, des réalisations particulières.

Mais ces phénomènes ne sont pas rencontrés, trouvés dans une démarche empirique d'exploration du réel donné au niveau sensible. Les phénomènes sont réalisés techniquement. La « nouménologie éclaire une phénoménotechnique par laquelle les phénomènes nouveaux sont non pas simplement trouvés, mais inventés, mais construits de toute pièce. »¹⁰⁷ La nouménologie ne construit pas seulement une hypothèse théorique sur la « cause rationnelle » d'un ou de plusieurs phénomènes, elle fonde une phénoménotechnique : elle permet de réaliser le noumène dans un montage expérimental en provoquant, à titre « d'effet », l'émergence de phénomènes nouveaux prévus, expliqués et interprétés par le noumène mathématique.

La physique et la chimie modernes sont, de ce point de vue, caractérisables bien plus comme des « techniques d'effets » que comme des « sciences de faits »¹⁰⁸. Dans l'article « *Noumène et microphysique* », il souligne que la microphysique provoque techniquement l'émergence d'un « effet » phénoménal (par exemple l'effet Zeeman) à partir de la construction de ce qui « pourrait assez bien être appelé l'atome parfait »¹⁰⁹, c'est-à-dire d'un noumène, d'un être mathématique construit par la mécanique ondulatoire qui détermine *a priori* les orbitales des électrons d'un atome quelconque ou de tout atome possible.

Dans la conclusion du *Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, daté de 1932, il en ira de même pour les substances chimiques. Le tableau harmonique des substances chimiques fondé par la mécanique ondulatoire de la microphysique ouvre l'espace d'une construction théorique de formules d'atomes et de composés atomiques qui ne sont pas trouvés dans l'expérience immédiate ; mais, de l'ordre du possible, ils peuvent être réalisés techniquement.

¹⁰⁷ « **Noumène et microphysique** », in op.cit, p. 19.

¹⁰⁸ *Ibid.*, p. 17.

¹⁰⁹ *Ibid.*, p. 17.

« En chimie, ce qui peut être pensé avec cohérence, ce qui est systématiquement possible, peut être réalisé dans le sens plein du terme. La compossibilité démontrée désigne déjà une méthode de composition. »¹¹⁰ La stabilité relative d'un composé atomique au sein de la nature peut donc être atteinte par des réactions chimiques expliquées et prévues dans leurs effets à l'aide de formules exprimant une nouménologie mathématique. Il suffira, pour cela, de mettre en présence techniquement les matériaux pour forcer la nature à produire l'effet escompté. Ainsi les mathématiques permettent non seulement, « d'explorer le réel jusqu'au fond de ses substances, et dans toute l'étendue de sa diversité »¹¹¹, mais elles permettent de réaliser des substances, de les promouvoir à l'existence.

Du point de vue épistémologique, le signe du réel ne sera plus jamais « l'irrationnel », comme cette « énigme qui renaît »¹¹² sans cesse pour l'esprit connaissant et qui désigne la richesse prolixe et insondable de l'extériorité phénoménale. Le signe du réel est dans la réalisation technique du noumène. Le réel n'est plus l'irrationnel qui s'impose en s'opposant à l'esprit connaissant. Le réel est le rationnel qui s'impose en se posant techniquement par l'esprit scientifique. La formule de « *Noumène et microphysique* » est aussi tranchée que vigoureuse : « le réel n'est plus dans la provocation de l'irrationnel, mais dans la vérification du rationnel. »¹¹³ Bachelard aurait pu dire « construction » ou « réalisation » du rationnel, tant le noumène est une cause « formelle » et « réelle » des phénomènes.

Le « réalisme », adéquat au développement des sciences contemporaines, sera caractérisé par Bachelard dans les mêmes termes ; et ce, jusqu'à sa dernière œuvre épistémologique. Ce « réalisme » qualifié de « scientifique » est défini positivement dans un contexte polémique. Ce « réalisme scientifique » se distingue du « réalisme naïf » et du « réalisme philosophique ».

Contre le « réalisme naïf » ou « immédiat » qui croit recevoir ses leçons directement de l'expérience des phénomènes eux-mêmes, de l'organisation de ces phénomènes, qui croit que toute généralisation abstraite est un appauvrissement, Bachelard prône un « réalisme instruit »¹¹⁴ et de « seconde position »¹¹⁵ ou encore « transplanté » et « travaillé »¹¹⁶. De « seconde position » et « transplanté », car il n'a plus rien d'immédiat ; il rompt définitivement avec l'organisation de l'expérience immédiate qui trouve les phénomènes et les interprète en fonction de leur utilité. Il rompt avec « la réalité objective du philosophe réaliste qui désire ne jamais perdre de vue les premiers signes d'une réalité manifeste »¹¹⁷. « Instruit », car le réel scientifique est une construction expérimentale et technique qui procède d'une instruction rationnelle (le noumène mathématique). En

¹¹⁰ *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, op.cit, p. 229.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 231.

¹¹² *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 155. Voir également : p. 160 et 177.

¹¹³ « *Noumène et microphysique* », in op.cit, p. 19.

¹¹⁴ *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine* (1937), Alcan, 1937, p. 3, p. 25 ; voir également *Philosophie du non*, P.U.F, 1981, 8^e édition, p. 54.

¹¹⁵ *Le Nouvel esprit scientifique*, P.U.F, 14^e édition, p. 9.

¹¹⁶ *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 24 et p. 124.

¹¹⁷ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 24.

suyvant la chimie moderne, il usera même des expressions de « matérialisme instruit »¹¹⁸ pour souligner que l'instruction rationnelle de la chimie par la physique nucléaire, c'est-à-dire le « matérialisme scientifique »¹¹⁹, fonde les moyens techniques de jouer avec les puissances de la nature.

Contre le « réalisme philosophique » de Meyerson qui s'appuie sur le résidu irrationnel laissé par le processus de rationalisation du phénomène pour poser un réel en-soi insondable et inépuisable¹²⁰, il substitue un « réalisme technique »¹²¹ pour lequel le réel est la réalisation du rationnel débarrassé de tout irrationnel, puisque ce rationnel est le noumène mathématique.

En ce point de notre développement, il est nécessaire de présenter quelques exemples sur lesquels s'appuie Bachelard pour caractériser ce trait distinctif de l'esprit scientifique contemporain de la chimie et de la physique modernes.

Il s'agit d'indiquer, exemplairement, « le sens du vecteur épistémologique »¹²² qui va, nettement, du rationnel au réel, de l'abstrait au concret, en réalisant dans l'expérience, par des procédures techniques la raison physico-mathématique ; raison qui dépasse la phénoménologie descriptive des variables quantitatives des phénomènes par une nouménologie qui en donne la « cause rationnelle ».

Nous avons évoqué un peu plus haut l'effet Zeeman. En quoi consiste-t-il ? Il faut se reporter à la détermination des orbitales des électrons autour du noyau atomique. En 1896, Pieter Zeeman disposa une flamme de sodium dans un champ magnétique produit par un puissant électro-aimant. A chaque fois que le courant électrique s'appliquait la séparation d'une raie spectrale en d'autres raies apparaissait. Le champ magnétique avait comme effet l'émission de raies lumineuses de fréquences précises qui, autrement, n'apparaissaient pas. L'électron fut donc pensé comme un circuit électrique ayant un moment magnétique, et qui subit un moment de force du champ magnétique dans lequel il est placé ; le moment cinétique orbital de l'électron étant modifié, son énergie est modifiée et les raies spectrales confondues se dédoublent.

Interprété dans le cadre de la mécanique quantique, ce moment magnétique fut symbolisé par un nombre quantique (ml) dont la signification fut de désigner, à travers ses valeurs quantitatives, les orbitales des sous-couches électroniques en fonction de leurs directions possibles. Autrement dit, l'effet Zeeman fut interprété en fonction de l'équation de Schrödinger donnant la fonction d'onde d'un électron, et donc les quatre nombres quantiques caractérisant l'orbitale d'un électron à l'exclusion des autres orbitales électroniques de l'atome, comme Pauli le postula (principe d'exclusion de Pauli).

¹¹⁸ *Le Matérialisme rationnel* (1953), P.U.F, 4^e édition, 1980, p. 4, p. 5 et p. 6.

¹¹⁹ *Ibid.*, op.cit, p. 1 et p. 3.

¹²⁰ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 9 ; cf. *La Philosophie du non*, op.cit, p. 7.

¹²¹ *Ibid.*, p. 9.

¹²² *Ibid.*, p. 9.

A proprement parler, comme nous l'avons déjà noté, c'est l'équation de Schrödinger modifiée par Dirac en 1928¹²³ qui devait permettre et de caractériser l'état d'un électron par quatre nombres quantiques et de rendre compte de l'effet Zeeman anormal (1897) ; en l'occurrence : l'apparition de raies hyperfines, comme celles du sodium, dans un champ magnétique. Ce qui devait conduire à penser l'électron comme une particule magnétique ayant un moment cinétique intrinsèque (le spin) dont la quantification correspond à son orientation déterminée dans le champ magnétique qui lui est appliqué. Le nombre quantique magnétique de spin (ms) ne pouvant prendre que deux valeurs, comme il fut démontré.

Dirac est le fondateur de ce que l'on nomme actuellement la chromodynamique quantique. Sa théorie, hautement mathématisée, faisait apparaître, par le jeu du calcul algébrique, des états d'énergie positive et négative. Mais l'énergie d'un électron libre ne pouvait être négative. En 1929, il use du postulat de Pauli et affirme que si les électrons ne descendent pas au niveau de ces états d'énergie négative, c'est que ceux-ci sont occupés par des électrons d'énergie négative. Si un électron d'énergie négative est tiré vers un niveau d'énergie positive, il laisse un « trou » qui apparaît comme une charge positive que Dirac, en 1931, attribuera à ce qu'il nomma « l'antiélectron ».

L'existence de cet antiélectron fut d'abord liée à la nécessité d'un calcul algébrique avant d'avoir une existence expérimentale. Anderson, étudiant les rayons cosmiques qui tombent sur la terre à travers une chambre de Wilson placée dans un champ magnétique, observa des arcs de cercle à courbure opposée. L'une d'elle était celle d'un électron, l'autre, de charge opposée, fut baptisée, en 1932, « positron ». Mais l'identification ne fut possible qu'à la faveur de l'interprétation théorique qui fournissait la signification¹²⁴ de cette « trace » opposée à celle de l'électron.

Avec la microphysique des corpuscules (ici les électrons), nous voyons que ceux-ci sont d'abord des « objets de pensée »¹²⁵ qui, comme tels, ne se prêtent à aucune phénoménologie, à aucune description réaliste en continuité avec l'expérience sensible. Ils prennent sens dans une nouménologie, dans une organisation physico-mathématique. Leurs attributs relationnels, en quoi ils se résolvent et consistent¹²⁶, ainsi que leurs effets sont construits dans la pensée nouménologique, dans un « noumène » donc, avant d'être vérifiés expérimentalement, avant de devenir des « objets d'expérience techniques »¹²⁷, des « phénomènes d'appareils »¹²⁸, des produits technico-scientifiques. Produits d'une

¹²³ Dirac a établi qu'une théorie quantique relativiste de l'électron engendre pour celui-ci un moment cinétique intrinsèque qui constitue un nombre quantique supplémentaire. Il permet de caractériser plus finement l'énergie de l'électron et, ajouté aux autres nombres quantiques, il rend compte de toutes les raies spectrales émises par un atome dans un champ magnétique.

¹²⁴ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 147 et sq.

¹²⁵ *Ibid.*, p. 112.

¹²⁶ A cet égard, il faut considérer l'électron comme un « atome d'électricité » et non pas comme un corps matériel et substantiel chargé d'une électricité qui s'adjoindrait comme propriété de cette substance : « derrière l'attribut électricité, il n'y a pas à considérer la substance matière » ; cf. *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 108.

¹²⁷ *Ibid.*, p. 112.

¹²⁸ *Ibid.*, p. 11.

technicité qui, elle-même, n'est pas dans le prolongement des activités de l'*homo faber* habitué à manier des solides en ce que les instruments techniques sont des théories matérialisées qui rompent au niveau microphysique avec l'idée même de solide.

Il ne faudrait pas croire que les exemples de nouménologie fondatrice d'une phénoménotechnique soit principalement de l'ordre de la microphysique.

À un niveau qui reste celui d'une expérience sensible, instrumentée par un microscope assez puissant, on pourrait suivre la constitution technique d'un corps débarrassé de toute irrationalité en fonction de lois physico-mathématiques. L'étude de la piézo-électricité, c'est-à-dire la production d'électricité par la compression ou la dilatation d'un cristal, suppose, à titre d'instrument, l'usage d'un « bon » cristal ; en l'occurrence : d'un quartz idéal, pur. Les lois géométriques de formation des cristaux, forgées à partir des lois de conduction de la chaleur dans les cristaux, permettent la réalisation technique de ce quartz¹²⁹. Celui-ci est « une géométrie matérialisée », une théorie matérialisée. Pas seulement un « objet », mais un « instrument » par lequel peuvent se produire les phénomènes piézo-électriques sans déformation ou perturbations rédhibitoires.

Qu'un corps matériel puisse être un produit technique dont la cause est une construction rationnelle, la chimie moderne en témoigne d'une manière exemplaire et laisse peu de place au scepticisme.

Dès 1932, disions-nous, Bachelard soulignait qu'en chimie « ce qui est systématiquement possible peut être réalisé dans le sens plein du terme. »¹³⁰ En 1935, il confirme que la chimie moderne élabore une « atomistique axiomatique » qui fonde une « atomistique instrumentale »¹³¹ Le substantif pensé sur le plan nouménologique, le « substitut rationnel »¹³² est substantialisé. La substance chimique réalise le noumène. Les substances chimiques pures¹³³ ne sont pas trouvées dans la nature, mais produites techniquement¹³⁴.

Nous avons déjà évoqué des exemples de substances simples, d'atomes qui ont été déduits de la loi périodique qui préside au tableau de Mendeleïev. Le technétium et le prométhium avaient leur place assignée par l'harmonie, le pluralisme cohérent des substances, de même que le scandium, découvert en 1879, et le gallium et le germanium, découverts respectivement en 1875 et 1888. Et, en gagnant en cohérence, tout d'abord avec

¹²⁹ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 202 ; point déjà évoqué par Bachelard dans *L'Etude sur l'évolution d'un problème de physique*.

¹³⁰ *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, op.cit, p. 229.

¹³¹ *Les Intuitions atomistiques*, Vrin, 2^e édition, 1975, p. 135.

¹³² *La Philosophie du non*, op.cit, p. 60.

¹³³ La pureté n'est pas absolue. Elle est fonction de sa méthode de production. Non seulement on ne peut définir une substance en dehors de relations avec d'autres substances, mais il faut lier sa pureté au procédé d'épuration (cf. *La Philosophie du non*, op.cit, p.70), c'est-à-dire encore à une interaction substantielle puisqu'on sépare, d'un mélange complexe de matières, un corps simple ou un corps composé ayant une homogénéité lui conférant une identité à travers l'espace et le temps. De manière plus radicale on pourra s'interroger : que signifie la pureté d'un atome lorsqu'on a affaire à des isotopes repérables par un spectromètre de masse ?

¹³⁴ Cf. *Ibid.*, p. 53.

une classification périodique selon le numéro atomique et non plus la masse atomique¹³⁵, le pluralisme pouvait et peut encore être artificiellement augmenté en s'appuyant cette fois sur les calculs de la mécanique quantique qui ordonne énergétiquement les corpuscules constituant la structure des atomes. Tous les transuraniens (au-delà du 92^e élément qui est l'uranium-238) sont artificiels. Ils procèdent du bombardement d'un noyau atomique pour augmenter son nombre de protons et donc son nombre d'électrons.

Mais il n'y a pas que les substances simples qui peuvent être produites techniquement, mais plus encore les substances composées. Les composés organiques¹³⁶ (composés moléculaires contenant du carbone et souvent de l'hydrogène) et les composés inorganiques (tous les autres composés) répondent à des lois de composition constantes éclairées par une « raison » quantique qui explique les possibilités d'union, de liaisons atomiques avant tout constat empirique ; et qui permet d'expliquer les formules et les modèles des composés moléculaires et ioniques¹³⁷ : les formules indiquant le nombre d'atomes ou d'ions de chaque élément ; les modèles indiquant la forme du composé, la longueur des liaisons entre les atomes ou les ions, ainsi que les angles entre les liaisons.

La chimie moderne s'industrialise. Elle peut produire des substances « en série »¹³⁸, des « substances sans accidents »¹³⁹. Un médicament comme l'aspirine est une substance composée pure dont la production technique par les laboratoires pharmaceutiques « réalise sans accident son essence », c'est-à-dire « l'absolu de sa formule »¹⁴⁰. Au niveau moléculaire, l'aspirine est saturée de rationalité. Sa matière elle-même ne tient plus en réserve une irrationalité, une indétermination foncière qui viendrait singulariser un comprimé¹⁴¹.

V

Les garanties objectives du réalisme scientifique

Que retenir de toute cette polémique contre le « réalisme naïf » et le « réalisme philosophique » ? Leur défaite. Défaite conjointe du « réalisme naïf », qui s'appuie sur l'objet naturellement donné, et du « réalisme philosophique », qui s'appuie sur l'irrationalité de l'objet pour affirmer sa réalité.

¹³⁵ On a vu que l'argon devait être déplacé ; précisément : avant le potassium, pourtant de masse atomique moindre. On trouve une anomalie semblable avec le cobalt et le nickel, de même avec le tellure et l'iode. Il revient à Moseley d'avoir établi la formule permettant de calculer le numéro atomique de chaque élément.

¹³⁶ On a cru pendant longtemps que seuls les organismes vivants pouvaient les produire.

¹³⁷ Les composés moléculaires sont les molécules formées d'atomes (ex : l'eau : H₂O). Les composés ioniques sont formés par des ions : des atomes chargés positivement ou négativement (ex : le chlorure de sodium : Na⁺Cl⁻). Il est à noter que certains ions sont polyatomiques. Les atomes liés ensemble ont alors une charge globale positive ou négative (ex : l'ion carbonate, CO₃²⁻). Ils se combinent avec d'autres ions pour former un composé de charge globale neutre (ex : le carbonate de sodium : Na₂CO₃).

¹³⁸ *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 81.

¹³⁹ *Ibid.*, p. 80.

¹⁴⁰ *Ibid.*, p. 81.

¹⁴¹ Voir également : *La Formation de l'esprit scientifique*, Vrin, 11^e édition, p. 249.

Triomphe donc du « réalisme instruit » et « technique » qui, en chimie, construit la substance chimique en égalant sa matérialité à sa rationalité nouménale et qui, en physique, « crée » des phénomènes qui ne sont pas naturellement donnés, mais qui sont préalablement construits par la pensée rationnelle.

Les garanties d'objectivité du « réalisme scientifique » soutenu par Bachelard tiennent à la fois des caractères intrinsèques des « noumènes » et de la fonction et du statut de la technique au sein de la physique et de la chimie modernes.

Nous l'avons indiqué : le noumène qui résulte d'une induction mathématique « transcendante »¹⁴², — en ce sens qu'il dépasse l'ordre des phénomènes sensibles et des lois phénoménologiques, — et non pas simplement « amplifiante », dessine sur un plan *a priori* le cadre formel des possibilités du réel.

La généralisation complexifie¹⁴³ en plaçant le phénomène dans toutes ses occurrences possibles ; bref : en le saisissant dans ses « possibilités harmoniques »¹⁴⁴ pour faire face à toutes ses « spécifications », à toutes ses « réalisations »¹⁴⁵. La généralisation ne résume pas économiquement et abstraitement les faits. Le possible mathématique, enfermant la riche complexité des relations, des rapports constitutifs d'un phénomène, déborde le réel de l'expérience¹⁴⁶. Ce dernier peut dès lors apparaître comme un exemple, généralement simplifié, de l'organisation mathématique qui coordonne apodictiquement les rapports, les relations entre notions qui prennent par là une définition en compréhension, comme dans l'axiomatique.

À l'instar de ce qui se passe en mathématique pure où la figure des carrés sur les côtés d'un triangle rectangle peut être considérée comme un phénomène exemplaire réalisant le « noumène mathématique », « la cause profonde » de la pythagoricité du triangle rectangle¹⁴⁷, la cohésion phénoménale du réel peut exemplifier, spécifier ou particulariser la cohérence rationnelle du « noumène physico-mathématique » ou du « noumène chimique ».

À la limite, comme nous l'avons déjà indiqué, l'organicité apodictique de la nouménologie pourrait suffire pour garantir l'objectivité du noumène. Une théorie apparaît « vraie » avant d'apparaître réelle, tant la « nécessité constructive » impose la forme du réel. Et « la réalité se soumet à la possibilité, elle respecte le jeu qui lui a été imposé par le

¹⁴² *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 46.

¹⁴³ Cf. *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, op.cit, p. 221, *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 97.

¹⁴⁴ *Etude sur l'évolution d'un problème de physique*, op.cit, p. 163.

¹⁴⁵ *Ibid.*, p. 163.

¹⁴⁶ *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 81-82 ; *L'Evolution d'un problème de physique*, op.cit, p. 123.

¹⁴⁷ Cf. *Supra*, Premier chapitre, V. Bouligand procède à une méthode d'induction transcendante, contre la méthode d'identification de Meyerson, pour atteindre la loi de construction rationnelle du théorème de Pythagore ; loi dont la puissance symbolique s'étend à toutes les figures similaires sur les côtés du triangle rectangle.

possible, elle y persiste comme une toupie qui s'endort autour d'un axe mathématiquement remarquable. »¹⁴⁸

Cependant, à cette garantie d'objectivité s'ajoute celle de la technique. En 1929, la technique était encore considérée comme extérieure à la science¹⁴⁹. Mais en tant qu'application de la science, Bachelard notait déjà que « la technique réalise pleinement son objet et cet objet, pour naître, a dû satisfaire des conditions si nombreuses et si hétérogènes, qu'il échappe aux objections de tout scepticisme. »¹⁵⁰ C'est dire que les produits des techniques industrielles sont des réalités qui incarnent une forme rationnelle, une cause formelle. Le rationnel est posé et imposé dans la réalité avec son ordre de grandeur et sans résidu irrationnel, car la matière n'a pas à être travaillée, structurée « au-delà des limites qu'assigne le but poursuivi »¹⁵¹. Les produits techniques ne sont donc plus individualisés par la matière. Ce pourquoi ils ont une « grâce schématique »¹⁵² ; ils sont entièrement définis par cette « cause formelle » dont on ne peut nier qu'elle soit effectivement leur « cause réelle ».

À partir de 1931, la technique est conçue comme intrinsèque à la science. Le « réalisme technique » y est importé ; ce qui signifie qu'on ne doutera pas du produit réalisé, non plus que de la cause qui le produit : non seulement le produit existe, il est réel, mais encore il réalise, au sens plein du terme, une « cause formelle », un « noumène ». La matière de la substance ou du phénomène produit est « sans irrationalité »¹⁵³, ce qui frappe de nullité le « réalisme substantialiste » ou le « réalisme philosophique » de Meyerson qui s'appuie, comme on sait, sur celle-ci pour « affirmer une réalité »¹⁵⁴. La rationalité intrinsèque du produit éloigne le « réalisme technique » des « tolérances pragmatiques »¹⁵⁵ ; pragmatisme selon lequel la production technique de phénomènes et de substances n'est pas nécessairement accompagnée de raison, sinon de type hypothétique.

Le scepticisme de principe ou « l'agnosticisme positiviste »¹⁵⁶, quant à l'objectivité du noumène, n'est plus opérant. Le noumène n'est pas simple hypothèse *a priori* portant sur la cause de production des phénomènes, mais synthèse *a priori*¹⁵⁷, corps de notions définies par leurs relations et dont le phénomène est une particularisation. Le « réalisme technique » couplé à la « rationalité nouménologique » a une portée ontologique. Le réel réalisé atteste le rationnel dans son objectivité. L'objectivité est prouvée par l'objectivation technique. Mais ne reste-t-il aucune objection ? Ne peut-on objecter que l'ontogenèse technique des phénomènes et des substances n'engendre que des artifices qui ne relèvent

¹⁴⁸ *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 93.

¹⁴⁹ Cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, chap. IX.

¹⁵⁰ *Ibid.*, p. 155.

¹⁵¹ *Ibid.*, p. 161.

¹⁵² *Ibid.*, p.

¹⁵³ *La Philosophie du non*, op.cit, p. 6.

¹⁵⁴ *Ibid.*, p. 7.

¹⁵⁵ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 9.

¹⁵⁶ *Ibid.*, p. 9.

¹⁵⁷ Cf. *Ibid.*, p. 10.

pas de la réalité naturelle et qui, de ce fait, ne sauraient garantir la rationalité objectivée comme étant de l'ordre de la nature ?

L'objection est mineure. Au fond, elle accorde l'essentiel ; à savoir qu'une construction mathématique inventée par l'esprit puisse se réaliser, s'objectiver. Elle réclame simplement quelques précisions.

Certes Bachelard écrit que « la science d'aujourd'hui est délibérément factice, au sens cartésien du terme. Elle rompt avec la nature pour constituer une technique. Elle construit une réalité, trie la matière, donne de la finalité à des forces dispersées. »¹⁵⁸ Et si l'on se souvient que, pour Descartes, les « idées factices » sont des fictions de l'imagination (chimères, sirènes...etc.)¹⁵⁹, alors on se demandera si le travail scientifique porte sur la découverte de la nature.

Mais une rupture avec la nature ne signifie pas que celle-ci est inévitablement congédiée. Bien plutôt, elle est travaillée, transformée, purifiée, concentrée dans ses forces, ses formes, ses structures, sa matière, afin que les phénomènes physiques ou les substances physiques apparaissent à volonté, c'est-à-dire sans que le scientifique soit livré à leur seule rencontre occasionnel. La construction reproductible se substitue à la constatation contingente.

Si Bachelard parle, à propos des phénomènes de la physique contemporaine, de leur « fabrique »¹⁶⁰ ou encore de leur « création »¹⁶¹ et de leur « invention »¹⁶², cela ne signifie pas qu'ils sont le produit d'une imagination trouvant ses ressorts dans l'inconscient psychique. Il s'agit, à partir d'un noumène, de le réaliser techniquement, de dynamiser rationnellement les forces de la nature et de provoquer l'émergence du phénomène qui, autrement, pourrait ne pas apparaître et rester de l'ordre d'une possibilité endormie de la nature. La rationalité du noumène est en prise avec la rationalité de la nature.

De même, mais de manière peut-être plus éclatante¹⁶³, la chimie moderne peut-être caractérisée comme « factice », comme faisant « profession de facticité »¹⁶⁴ ; il distingue les substances qui existent déjà dans la nature de celles qui n'existent pas et sont entièrement le fait de l'homme. Les substances naturelles, celles qui existent et dont la nature offre des exemples, « le chimiste doit, en quelque manière les refaire pour leur donner un statut de pureté convenable »¹⁶⁵. Que celles-ci soient simples ou composées, le « matérialisme instruit » par la rationalité nouménale les crée. Le mélange des substances et le désordre naturel dans lequel on les trouve est rectifié techniquement, c'est bien encore devant des substances de la nature que se trouve le chimiste, mais il s'agit d'une « nature

¹⁵⁸ *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 9.

¹⁵⁹ Elles se distinguent des « idées adventices » provenant des sens et des « idées innées ».

¹⁶⁰ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 17.

¹⁶¹ *La valeur inductive de la réalité*, op.cit p. 8.

¹⁶² « *Noumène et microphysique* », in op.cit, p. 17-19.

¹⁶³ Cf. *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 209.

¹⁶⁴ *Ibid.*, p. 22.

¹⁶⁵ *Ibid.*, p. 22 ; également : p. 209.

neuve »¹⁶⁶, d'une nature non pas constatée par une observation livrée à l'occasion d'une rencontre, mais reconstruite¹⁶⁷ en laboratoire, synthétisée matériellement pour les substances composées, voire pour les substances simples (isotopes, transuraniens¹⁶⁸, par exemple) avec la garantie d'un degré de pureté. Ainsi, les substances chimiques simples ou composées, tout en n'étant pas des « données naturelles », n'en sont pas moins des substances de la nature. D'une nature plus ordonnée, si les substances en question sont plus homogènes. Le noumène réalisé techniquement est donc bien la mise en œuvre d'une rationalité intrinsèque à la nature et sous-jacente au phénomène chimique.

Quant aux substances qui n'existent pas dans la nature et qui sont créées par l'homme, la chimie moderne en donne, sur un plan nouménal, les formules et les modèles synthétiques avant de les réaliser techniquement. Elles réalisent sans accident l'absolu de leur formule.

Création de matières nouvelles ou reconstruction de matières naturelles homogènes, la chimie moderne porte donc les unes et les autres à égalité de facticité en ce qu'elles sont la réalisation technique de noumènes. Loin du pragmatisme qui prépare une substance sans en connaître la rationalité et la cause, loin du conventionnalisme qui tient les formules, les modèles et les symboles chimiques, voire la cartographie de la molécule pour de simples « représentations » conventionnelles sans portée réaliste¹⁶⁹, la facticité du réalisme technique ordonnée au rationalisme instruit par un noumène, brise net tout scepticisme quant à la valeur ontologique du noumène. Insistons-y : pour la chimie, le noumène est constitutif de l'être matériel ; et cette constitution n'est pas une convention théorique, mais une suite d'opérations détaillées dont s'acquitte une société de techniciens.

VI

L'ontologie du « réalisme scientifique »

Pour la chimie et la physique modernes, la nouménologie possède donc une validité ontologique, car celle-ci trouve sa garantie objective dans ce qu'on peut appeler « l'ontogénie technique » qui incarne les noumènes. Bachelard n'est pas loin d'une telle expression, lorsqu'il affirme que « la science physique contemporaine est donc une indissoluble union abstraite-concrète. Elle ne vise pas une ontologie. Elle réalise plutôt des ontogénèses. Il faut donc bien, à note avis, la caractériser comme une épistémologie ontogénique, comme un rationalisme appliqué. »¹⁷⁰ Le *logos* mathématique du nouvel esprit scientifique réalisé techniquement fait émerger des phénomènes en provoquant l'Être, voire engendre un être, comme « complexe de rapports »¹⁷¹, totalité de relations en

¹⁶⁶ *Ibid.*, p. 78.

¹⁶⁷ « Le chimiste pense et travaille à partir d'un monde recommencé », cf. *Ibid.*, p.22.

¹⁶⁸ Leur statut est frontalier. Ils sont déductibles du tableau de Mendeleïev, mais dans la nature ils sont instables. Cf. *Le Matérialisme rationnel*, chap.III, p.100, p. 106 sq.

¹⁶⁹ Cf. *Ibid.*, p.121, p. 145, p. 150, p. 156-157.

¹⁷⁰ *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 43.

¹⁷¹ *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 209.

actualisant les possibilités réelles de l'Être, précisément reconstruites théoriquement dans ce tissu de relations mathématiques qu'est un noumène.

La nouménologie couplée à « l'ontogénie technique » enveloppe une ontologie ; ontologie *a posteriori* qui, tout en étant « générique » (ce que nous expliciterons dans un instant), se pluralise, se spécifie en fonction de strates discontinues et hiérarchisées de l'Être. Ce pourquoi cette ontologie est déclarée « morcelée »¹⁷² ou encore « fractionnée »¹⁷³.

Analysons et justifions ces caractéristiques.

Quelques expressions extraites de « *Noumène et microphysique* » ou de *La Valeur inductive de la relativité* pourraient nous laisser croire que « l'ontologie générique » de Bachelard est *a priori* et s'impose aux phénomènes chimiques et physiques par un coup de force de la raison ou par une nécessité structurelle de la raison. Ainsi : « au commencement est la relation, c'est pourquoi des mathématiques règnent sur le réel. »¹⁷⁴ Ainsi, « la relation affecte l'être, mieux elle ne fait qu'un avec l'être. » ; ou encore, un peu plus loin, « les conditions mathématiques indiquent l'être parce qu'elles sont elles-mêmes une partie de l'être, ou mieux encore on peut dire que l'être n'est fait que de leur coordination et de leur richesse. »¹⁷⁵. Mais, comme nous l'avons vu, l'audace métaphysique de Bachelard qui consiste à ontologiser les relations mathématiques en affirmant un « réalisme de relations », est directement impliquée et fondée par la microphysique, les théories de la relativité restreinte et générale, ainsi que par la chimie quantique, c'est-à-dire des rationalités mathématiques réalisées techniquement.

Ce que nous appelons l'ontologie générique est donc extrait d'une épistémologie de la physique et de la chimie moderne. Cette ontologie est *a posteriori*, même si par après elle en vient à jouer le rôle d'un *a priori* de l'esprit scientifique.

Passons au caractère « générique ».

Le rôle accru, dans la chimie et la physique modernes, du noumène mathématique retenant ce qui est d'ordre relationnel, fut condition d'apparition de « l'ontologie générique » de Bachelard : l'Être, du moins l'être physique et chimique, est Relation ; et la Relation est d'essence mathématique.

Cette ontologie de la Relation mathématique déborda le niveau de la microphysique, des hautes énergies et des grandes vitesses, pour s'appliquer à l'ensemble des êtres physiques et chimiques. Cette dimension « générique » s'affirma de manière concomitante à l'effondrement du « réalisme de la substance » qui occultait le fait épistémologique

¹⁷² *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 77.

¹⁷³ *Ibid.*, p. 69.

¹⁷⁴ « *Noumène et microphysique* », in op.cit, p. 19.

¹⁷⁵ *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 211.

qu'une substance se résout dans un complexe d'attributs qui, eux-mêmes, se révèlent dans des rapports, des relations.

En effet, un « réalisme de la substance » pouvait encore paraître fonctionnel et légitime dans une approche des phénomènes physiques et chimiques de « première approximation », c'est-à-dire des phénomènes d'un « ordre de grandeur » de l'expérience commune¹⁷⁶. Les phénomènes paraissant être les manifestations de choses localisées, relativement permanentes et pourvues de propriétés intrinsèques qu'elles manifestent en établissant des relations entre elles.

Mais, au niveau même de la « première approximation » et sans recourir à la « deuxième approximation », qui correspond le plus souvent à l'approche théorique des phénomènes microphysiques¹⁷⁷, Bachelard dénonce cette conception de l'être comme substance « absolue » et « pure ». La substance n'est pas un sujet d'inhérence ou un support d'attributs intrinsèques. La substance est l'unité de ses attributs, de ses prédicats qui consistent en relations, en rapports, en interactions. La substance se résout dans ses propriétés extrinsèques. « Complexes de rapports », elle n'a plus de profondeur transcendante¹⁷⁸ et pourra être désignée de manière plus légitime par les termes de « sur-substance » ou d'« ex-tance »¹⁷⁹.

Cette conception, qui solidarise les propriétés d'une substance avec une expérience la conditionnant et la sensibilisant extérieurement, est déjà arrêtée par Bachelard dans sa thèse de 1927, alors qu'elle porte presque exclusivement sur les phénomènes de « première approximation ». Ainsi écrit-il : « le physicien n'admet pas une existence sans force, sans résistance, placide, inerte. »¹⁸⁰ On ne peut croire à un être substantiel « absolu », inconditionné, isolé et « pur », sans mélange, défini dans son identité, sans subrepticement occulter les conditions expérimentales de sa détection. Par exemple, lorsqu'on pose une substance comme isolée, sans rapport avec d'autres substances, sans aucune interaction avec un instrument de détection, au moins reste-t-il qu'on la pense comme localisée, comme occupant une place dans l'espace. Mais, dira-t-on, quel espace ? L'espace visuel, tactile ? Où le localiser s'il agit par attraction newtonienne ou par champ électrique ? Enfin, comment être sûr de ses limites, de sa surface « impénétrable » qui permet de le repérer ? Le toucher peut déterminer les limites d'une chose de notre expérience usuelle. Mais dès lors que la tentative de détermination se fera en fonction d'un détecteur de plus

¹⁷⁶ Cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 57.

¹⁷⁷ Cf. Entre autres : « **Noumène et microphysique** », in op.cit ; *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, L I, chap. I ; *La Philosophie du non*, op.cit pp. 71-72 ; *L'Activité rationaliste contemporaine*, op.cit, p.19, p. 31. Cependant, sans qu'il y ait là contrariété, la deuxième approximation désigne parfois l'analyse d'une constante présente dans une loi phénoménologique ; constante qui est résolue en une fonction, c'est-à-dire dans des relations de variables (cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, pp. 102-103). Dans un cas on désigne un niveau de l'Être sous-jacent au précédent ; dans l'autre, l'approche théorique de ce niveau.

¹⁷⁸ Cf. *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 96.

¹⁷⁹ *La Philosophie du non*, op.cit, p. 78 ; *Le rationalisme appliqué*, op.cit, p. 39 ; *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 197.

¹⁸⁰ *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, p. 76.

haute énergie, le contour de la chose pourra disparaître. « Je ne puis donc dire : tel objet est là, sans exprimer également les conditions de sa détection. »¹⁸¹

Quant à la « pureté » substantielle, outre qu'elle suppose une « localisation », elle n'a pas de sens en dehors des moyens de purification pour obtenir une homogénéité. Celle-ci est donc toujours relative à ces moyens.

L'existence d'un être se prouve donc toujours par la relation¹⁸². Sans relation, pas d'attributs repérables. Et, sans attributs, pas de substance ou plutôt « d'ex-stance ».

L'approche des détails négligeables en « première approximation », fit apparaître en « deuxième approximation »¹⁸³ des microphénomènes aux propriétés nouvelles dont l'interprétation scientifique précipita, comme nous le savons maintenant, l'effondrement du « réalisme de la substance » pour lui substituer le « réalisme des relations » d'essence mathématique. Réalisme dont la portée est ontologique, puisque les « noumènes organiques »¹⁸⁴ des microphénomènes en sont les « causes rationnelles » cachées, tout à la fois constitutives et constructives de ces microphénomènes ; ce que démontre bien le « réalisme technique » couplé au « rationalisme nouménologique ».

De cet effondrement du « réalisme de la substance », Bachelard en donne, tout au long de son œuvre, de multiples exemples. Nous en avons vu un certain nombre tant en chimie qu'en physique. N'hésitons pas à revenir sur ceux dont Bachelard estime qu'ils sont exemplaires de sa critique du « réalisme substantialiste ».

Les divers corpuscules (photon, électron, proton, neutrino...etc.) « ne sont pas, à proprement parler, des substances. »¹⁸⁵ Un corpuscule n'est pas un petit corps aux dimensions et aux formes assignables qui occuperait une place précise et qui serait parfaitement individualisé : donc discernable, en dehors d'une structure d'un autre de même espèce¹⁸⁶. Quant aux dimensions et à la forme, pensons à un photon. Celui-ci est déterminé par son énergie, par la fréquence de son rayonnement, par son influence, son action¹⁸⁷. On ne peut lui assigner une forme ou une dimension. Même si on parle de « grain » d'énergie, le photon n'est pas un petit solide défini géométriquement. D'ailleurs, l'approche expérimentale du photon lui reconnaît autant un aspect corpusculaire qu'ondulatoire, sans pouvoir assigner une place précise à ce « grain » d'énergie (la relation d'incertitude de Heisenberg). Le photon n'est pas une substance, au sens classique du terme, mais le sujet d'une énergie de rayonnement, c'est-à-dire, encore une fois, la réalisation d'un attribut qui se manifeste dans une relation, une interaction.

¹⁸¹ *Ibid.*, op.cit, p. 76.

¹⁸² La détection par la mesure étant une manière de produire une relation.

¹⁸³ *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, pp. 68-69.

¹⁸⁴ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 10.

¹⁸⁵ *L'Activité de la physique contemporain*, op.cit, p. 48.

¹⁸⁶ Cf. *Ibid.*, chap. III.

¹⁸⁷ Cf. *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 65.

Enfin, les corpuscules appartenant à une même classe ne peuvent être discernés les uns des autres. Par exemple, un électron dans un atome n'est pas individualisé autrement que par les nombres quantiques de sa fonction d'onde, c'est-à-dire par les relations qu'il entretient avec les autres électrons et les protons du noyau. « Qu'on saisisse bien la subtilisation du réalisme. Ici le nombre devient un attribut, un prédicat de la substance. »¹⁸⁸ En dehors de cette structure relationnelle, il ne peut être individualisé. Il perd même un certain nombre de ses attributs. Dans les termes d'un substantialiste on dira qu'il perd ses propriétés. Mais, pour un réaliste des relations, les attributs ne peuvent plus être posés comme des propriétés ; ils sont relationnels : « l'unique n'a pas de propriétés. »¹⁸⁹

En passant des corpuscules au corps chimiques simples ou composés, la critique du réalisme substantialiste et son résultat sont les mêmes. Le « corps chimique » devient, en deuxième approximation, un « corps arithmétique »¹⁹⁰, c'est-à-dire une configuration relationnelle entre composants ; bref : une « structure ». Et comme l'arithmétique quantique est d'essence probabilitaire, la stabilité du corps chimique, ses réactions, bref ses attributs, seront fonction de ces probabilités quantiques. Ainsi l'atome de carbone, dont les propriétés, comme tous les atomes, est fonction de sa valence chimique, n'est pas toujours et nécessairement tétravalent¹⁹¹. Dans une formule que Bachelard reconnaît comme polémique, il affirme : « la substance chimique n'est que l'ombre d'un nombre. »¹⁹² Dans une formule moins sibylline, mais tout aussi polémique, Bachelard affirme que : « les qualités substantielles sont au-dessus de l'organisation structurale ; elles ne sont pas au-dessous. »¹⁹³ Elles sont des effets de structure, des effets de relations entre composants, « des faits de compositions » et non pas « des faits dans une structure intime des composants »¹⁹⁴, et pour autant que cette structure est sensibilisée ou conditionnée extérieurement. D'où la juste formule « d'ex-stance » qui signifie exactement : ce qui se tient comme unité de qualités relationnelles ou de déterminations extrinsèques¹⁹⁵.

Que ce soit au niveau des phénomènes ou des microphénomènes, en « première approximation » ou en « deuxième approximation », il faut donc, tout d'abord, affirmer la primauté épistémologique de la Relation pour définir un être et prouver son existence. Tout

¹⁸⁸ *Ibid.*, op.cit, p. 83.

¹⁸⁹ *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 197. Voir également « **Noumène et microphysique** », in op.cit, p.13 : « il semble bien que dans le monde de la microphysique l'unique n'a pas de propriétés substantielles. »

¹⁹⁰ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 54.

¹⁹¹ Du point de vue de la chimie quantique, le carbone est bivalent. Mais dans la plupart de ses réactions chimiques avec d'autres corps, on doit le reconnaître comme tétravalent. Ainsi du point de vue quantique, on discernera un « état fondamental », c'est-à-dire d'énergie la plus basse dans laquelle la configuration la plus probable des électrons rend le carbone fonctionnellement « bivalent », d'un « état excité » dans lequel la configuration électronique le rend « tétravalent ». On ajoutera que dans sa liaison avec l'oxygène, liaison covalente double (mise en commun de deux doublets d'électrons entre C et O) le carbone apparaît trivalent. Les valences du carbone sont donc fonction de la probabilité de présence des électrons dans les orbitales électroniques qui configurent le carbone. Et cette probabilité est elle-même fonction de l'énergie perturbatrice et de déformation des orbitales électroniques d'autres atomes pour former des molécules.

¹⁹² *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 86.

¹⁹³ *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 96.

¹⁹⁴ *Ibid.*, p. 96.

¹⁹⁵ Cf. *La philosophie du non*, op.cit, p. 78 ; *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 39 ; *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 197.

réalisme, enclin à postuler des substances, des choses qu'il dotera éventuellement d'une profondeur transcendante inconnue, n'est au fond « qu'un mode d'expression de cette relation ; on ne peut pas penser en deux fois le monde des objets : d'abord comme relatifs entre eux, ensuite comme existant chacun pour soi. Encore bien moins dans l'ordre inverse, car on en revient toujours à prouver l'existence par la relation. »¹⁹⁶ Or une telle primauté épistémologique, assortie d'une garantie objective (le « réalisme technique » couplé au « rationalisme nouménologique ») valide une « ontologie générique » qui affirme, pour l'être physique et chimique de première et deuxième approximation, c'est-à-dire pour tout genre de l'Être, le primat de la Relation d'essence mathématique : l'être est relation et le noumène mathématique le détermine.

Le caractère « générique » de cette ontologie étant posé, il faut reconnaître que le genre n'efface pas la spécificité des niveaux d'être, des degrés d'être qui correspondent à « l'ordre de grandeur »¹⁹⁷ des relations qui sont appréhendées scientifiquement.

L'ordre de grandeur des microphénomènes n'est pas celui des phénomènes sensibles de notre expérience usuelle. L'échelle de détection des êtres, par des moyens le plus souvent indirects, est en rupture avec l'échelle d'observation et de détection de l'expérience commune. La physique et la chimie contemporaines en s'installant dans l'ordre de grandeur de l'infiniment petit font émerger techniquement un nouveau monde en discontinuité qualitative et quantitative par rapport au monde précédent.

Ce nouvel ordre de grandeur dans l'existence des relations est un nouvel ordre ontologique, un degré d'être spécifique ; ce que Bachelard a reconnu dès sa thèse de 1927¹⁹⁸. Les principes et les catégories déterminant l'objectivité d'un objet qui valaient dans l'appréhension comme *a priori* dans l'appréhension des phénomènes de l'expérience commune, se devaient d'être refondés. Une nouvelle ontologie de l'objet, qui fût en adéquation avec la strate de l'être que le rationalisme scientifique et technique appréhendait et détectait, s'avérait nécessaire.

L'ontologie devenait « fractionnée »¹⁹⁹ ou « morcelée »²⁰⁰, puisque l'être se présentait « sous des écorces concentriques »²⁰¹. En ce sens aucune « ontologie générale », aucune *Analytique des principes* pérennes d'une raison immuable déterminant *a priori* l'objet n'était légitime. Chaque strate appelle, en effet, un effort de l'esprit ; et c'est sur ces strates, ces écorces de l'Être, aux ordres de grandeur discontinus et hiérarchisés, qu'est ouvert le rationalisme, en corrélation avec les instruments techniques de détection des phénomènes faisant émerger ces strates.

¹⁹⁶ *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 211.

¹⁹⁷ Cf. *Supra*, note n° 18 de notre introduction.

¹⁹⁸ Cf. *Essai sur la connaissance approchée*, op.cit, pp. 57, 70, 73, 75-76.

¹⁹⁹ *Ibid.*, p. 69.

²⁰⁰ *Ibid.*, p. 77.

²⁰¹ *Ibid.*, p. 76.

Proportionnée à la rectification des « noumènes organiques » dont les phénomènes sont la réalisation, l'ontologie elle-même se « fractionne ». Entendons que chaque niveau d'Être, en rupture avec le précédent, trouve une nouménologie spécifique, c'est-à-dire, au fond, son « ontologie particulière ».

En chimie quantique, nous avons vu longuement que la catégorie d'« ex-stance » prend la place de celle de « substance ». La notion d'espace-temps en Relativité restreinte et généralisée remplit la fonction d'une forme *a priori* informant les phénomènes électromagnétiques²⁰² qui ne sont plus directement de l'ordre de l'intuition sensible. Ou encore, la masse d'un corps, que l'on pouvait croire absolue avec Newton, — quand bien même elle se donnait dans la corrélation des notions que constitue la loi fondamentale de la dynamique²⁰³, — devient, avec Einstein, relative à sa vitesse. Le « rationalisme complet »²⁰⁴ de la Relativité restreinte, qui porte tout d'abord sur les phénomènes électromagnétiques, fait de la « masse » elle-même une structure fonctionnelle interne, un « élément complexe »²⁰⁵ fonction de sa vitesse.

Sans reprendre de multiples exemples déjà avancés, on s'aperçoit que l'ontologie réaliste suit la réalisation du rationalisme, l'ontogénie des noumènes. Et si le rationalisme « se multiplie, se segmente, se pluralise »²⁰⁶, alors l'ontologie réaliste elle-même se segmentera, se pluralisera, se multipliera au rythme des conquêtes de la raison.

Mieux, à une même échelle, au sein d'un même ordre de grandeur de phénomènes, tout être nouménal ne pourra être affirmé exister au même degré : « à notre point de vue, tout n'est pas réel de la même façon, la substance n'a pas, à tous les niveaux, la même cohérence ; l'existence n'est pas une fonction monotone ; elle ne peut pas s'affirmer partout et toujours du même ton. »²⁰⁷ Dans le cadre d'un « réalisme instruit, la réalité devra être acceptée comme une « réalité feuilletée »²⁰⁸. Des discontinuités, entre « feuillets » de l'Être apparaîtront. Et, au sein d'un même « feuillet », d'un même domaine de réalisation de noumènes, par exemple au niveau des corpuscules, le nouvel esprit scientifique ne confèrera pas le même degré d'existence au photon, à l'électron, au proton ou au neutrino et au positron.

Comparé à l'électron dont l'existence théorique et technique est garantie par de multiples expériences convergentes, une particule comme le « neutrino », quoique nécessaire sur le plan du noumène mathématique, possède encore un statut ontologique

²⁰² Cf. « La dialectique philosophique des notions de la relativité », in *L'Engagement rationaliste*, P.U.F., 1972, pp 128-129.

²⁰³ $\vec{f} = m\vec{a}$

²⁰⁴ *La Philosophie du non*, op.cit, pp 42-43. Il distingue le rationalisme fermé de Newton et de Kant, du rationalisme ouvert d'Einstein qui, précisément, ouvre la simplicité apparente de la notion de masse à sa complexité, pour en faire une fonction de la vitesse : $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

²⁰⁵ *Ibid.*, p. 31.

²⁰⁶ *Ibid.*, p. 32.

²⁰⁷ *Ibid.*, pp. 54-55.

²⁰⁸ *Ibid.*, p. 55.

« déficient »²⁰⁹ : « charge nulle, masse nulle »²¹⁰ ; et les physiciens en 1951, date de publication de *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, ont des difficultés à trouver des phénomènes l'exemplifiant, le particularisant de manière convergente et probante.

Le « neutrino » dont parle Bachelard est plutôt, selon l'expérience de la désintégration β^- d'un corps radioactif²¹¹, ce que la physique nucléaire sait être l'antineutrino électronique ($\bar{\nu}_e$)²¹². Ce « neutrino » est d'abord une nécessité de la pensée physico-mathématique.

Un « noyau-père » radioactif, le noyau d'un atome radioactif, était supposé se désintégrer ou se rompre en un « noyau-fils », différencié ainsi du premier, et accompagné de l'émission d'un électron, chacun étant pourvu d'une énergie cinétique. Plus précisément, l'éjection de l'électron, la perte d'une charge négative, fut interprétée comme la transformation, au sein du noyau, d'un neutron en proton accompagné de l'émission d'un électron hors du noyau.

Mais la loi de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement imposait pour l'électron une énergie cinétique déterminée. Or Chadwick, en 1914, observa un spectre large et continu de valeurs pour l'énergie cinétique de l'électron émis par l'émetteur bêta typique (gaz monoatomique) ; valeurs, pour la plupart, bien en-deçà de l'énergie cinétique maximale que les électrons auraient dû avoir. En 1930 Pauli résout la « contradiction » en préservant contre les sceptiques la loi de conservation de l'énergie dont il fait un principe : il postule le « neutrino », censé emporter la quantité d'énergie cinétique qui semble faire défaut à l'électron.

Mais, comment caractériser ce « neutrino » sur le plan du noumène ?

Le principe de conservation de la charge électrique imposait qu'il fût neutre électriquement ; Fermi l'a donc baptisé pour cette raison : « petit neutron », « neutrino ». Le principe de conservation de la quantité de mouvement ($q=mv$) imposa de le caractériser comme ayant une masse quasi nulle. Ainsi Perrin, en 1933, le caractérise comme ayant « une masse intrinsèque nulle ». Enfin, le principe de conservation du moment cinétique imposa de lui conférer un spin ($\frac{1}{2}$).

Précisons que dans la désintégration β^- , il s'agit d'un antineutrino ($\bar{\nu}_e$) qui est requis, car son spin est parallèle à son vecteur quantité de mouvement ; ce que la science de

²⁰⁹ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 167.

²¹⁰ *Ibid.*, p. 167.

²¹¹ Les noyaux d'atomes qui changent spontanément en émettant des rayonnements sont radioactifs. Ils émettent habituellement trois types de rayonnement : les particules α (noyaux d'atomes d'hélium), les particules β (électrons éjectés du noyau), les rayons γ (rayonnement électromagnétique de haute énergie).

²¹² Il est étrange que Bachelard, présentant les désintégrations nucléaires de type α et de type β dans *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine* (p. 165), écrive que le nombre de masse atomique(A) du « noyau-fils » perd deux unités par rapport à celui du « noyau-père » à l'issue d'une désintégration α et en gagne une à l'issue d'une désintégration β . C'est le numéro atomique (Z) qui change dans ces proportions.

l'époque n'avait pas encore établi. Quant au neutrino (ν_e), il est requis dans la désintégration β^+ , dans laquelle le « noyau-fils » éjecte un « positron » (même masse que l'électron, mais de charge positive) ; plus précisément : l'éjection peut être interprétée comme la transformation d'un proton en neutron au sein du noyau. Le neutrino est également requis dans l'absorption, la capture par un noyau d'un électron en orbite autour de ce noyau : là un proton se transforme en neutron.

En 1953, l'expérience du bombardement de protons à partir d'une source radioactive supposée créer beaucoup d'antineutrinos en guise de projectiles, offrit des observations vérifiant indirectement l'existence de ces antineutrinos²¹³ : un antineutrino sur 10^2 était supposé frapper un proton en le transformant en neutron avec émission d'un positron. Ce qui est exactement le processus inverse de la désintégration β^- . Ces deux particules furent repérées, attestant ainsi l'existence des antineutrinos. Le statut ontologique des antineutrinos devenait plus assuré. Mais cette assurance n'existait pas encore en 1951.

Quoi qu'il en soit de l'évolution du statut ontologique du « neutrino » ou, en l'occurrence, de l'antineutrino, il reste que cette évolution est suffisamment exemplaire pour parler légitimement à propos des corpuscules « d'une ontologie provisoire »²¹⁴. Entendons par-là une ontologie dont les « objets » construits par le rationalisme appliqué²¹⁵ circulent dans la « zone transactionnelle »²¹⁶ entre le noumène mathématique et l'ontogénie de haute technique ; zone où ils sont affectés de différents coefficients d'existence selon leur niveau de vérification dans plusieurs expériences convergentes et leur niveau d'intégration dans un corps de concepts dont la rationalité est apodictique. L'ontologie des corpuscules en effet ne peut qu'être provisoire lorsque ceux-ci « se situent à la limite de l'invention et de la découverte »²¹⁷.

« L'ontologie générique » de Bachelard, comme ontologie de la Relation, n'est donc pas simplement pluralisée, « fractionnée », selon des ordres de grandeurs discontinus et hiérarchisés ; mais, subtilement, chacune de ses fractions déploie le spectre des valeurs « réalistiques »²¹⁸ des « objets » que le « rationalisme appliqué » construit. L'ontologie réaliste de Bachelard ne déploie pas seulement les feuillets de l'Être, elle déploie des coefficients d'être.

²¹³ Notons en passant qu'en 1998 une expérience japonaise a établi l'existence d'une masse pour le neutrino. Reste à la mesurer.

²¹⁴ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 177.

²¹⁵ Cf. *Ibid.*, p. 121.

²¹⁶ *Ibid.*, p. 205.

²¹⁷ *Ibid.*, p. 121.

²¹⁸ *Ibid.*, p. 176.

Chapitre III

L'espace et le temps

I

Absence de limites *a priori* pour la physique et la chimie

Rien dans l'épistémologie de Bachelard, ne vient jouer le rôle d'une « Esthétique transcendantale » équivalente à celle de Kant et qui limiterait *a priori*, — et donc de droit, — la portée ontologique de la science aux phénomènes spatio-temporels distinguables des choses en soi.

En témoigne sa conception de la « chose-en-soi » qui, de point inaccessible et cependant approximable de la connaissance scientifique dans sa thèse de 1927, devient dès l'article de 1931, « *noumène et microphysique* »¹, la réalisation technique d'un noumène mathématique.

En témoignent également, plus directement contre l'Esthétique transcendantale de Kant, ses conceptions de l'espace et du temps fondés sur la physique. L'espace et le temps de la Relativité restreinte et de la Relativité générale ne sont pas des formes de la sensibilité. Ils ont une réalité ontologique. Abordons ces témoignages.

L'évolution de la définition de la « chose-en-soi » montre en effet qu'elle acquiert une transparence à la raison, fût-elle cachée au-delà des phénomènes construits expérimentalement. Comme nous l'avons vu, la conception du résidu irrationnel qui résiste à l'approche rationnelle et qui permet de postuler la « chose-en-soi » comme limite d'une approximation indéfinie, mais sans être identifiée à une « substance », va peu à peu laisser la place à la « chose-en-soi » identifiée à une structure relationnelle de type mathématique construite par la raison, — c'est-à-dire un « noumène », — et dont les phénomènes sont une exemplification, une réalisation particulière.

Cette évolution trouve son point d'appui dans les passages du « réalisme substantialiste » au « réalisme des relations » et, de ce dernier, au « réalisme scientifique » ou « réalisme technique ».

Ce « réalisme des relations », il en trouve la confirmation dans la physique contemporaine et la chimie moderne. Mais il le trouve élaboré, en tant qu'ontologie, chez Cassirer, dont il a pris connaissance avant 1927, — probablement via Meyerson², qui identifie ce dernier comme partisan de « l'idéalisme mathématique » contre le « réalisme substantialiste ».

Dans le chapitre XV du livre *De l'Explication dans les sciences*, Meyerson présente divers systèmes métaphysiques parmi lesquels le savant choisit pour définir l'ontologie générale qui lui paraît la plus adéquate à la science.

¹ *Etudes*, op.cit.

² Cf. La conclusion de *Identité et réalité*, op.cit, p. 443 ; *De L'Explication dans les sciences*, op.cit, chap. XV, p. 643 et sq.

Sachant, selon Meyerson, que l'ontologie du sens commun est écartée par le développement des sciences, que la « métaphysique hégélienne » est inadéquate et que le strict « positivisme » ne fait pas droit à l'ontologie, c'est-à-dire à la recherche de l'explication par les causes pourtant inhérente à la raison et à la science, il reste quatre systèmes, ou plutôt trois : car « l'énergétisme » de Ostwald, qui pose l'énergie comme « chose-en-soi », semble lui-même dépassé par les sciences en ce que la cinétique de substrats atomiques ou moléculaires triomphe sur la thermodynamique³.

Les trois systèmes que sont le « mécanisme » ou « l'atomisme », le « réalisme transcendantal » et « l'idéalisme mathématique » ont la particularité d'émerger les uns à la suite des autres selon les progrès de la science et de correspondre ainsi à l'état d'esprit particulier d'un scientifique tourné vers la nature ; respectivement : le biologiste, fort du succès méthodique du mécanisme, le physicien expérimentateur et le théoricien de la physique⁴.

Ces trois systèmes, dont Meyerson remarque ce qu'il pense être leurs insuffisances, relèvent au fond de deux types de systèmes opposés : le « réalisme substantialiste » et « l'idéalisme mathématique ».

Le « mécanisme » ou « l'atomisme » est un système qui tend à réduire la réalité à des éléments non modifiables et qui expliquent tous les phénomènes spatio-temporels par leurs déplacements.

La théorie mécaniste et atomistique est une « manifestation du principe causal »⁵ ou du « postulat causal » qui procède de la tendance à l'identification inhérente à l'esprit. Ce qui fait que le mécanisme ou l'atomisme sont posés comme une « construction apriorique »⁶. Ici, l'identification porte sur les phénomènes dans le temps et l'espace. Il s'agit d'éliminer le temps. Ainsi, ce qui se modifie, c'est la disposition spatiale ; ce qui ne change pas ce sont les éléments de la disposition. Le changement est réduit à une fonction spatiale. Il est à noter que les éléments persistants sont eux-mêmes soumis à l'explication causale. A terme, l'explication va vers une seule et même matière pour tous les éléments qui n'auront, s'ils sont ultimes, qu'une qualité spatiale, sinon la qualité serait occulte⁷. Et cette matière ultime se dissoudra finalement dans l'espace : terme ultime de dissolution de la diversité phénoménale, « destruction complète »⁸ du réel lui-même dont on pourrait voir les prémices prématurées dans l'hypothèse de « l'éther » comme « milieu universel » équivalent à l'espace⁹.

Les insuffisances du « mécanisme » ou de « l'atomisme » comme ontologie générale consistent dans l'impossibilité de pouvoir affirmer dogmatiquement que la totalité de l'Être

³ Meyerson convoque les travaux de Van Der Waals donnant le calcul approximatif du nombre de molécule dans 1 volume de gaz. Cf. *Ibid.*, chap. 6, p. 272.

⁴ Cf. *Ibid.*, p. 684.

⁵ *Ibid.*, L II, chap. 5, p. 197.

⁶ *Ibid.*, p. 634.

⁷ Cf. *Ibid.*, p. 228.

⁸ *Identité et réalité*, op.cit, p. 489.

⁹ Cf. *Ibid.*, p. 229.

se résorbe dans des éléments ultimes, infiniment petits, et dont la qualité serait uniquement spatiale. Plus précisément : selon Meyerson, le cran d'arrêt à l'affirmation ontologique de substances élémentaires douées de qualités uniquement spatiales se trouve dans la rencontre des irrationnels définitifs que sont, par exemple, les trois dimensions de l'espace ou le principe de Carnot¹⁰.

Le « réalisme transcendantal » de Von Hartmann s'est édifié sur le succès du « mécanisme » des sciences physiques et biologique, mais également sur ses limites. Succès, car il brise l'ontologie du sens commun. Il en détruit la réalité et élabore une conception plus objective du réel qui cependant préserve ou « maintient l'espace et le temps »¹¹. Limites, car on ne peut connaître le dernier terme du réel. Le réel résiste à l'approche « mécaniste » et, par ailleurs, le dernier terme peut ne pas être assimilable à un atome en mouvement. Ainsi le scientifique poserait-il une « chose-en-soi », une substance, un élément persistant inconnu, c'est-à-dire un noumène dont on ne pourrait rien dire, hormis qu'il est de nature spatio-temporelle, « soumis aux conditions du temps et de l'espace »¹². Les insuffisances du « réalisme transcendantal », qui semble pourtant adéquat au développement des sciences physiques et « aux convictions intimes »¹³ du physicien, se résument chez Meyerson en trois points.

Tout d'abord, le mécanisme n'est pas fondé sur la science. Ce n'est pas « un résultat de la science »¹⁴. Il répond à une tendance de l'esprit qui précède la science, ce pourquoi c'est une construction *a priori* de l'esprit, et « tant que l'humanité cherchera à développer la science, le mécanisme continuera à se développer avec elle. »¹⁵

Ensuite, le « mécanisme » ou « l'atomisme », a pour finalité de dissoudre le réel dans l'espace. Si donc la science a partie liée avec le mécanisme, elle ne nous conduit pas au « réalisme transcendantal » comme à une position ontologique définitive. Ce à quoi la science aboutit, c'est à l'acosmisme, c'est au « tout indistinct dans le temps et l'espace »¹⁶ puisque, comme nous l'avons déjà souligné, l'atome ultime lui-même, — substance persistante contemporaine de tous les temps, donc éternelle, infiniment petite et douée de la seule propriété de localisation, — finit pas perdre son poids ontologique, ou évolue « dans le néant »¹⁷ en se dissolvant dans « l'éther, qui n'est et ne peut être qu'une hypostase de l'espace »¹⁸. En ce sens, la visée de la science est bien plus « idéaliste » que « réaliste »¹⁹.

¹⁰ Cf. *Supra*, chapitre II, I.

¹¹ *Identité et réalité*, op.cit, p. 483.

¹² *Ibid.*, p. 483.

¹³ *De l'Explication dans les sciences*, op.cit, chap. XV, p. 639 : « c'est bien autour d'un "noumène soumis aux conditions du temps et de l'espace" que flottera le plus souvent l'ensemble des convictions intimes de ce physicien au sujet de la réalité du monde sensible. »

¹⁴ *Identité et réalité*, op.cit, p. 484.

¹⁵ *Ibid.*, p. 480.

¹⁶ *De l'Explication dans les sciences*, op.cit, p. 640.

¹⁷ *Identité et réalité*, op.cit, p. 440.

¹⁸ *De l'Explication dans les sciences*, op.cit, p. 640.

¹⁹ *Identité et réalité*, op.cit, p. 441.

Enfin, si le « réalisme transcendantal » est posé comme l'ontologie définitive de la science, c'est que celle-ci en est à une étape de son développement où elle conserve encore les notions d'espace et de temps. Et ce, parce que le réel résiste à l'identification causale. Ainsi le terme inconnu vers lequel tend l'explication causale peut-il apparaître au scientifique comme « noumène spatio-temporel » selon une caractérisation définitive. Mais ce n'est là qu'une apparence ; au mieux : une considération provisoire.

Contre ces deux systèmes métaphysiques, qui relèvent du « réalisme substantialiste », apparaît, selon Meyerson, « l'idéalisme mathématique » de l'Ecole de Marbourg, dont Cassirer est un représentant.

Ce dernier, en s'appuyant sur le développement de la physique mathématique, ferait l'économie du postulat d'existence de substances en se détournant « de l'essence des choses et de leur intérieur substantiel pour se tourner vers leur ordre et liaisons numériques et leur structure fonctionnelle et mathématique. »²⁰ Du coup, la science aurait pour vocation de réduire « le monde sensible à un ensemble de rapports de fonction »²¹ sans avoir à affirmer l'existence de choses extérieures persistantes dans la nature.

Selon Meyerson, « l'idéalisme mathématique » commet un certain nombre d'erreurs.

La première serait d'avoir accepté trop rapidement des « discours de scientifiques concernant leur méthode, sans rechercher s'ils avaient eux-mêmes réellement appliqué ces méthodes. »²²

La deuxième erreur serait inhérente à l'idéalisme en général : refuser d'affirmer l'existence métaphysique de choses indépendantes de notre sensation, alors que toutes les parties de la physique ne cessent d'affirmer de telles existences, fût-ce implicitement²³.

La troisième erreur consisterait pour « l'idéalisme mathématique » à se rapprocher du « positivisme » de Comte qui pose les lois physiques comme « rapports sans supports »²⁴, avec cette seule différence notable que cette suppression des « supports », des « substances » ne procède pas pour « l'idéalisme mathématique » d'une évacuation définitive de la « métaphysique », de toute considération sur l'essence des phénomènes. Au terme idéal d'un « long effort »²⁵ de la science, l'essence même des choses serait censée se résoudre dans des rapports de « fonctions mathématiques »²⁶, des « lois sans substances »²⁷. Mais, selon Meyerson, les équations, les opérations des fonctions mathématiques, portent sur des « nombres concrets » qui réfèrent à quelque chose

²⁰ Cf. E. Cassirer. *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der Neuern Zeit*. Berlin, 1906-1907, vol. II, p.530. Cité par Meyerson : cf. *Identité et réalité*, op.cit, p. 443 ; *De l'Explication dans les sciences*, op.cit, p. 642.

²¹ *De l'Explication dans les sciences*, op.cit, p. 642.

²² *Identité et réalité*, op.cit, p. 443.

²³ Cf. *De l'Explication dans les sciences*, op.cit, chap. I.

²⁴ *Ibid.*, chap I, p. 52.

²⁵ *Ibid.*, p. 678.

²⁶ *Ibid.*, p. 678.

²⁷ *Ibid.*, p. 678.

d'irréductible²⁸ à la quantité pure, réfère à un irrationnel non déductible mathématiquement dont l'aspect dès lors « qualitatif », fût-il un aspect provisoire, impose à l'esprit de postuler l'existence de choses, de substances, de supports effectifs des relations ou des rapports en quoi consistent les lois fondamentales de la nature.

Contre le « réalisme substantialiste » que maintient Meyerson et pour lequel la « chose-en-soi » revêt les caractéristiques de la « substance », Bachelard a donc pu trouver chez Cassirer un « réalisme des relations » déjà parfaitement élaboré qui dissout toute substance dans des relations exprimées par des fonctions mathématiques et pour lequel la « chose-en-soi » prend le caractère d'une structure de relations mathématiques sans être de l'ordre d'un « transsubjectif » séparé de la pensée²⁹ et la « transcendant » métaphysiquement, comme chez Von. Hartmann³⁰.

Bachelard a lu Cassirer, ce dont il témoigne dans *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne*³¹ et dans *La Valeur inductive de la relativité*³². Il a pu y trouver que les « objets » élaborés par la science ne sont pas des substances absolues³³ qui supportent la manifestation de leurs propriétés. Un « objet » est le corrélat d'un procès d'objectivité. Il est l'invariant qui se dégage de multiples relations au sein d'une totalité empirique qui consiste en ces relations elles-mêmes, par-delà ses éléments donnés³⁴ : thèse qui constitue le noyau de « l'idéalisme critique »³⁵.

Le « noumène » chez Cassirer a donc le caractère d'une « raison » de type mathématique.

En ce sens Bachelard est proche de Cassirer et de l'Ecole de Marbourg. Mais il ne s'y arrête pas. Pour deux raisons ;

La première est que Cassirer maintient l'induction au niveau de la « description » des phénomènes ; celle-ci valant comme « explication »³⁶. Certes, pour Cassirer, il ne s'agit pas simplement d'inventorier les phénomènes. Il s'agit de découvrir des lois fonctionnelles qui relient des variables phénoménales. Mais le « phénoménalisme mathématique »³⁷ que prône Cassirer s'interdit de concevoir un noumène mathématique transcendant totalement les phénomènes ou la collecte des faits empiriques, pour produire ce phénomène sur le plan expérimental. Dit autrement : même s'il insère des phénomènes dans une totalité

²⁸ Cf. *Ibid.*, p. 660.

²⁹ Cf. *Substance et fonction*, (1910), Editions de minuit, 1977, p. 333.

³⁰ Cf. *Ibid.*, op.cit, p. 340.

³¹ A propos de l'induction du noumène : cf. *Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne*, op.cit, p. 227.

³² Cf. *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 215.

³³ Cf. *Substance et fonction*, op.cit, p. 336.

³⁴ Cf. *Ibid.*, p. 342.

³⁵ *Ibid.*, p. 336.

³⁶ *Ibid.*, p.298.

³⁷ *Ibid.*, p. 298.

phénoménale plus vaste, conçue comme système de relations³⁸, il en reste par trop au niveau des « lois phénoménologiques »³⁹.

La seconde raison découle de la première : elle porte sur la nature et le statut de l'expérimentation chez Cassirer. Certes il s'agit bien d'un « noumène mathématique », d'une « loi fonctionnelle » hypothétique qui dirige l'expérimentation. Au vrai, celle-ci est convoquée au départ et au terme du processus de l'induction : tout d'abord, « pour résoudre un ensemble perceptif, d'abord compact, en ses éléments »⁴⁰ ; puis, pour vérifier sur un « cas idéal »⁴¹ les synthèses « possibles de relations »⁴² mathématiques dans le réel.

Reste que la puissance ontogénique du noumène est manquée par « l'idéalisme mathématique » et « critique » de Cassirer. Pour Bachelard le noumène d'ordre mathématique n'est pas seulement un « complexe de rapports », une « totalité de relations », il vaut comme cause rationnelle, comme raison d'un phénomène. Dans cette perspective le phénomène pourra donc, sur le plan technique de l'expérimentation, être le résultat d'une provocation de la nature, être l'émergence d'une possibilité de la nature qui réalise et vérifie un noumène.

II

La nature ontologique de l'espace et du temps

Plus directement, contre une Esthétique transcendantale inspirée de Kant, l'espace et le temps ne sont nullement tenus par Bachelard pour des formes *a priori* de la sensibilité, ou bien plus largement pour de simples formes transcendantales de l'intelligence qui structurent le réel de telle sorte que nous n'ayons jamais accès à la matière même des phénomènes séparée de ces formes.

En se fondant sur les mathématiques, Bachelard recense plusieurs types d'espace construits à côté de « l'espace concret », c'est-à-dire acquis par schématisation de l'expérience et qui peut prendre la forme d'une intuition⁴³ : celle de l'espace euclidien à trois dimensions ; ce dont prend acte l'Esthétique transcendantale de Kant sans rendre compte de la genèse psychologique de cet espace concret.

Comme nous l'avons déjà indiqué, selon Bachelard, à propos de l'espace, « on peut détacher trois grandes classes très importantes : les espaces généralisés, les espaces de configuration, les espaces abstraits. »⁴⁴

« L'espace de configuration » ou encore nommé « espace des phases », est un espace de deux ou plusieurs dimensions dans lequel sont mises en rapport les mesures de

³⁸ Cf. *Ibid.*, p. 321.

³⁹ Entendons les lois empiriques qui relient les variables d'un phénomène, mais qui restent descriptives. La science commence à dépasser ce stade, lorsqu'elle analyse une constante de proportionnalité et élabore des concepts relationnels, donc organiquement liés, pour en rendre compte. Une nouvelle approximation est alors en marche.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 291.

⁴¹ *Ibid.*, p. 288.

⁴² *Ibid.*, p. 291.

⁴³ Cf. *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 110.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 111.

différentes variables de phénomènes qui ne sont pas nécessairement physiques ou chimiques. Cet espace étant de l'ordre de la « représentation », la question de son rapport avec l'espace cosmologique ne se pose pas directement.

En revanche, cette question peut se poser pour les « espaces généralisés » et les « espaces abstraits » construits par les mathématiques, dès lors que la physique théorique s'en empare pour informer les phénomènes physiques.

Cette question ontologique est légitime. En effet, si de tels espaces se distinguent et sont indépendants de « l'espace concret », de « l'intuition *a priori* de l'espace » de type kantien, ainsi que de toute structure formelle de la sensibilité posée comme condition universelle et nécessaire de la phénoménalité, alors la question de savoir si leur construction mathématique recouvre ou non une réalité effective est légitime.

Or, contre toute forme d'Esthétique transcendantale, il en va bien ainsi.

Tout d'abord, il faut noter que les « espaces généralisés » peuvent trouver un « effet de réel » dans une « intuition abstraite »⁴⁵ libérée peu à peu de l'intuition concrète et première de l'espace. Quant aux « espaces abstraits », provenant d'une axiomatique définissant une « structure de groupe », — c'est-à-dire une totalité de relations dont les éléments sont définis par les relations elles-mêmes et dont les opérations sur les éléments engendrent des éléments appartenant au groupe tout en préservant un « invariant »⁴⁶, — leur « effet de réel » est dû à la cohérence formelle du « groupe » qui semble alors doué d'une « cohésion objective ». De tels « espaces abstraits » peuvent se passer de toutes les « intuitions matérielles »⁴⁷ au profit d'une intuition délibérément « abstraite »⁴⁸ et « savante »⁴⁹

Ensuite, il faut en mesurer les conséquences. Par-delà « l'effort poétique » des mathématiciens et de son « effet de réel » dans l'esprit scientifique, la question de la réalité effective de ces espaces ne peut manquer de se poser dès lors qu'ils en viennent à informer l'expérience physique. Or le « réalisme construit » des mathématiques pures peut dépasser son caractère « métaphorique » pour revêtir un caractère « ontologique » dès lors qu'un noumène mathématique informe et constitue les phénomènes physiques.

Mais ce caractère ontologique est à prouver scientifiquement comme effectif pour certains phénomènes physiques. C'est à la physique théorique et expérimentale d'établir ce contact entre ces « espaces généralisés » ou « abstraits » et le « concret » d'une expérience.

Or ce contact s'est déjà produit pour « l'espace-abstrait » et tout à la fois « généralisé »⁵⁰ de la théorie de la Relativité générale et de la théorie de la Relativité restreinte. L'espace-temps quadridimensionnel de Minkowski a reçu sa confirmation

⁴⁵ *Ibid.*, p. 113.

⁴⁶ *Supra*, chap. I, V.

⁴⁷ *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 121.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 113.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 112.

⁵⁰ Généralisé en ce sens que les dimensions sont supérieures à trois et que les axiomes de départ ne sont pas euclidiens pour la relativité générale.

expérimentale dans le cadre de la Relativité restreinte. L'espace-temps de Riemann-Minkowski adéquat à la généralisation de la Relativité, qui prend en compte la gravitation et l'accélération des systèmes de repère les uns par rapport aux autres, a trouvé ses prédictions également vérifiées ; notamment : le calcul de l'avance du périhélie de Mercure ; le calcul de la déviation des rayons lumineux autour du soleil et le décalage vers l'infrarouge des fréquences de lumière émise par des atomes proches de la surface du soleil.

Le défaut de ce contact, notamment concernant les cosmologies relativistes qui envisagent l'univers entier comme totalité, rend Bachelard extrêmement prudent et dubitatif. Certes, les « cosmologies primitives » se distinguent des « cosmologies relativistes », en ce que les unes s'appuient sur l'intuition d'un phénomène particulier et le réalisent pour fonder un univers, tandis que les autres s'appuient sur une « induction mathématique qui consiste à passer d'une déformation locale de l'espace à une fermeture totale de l'espace »⁵¹. L'espace-temps de Riemann-Minkowski ne désigne plus une structure locale ou une somme de ses structures ; il devient « structure totale »⁵² ou « volume global » de l'univers. Mais, selon Bachelard, rien ne correspond à un « phénomène mondial »⁵³ que l'on peut sensibiliser pour vérifier la pertinence de l'induction des relativistes lorsqu'il embrasse l'univers.

Bachelard indique que le caractère dubitatif de son jugement est peut-être lié au fait qu'il « cesse de bien comprendre les doctrines de la Relativité généralisée quand elles prétendent passer du phénomène mécanique précis à une sorte de phénomène mondial »⁵⁴. Et, en effet, s'il ne voit pas le lien entre la densité de la matière, sa distribution dans l'espace et les propriétés géométriques de l'espace, tel que peut l'établir la Relativité générale ou encore, plus probablement, s'il considère le calcul de ces variables comme hors de nos prises, alors il peut penser que la vérification expérimentale de la structure totale de l'espace ne peut entrer en contact avec le « phénomène mondial »⁵⁵, comme il le nomme ironiquement.

Quoi qu'il en soit de l'extension cosmologique de cet espace « abstrait », reste qu'il en admet la portée effective sur les plans locaux pour les phénomènes physiques mettant en jeu la gravitation. Ici, le réalisme mathématique se double d'un réalisme ontologique. L'espace construit est réalisé, c'est-à-dire « vérifié » dans une expérience de phénomènes qu'il informe.

Cet « instant dramatique »⁵⁶ pour l'esprit scientifique où « l'espace abstrait » entre en contact avec le « concret » de l'expérimentation des phénomènes, — instant où « se constitue ce que l'on pourrait appeler un espace abstrait-concret »⁵⁷, — se produit

⁵¹ « Univers et réalité », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 104.

⁵² *Ibid.*, p. 105.

⁵³ *Ibid.*, p. 105.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 105.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 105.

⁵⁶ *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 126.

⁵⁷ *Ibid.*, p. 126.

également pour le « temps » puisque celui-ci est traité dans les calculs comme une dimension de l'espace.

Le temps recouvre une réalité ontologique. Le temps n'est ni une forme *a priori* de la sensibilité (Kant), ni une forme intellectuelle ordonnant la succession des phénomènes (Leibniz), non plus enfin qu'une « durée objective et continue de phénomènes » (Bergson). L'être du temps consiste dans un nombre d'instants successifs dont, précisément, la densité maximale caractérise le temps le plus objectif.

Mais pour prouver cette conception, il s'appuie sur deux fondements. L'un est l'intuition de l'instant ; instant posé comme seule réalité du temps. Cette intuition s'oppose à celle de Bergson qui pose la durée concrète comme un flux continu qui précède toute appréhension d'un instant discontinu. L'autre est l'objectivité expérimentale ; en l'occurrence, celle de la Relativité restreinte qui détruit l'absolu de la « durée objective » pour ne conserver que « l'instant » comme absolu.

C'est en empruntant cette voie épistémologique fort peu empruntée⁵⁸ que nous verrons directement que la science n'est pas plus limitée en sa portée ontologique par un cadre temporel qu'elle ne l'est par un cadre spatial universel et nécessaire.

Par-delà notre intuition sensible, sans même recourir à l'intuition de l'instant opposée dialectiquement⁵⁹ à l'intuition de la durée continue pour mettre cette dernière en question, voire la « déduire » de l'instant⁶⁰ et produire une « libération »⁶¹ contre son caractère opprimant, une métaphysique du temps est constituable. Une métaphysique que l'on dira positive « puisqu'elle s'expérimente »⁶² et qu'elle peut s'ordonner aux « preuves scientifiques »⁶³.

Cette métaphysique se fonde sur le seul absolu qui reste après la critique de la Relativité restreinte ; à savoir : « l'absolu de l'instant »⁶⁴ ou l'absolu du « point-événement » de l'espace-temps quadridimensionnel de Minkowski à partir duquel vont se déduire un certain nombre des caractéristiques ontologiques du temps dont les plus notables sont sa discontinuité et son caractère arithmétiquement quantifiable.

Exposons rapidement la théorie de la Relativité restreinte pour saisir le fondement scientifique de ces caractéristiques qui vont non seulement directement à l'encontre de la « durée objective et absolue »⁶⁵ de Bergson, mais également à l'encontre du temps comme forme *a priori* de la sensibilité. En effet, cette conception dernière a partie liée avec l'intuition du temps comme durée objective en ce qu'elle repose sur l'intuition de la durée

⁵⁸ Exception faite à notre connaissance du remarquable article de D. Parrochia, « **temps bachelardien, temps einsteinien : la critique de la durée bergsonienne** », in *Bachelard et Bergson*, sous la direction de F. Worms et J.J. Wunenburger, PUF, 2008. Nous en reprenons l'inspiration et en prolongeons l'effort pour dégager de nouvelles caractéristiques ontologiques du temps selon Bachelard.

⁵⁹ Cf. *L'Intuition de l'instant*, PUF, (1931), 1992, Editions Stock, Le livre de poche, p. 56.

⁶⁰ Cf. *Ibid.*, p. 28.

⁶¹ *Ibid.*, p. 56.

⁶² « **Noumène et microphysique** », in *Etudes*, op.cit, p. 24.

⁶³ *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 56.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 29.

⁶⁵ *Ibid.*, p. 23.

comme flux d'événements, mais en y pratiquant la soustraction de ces mêmes événements. « Cette méthode revient en quelque sorte à substantialiser le temps par en dessous, dans sa vacuité, à l'inverse de la méthode bergsonienne qui, avec la durée, le substantialise par en dessus, dans sa plénitude. »⁶⁶ Le résultat est une forme pure. Or, selon Bachelard, il est « assez facile de voir que l'intuition directement formelle est une pure impossibilité. »⁶⁷ Selon Bachelard, l'intuition du temps suppose toujours l'alternative effective, au niveau de l'intuition sensible, de la présence ou de l'absence d'un événement singulier. En outre, par delà toute intuition et comme on vient de le rappeler, le seul absolu qui reste après la critique einsteinienne de la durée objective, est « l'instant », et un tel fondement du temps ne s'accorde en rien avec le temps de l'Esthétique transcendantale de Kant.

La théorie de la Relativité restreinte de 1905 tente d'expliquer le résultat de l'expérience de Michelson faite en 1881.

L'expérience avait pour but de révéler le mouvement de translation uniforme de la terre, d'en calculer la vitesse, tout en restant dans un système de référence lié à la terre ; et cela en s'appuyant sur la vitesse de propagation de la lumière.

Mais l'expérience de Michelson échoua, de même que les expériences suivantes : celle de Michelson et Morley en 1887, celle de Morley et Miller en 1904-1905.

Rappelons brièvement les principes et les attendus de cette expérience.

Si la vitesse (c) de la lumière est bien indépendante de la vitesse de sa source, comme cela avait été déjà largement établi au XIX^e siècle, alors on pouvait s'attendre à révéler, par les mesures faites sur terre, le déplacement même de la terre et plus précisément sa vitesse.

Quelle que soit la source lumineuse donnée, on postulait que l'émission du signal lumineux se propageait dans un « éther fixe » selon une onde sphérique dont le centre était la source du signal.

On s'attendait donc, conformément à la loi d'addition et de soustraction des vitesses de la mécanique classique : à ce que le signal allant dans le sens de la terre fasse apparaître, au bout d'une seconde, une vitesse apparente du rayon lumineux ($c-v$), c'est-à-dire la vitesse de la terre (v) soustraite de la vitesse de la lumière (c) ; à ce que le signal allant dans le sens opposé fasse apparaître une vitesse apparente du rayon lumineux ($c+v$). Quant au signal allant dans une direction perpendiculaire au mouvement de translation de la terre, il devrait faire apparaître une vitesse ($\sqrt{c^2 - v^2}$) selon la formule géométrique de Pythagore.

Ces mesures prirent la forme des expériences de Michelson et Morley. Elles échouèrent, toutes.

Einstein, pour rendre compte de cet échec, postula deux principes : 1) l'invariance de la vitesse de la lumière. 2) L'équivalence de tous les systèmes galiléens comme la Terre pour les lois mécaniques et électromagnétiques.

⁶⁶ *La Dialectique de la durée*, (1936), PUF, collection Quadrige, 2001, p. 25.

⁶⁷ *Ibid.*, p. 25.

Le premier principe signifie que la valeur apparente de la vitesse d'un signal lumineux émis par une source n'est pas dépendante de la vitesse du système de repère galiléen dans lequel on est pour établir cette valeur. C'est donc là soutenir l'invariance de la vitesse de la lumière et supprimer la loi d'addition des vitesses de la mécanique classique pour le phénomène de la lumière et tous les phénomènes électromagnétiques qui se déplacent à la vitesse de la lumière.

Insistons avec plus de clarté sur ce principe souvent mal compris : quelle que soit la vitesse de votre système de repère galiléen par rapport à un rayon lumineux, ce dernier vous apparaîtra comme ayant toujours la même vitesse (c). En revanche, ce qui changera, conformément au phénomène de Doppler-Fizeau, c'est la longueur d'onde des raies spectrales du rayon lumineux aperçues dans le spectroscope. Si la source du signal et l'observateur s'éloignent relativement l'un par rapport à l'autre, les raies spectrales se décalent vers le rouge. Dans le cas contraire, les raies spectrales se décalent vers l'ultra-violet.

Le deuxième principe s'explique de la manière suivante. Tout comme il est impossible dans la mécanique classique de révéler, à partir d'expériences mécaniques clôturées dans un système galiléen, la translation uniforme de ce système de référence sans relation avec un autre système galiléen extérieur, il est également impossible de le révéler à partir d'expériences électromagnétiques effectuées dans le même système clos. En d'autres termes, les lois physiques ne sont en rien affectées par un changement de système de référence galiléen. Elles resteront les mêmes. On peut postuler l'équivalence de tous les systèmes galiléens pour les lois mécaniques et les lois électromagnétiques. Ce qui est un élargissement du principe de relativité. Mais, dans le même temps, on constatera que ce principe est « restreint » car il ne vaut que pour les systèmes de référence en translation uniforme les uns par rapport aux autres.

Ces deux principes conduisent à démontrer qu'il ne saurait y avoir de « simultanéité » absolue de deux événements. Et, de manière plus générale, les mesures d'une « durée » et d'une « longueur » sont relatives au système galiléen dans lequel elles sont effectuées.

Pour expliciter en simplifiant, prenons en compte une seule dimension spatiale. Si l'on considère deux axes parallèles dont l'un (o, x) est considéré comme au repos par rapport à l'autre (o', x') animé d'un mouvement de vitesse uniforme (v), et que l'on compte les temps à partir de la coïncidence des deux origines, alors un même événement aura pour coordonnées (x, t) dans le système (o, x) et (x', t') dans le système (o', x'). Les coordonnées (x', t') s'expriment en fonction de (x, t) selon les formules de Lorentz⁶⁸, de la manière suivante :

$$(1) X' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2) t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

⁶⁸ Nous laissons de côté la démonstration permettant d'établir ces formules.

Dès lors si la vitesse de l'axe (o', x') s'approche de celle de la lumière (c), alors t' sera nettement inférieur à t . Par exemple, si un observateur sur l'axe (o', x'), placé à l'origine ($x'=0$), compte 1 seconde sur son horloge ($t'=1$), alors un observateur sur l'axe (o, x) comptera sur une même horloge synchronisée avec la première un temps $t = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, c'est-à-dire un temps bien plus long. La durée ou le « laps de temps » entre deux événements est donc relatif au référentiel dans lequel on opère sa mesure. La « simultanéité » de deux événements distincts, qui est une appréciation d'un « laps de temps », n'échappe donc pas à cette relativité. Deux mêmes événements repérés sur l'axe (o, x) comme simultanés avec $t_2 - t_1 = 0$ ne le seront pas sur l'axe (o', x'), la différence de leurs coordonnées temporelles sur cet axe ($t'_2 - t'_1$) ne s'annule pas dans la formule (2) de Lorentz.

Les longueurs elles-mêmes sont relatives au référentiel dans lequel sont faites les mesures.

Supposons qu'un observateur sur l'axe (o', x') ait une règle d'une longueur $l' = 1$ mètre, et qu'un observateur sur l'axe (o, x) veuille la mesurer. À l'instant $t = 0$, coïncidera l'un des bouts de la règle avec une position sur l'axe (o, x). Pour simplifier on peut supposer qu'une des extrémités de la règle sur l'axe (o', x') est l'origine o' et que celle-ci entre en coïncidence avec la position d'origine de l'axe (o, x). À ce même instant, on reporte la coïncidence de l'autre extrémité de la règle avec une position sur l'axe (o, x). Selon la formule (1) de Lorentz on déduira aisément que la longueur mesurée sera : $l = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

La longueur l , mesurée sur l'axe (o, x), sera inférieure à l' d'un facteur : $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Pour l'observateur immobile, la règle de 1 mètre paraît plus courte que si elle était au repos.

Autrement dit, tout objet en mouvement de translation uniforme par rapport à un axe considéré comme immobile paraît se contracter dans le sens de ce mouvement. A la limite si la vitesse du déplacement du mobile est celle de la lumière, sa longueur apparaîtra comme nulle.

On remarquera et on admettra que cette « contraction » est réciproque. L'observateur de l'axe (o', x') peut se considérer comme immobile. Auquel cas, le mètre mesuré sur l'axe (o, x) paraîtra contracté du point de vue de l'observateur (o', x'). Il s'agit là d'un effet de perspective : le mètre lui-même ne se contracte pas.

Mais, si une telle « réciprocité » vaut pour la contraction des longueurs, cela signifie-t-il qu'elle vaut également pour les durées, pour les « laps de temps » de telle sorte que deux horloges synchronisées appartenant à deux référentiels galiléens puissent tour à tour apparaître « ralenties » selon le référentiel dans lequel l'observateur s'inscrit ? Depuis le

référentiel considéré comme immobile, l'horloge de l'autre référentiel en translation uniforme par rapport à celui de l'observateur apparaîtra comme « ralentie ». Plus précisément, quand l'horloge du système considéré comme fixe compte 1 seconde, l'horloge en déplacement compte $t' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, c'est-à-dire un temps d'autant plus « contracté » que le système en déplacement a une vitesse proche de celle de la lumière.

Paul Langevin s'est emparé de cette relativité du temps pour en souligner, auprès du grand public, l'aspect paradoxal et novateur. Il l'a illustrée en imaginant un voyageur (le « voyageur de Langevin ») qui quitte la Terre avec une vitesse uniforme inférieure de « $\frac{1}{20\,000}$ de celle de la lumière »⁶⁹, puis fait retour vers elle après avoir rencontré une étoile : ayant vieilli de 2 ans, la Terre aurait vieilli de 200 ans⁷⁰.

Bergson, dès 1922⁷¹, s'opposera à cette façon d'illustrer et de concevoir la Relativité restreinte. Il objecte la symétrie des mesures des deux référentiels qui, tour à tour, peuvent être considérés en mouvement l'un par rapport à l'autre. Le phénomène de « ralentissement » de l'horloge en mouvement par rapport à l'autre considéré dans le système fixe serait donc « réciproque ». Par conséquent, ce qui est dit du voyageur pourrait être dit de la Terre. Le paradoxe de Langevin, clairement compris, abriterait une contradiction.

L'absurdité du résultat de Langevin et la parfaite compréhension de la symétrie des systèmes galiléens les uns par rapport aux autres, en ce qui concerne leur mouvement de translation, devrait conduire ou plutôt reconduire au « temps vécu » comme seul apte à saisir le « temps absolu », le « temps objectif », la « durée concrète » par delà les mesures du temps liées aux « effets de perspectives » du système de référence dans lequel elles sont effectuées.

Ce que ne voit pas Bergson, c'est la *dissymétrie* des deux référentiels ; et donc, la parfaite validité du résultat non réciproque des mesures du temps effectuées dans les deux référentiels. Selon l'expression d'Einstein, que l'on trouve dans une lettre de 1923 adressée à Solovine, il s'agit là d'une des « boulettes monstres »⁷² commises par Bergson dans son livre sur la théorie de la Relativité.

En effet les deux systèmes que sont la Terre et le « voyageur de Langevin » ne sont pas équivalents puisque le voyageur accomplit un demi-tour pour revenir sur Terre. Mais,

⁶⁹ « L'évolution de l'espace et du temps », in *Scientia*, (1911), volume 10, p. 50. Voir : Biblioteca Digitale dell'università di bologna, Alm@DL.

⁷⁰ Pour un tel rapport le voyageur devrait voyager au $\frac{1}{500\,000}$ de la vitesse de la lumière qui est d'environ 300 000 km/s, cf. Lévy-Leblond, « le boulet d'Einstein et les boulettes de Bergson », in *Annales bergsoniennes III*, sous la direction de F. Worms, PUF, 2007, p. 237-258.

⁷¹ Cf. Bergson, *Durée et simultanéité*, (1922), P.U.F., Quadrige, 2009. Mais également, comme l'indique Lévy-Leblond dans les *Annales bergsoniennes III*, un article de 1924 : « Les temps fictifs et le temps réel », in *Revue de philosophie*, XXIV, 3 mai 1924, p. 241-260. Repris dans Henri Bergson, *Mélanges*, P.U.F., 1972, pp. 1432-1449.

⁷² Albert Einstein, *Œuvres choisies* (sous la direction de F. Balibar), t. 4, « correspondances françaises », Seuil-CNRS, 1989, p. 287. Cité par Lévy-Leblond, « Le boulet d'Einstein et les boulettes de Bergson », in op.cit, p. 238.

pour ne pas être équivalents, la théorie de la Relativité restreinte n'en continue pas moins de s'appliquer. On ne saurait profiter du caractère non-galiléen du système de référence du voyageur, du fait de ses accélérations et de ses décélérations dans son éloignement et son demi-tour, pour invoquer et appeler comme nécessaire la théorie de la Relativité générale afin d'opérer des calculs exacts. On peut rester dans le cadre de la Relativité restreinte : il suffit en effet d'élaborer le modèle en prenant la vitesse moyenne du voyage tout en allongeant le temps de parcours, ce qui permet, dans le calcul des durées respectives du voyageur et de l'observateur resté sur Terre, de négliger l'accélération et la décélération du voyageur.

Ce paradoxe de Langevin ne recèle donc aucune contradiction intrinsèque. Il s'agit bien d'un paradoxe fondé. Ainsi, pour le voyageur de Langevin et pour les terriens, aucune différence, aucune inégalité n'apparaîtra dans leurs « temps vécus ». Le voyageur n'aura pas eu l'impression que son temps se ralentissait ou que le flux de la durée s'écoulait plus lentement que sur Terre. Cependant le résultat des calculs de la durée fera apparaître une inégalité de valeur au sein des deux référentiels. Entre deux mêmes événements, la durée mesurée est donc bien relative au système de référence dans lequel s'opère la mesure. À défaut d'un temps absolu, on affirmera qu'il y a donc une « pluralité de temps propres » pour les observateurs inscrits dans différents systèmes galiléens.

Les effets de la relativité ne furent pas tout de suite vérifiés. Mais des vérifications tant microphysiques que macrophysiques des prédictions de la théorie de la Relativité restreinte ont définitivement écarté le scepticisme quant à l'existence de ces effets.

En microphysique, le muon au repos dans un laboratoire a un « temps de vie » moyen de $2,2 \mu s$, puis il se désintègre en 1 électron et 2 neutrinos. En 1976, au CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire) des muons propulsés à une vitesse proche de celle de la lumière ($0,9994 c$) eurent un « temps de vie » environ 30 fois supérieur à celui qu'ils ont au repos ; et ce, conformément à la prédiction de la théorie. On ajoutera que les muons créés en haute atmosphère à quelques 20 kilomètres du sol, se désintègrent si vite qu'ils ne semblaient pouvoir, selon la mécanique classique, atteindre le sol terrestre. Or, des muons sont détectés au sol. Ce fait reçoit une intelligibilité dans la théorie de la Relativité restreinte : depuis le référentiel terrestre, leur temps de vie augmente avec leur vitesse. Par conséquent, le taux de leur désintégration diminue. Ils peuvent donc être détectés au sol.

A l'échelle humaine, en 1971, deux horloges atomiques identiques, synchronisées avec deux autres horloges fixées au sol, ont été mises à bord de deux avions de ligne ; l'un, allant vers l'est, dans le sens du mouvement de la Terre ; l'autre, allant vers l'ouest, dans le sens opposé au mouvement de la Terre. Théoriquement, l'horloge se déplaçant vers l'est devait retarder de $40 \pm 23 ns$, celle allant vers l'ouest devait avancer de $275 \pm 21 ns$. Les résultats vérifièrent remarquablement ces prédictions.

Affrontant la pluralité des temps propres, la relativité des longueurs entre deux points et la relativité des durées entre deux événements distincts, la théorie de la Relativité a dégagé un « invariant ». Il s'agit d'un certain rapport entre « points-événements » qui se

conserve quel que soit le système de référence galiléen dans lequel il est mesuré. Il possède donc une valeur intrinsèque.

Dans un espace à 1 dimension spatiale, il se déduit aisément des formules de Lorentz (1) et (2) : $c^2t'^2 - x'^2 = c^2t^2 - x^2$

Cet invariant, analogue à la distance au carré entre deux points dans un espace tridimensionnel, est appelé « intervalle d'univers » (s) : « univers », car l'espace-temps est la réalité unique qui se substitue à l'espace et au temps absolus. Dans cet espace quadridimensionnel de Minkowski, l'invariant prend la forme : $s^2 = c^2t^2 - (x^2 + y^2 + z^2)$ ⁷³

Si un absolu demeure dans la théorie d'Einstein, c'est bien celui du « point-événement » avec ses coordonnées spatio-temporelles dans un système de référence au sein duquel la coordonnée temporelle n'est plus indépendante des coordonnées spatiales, mais précisément relative à l'horloge fixée au système galiléen en question.

Bachelard en prend acte : « l'instant, bien précisé, reste, dans la doctrine d'Einstein, un absolu »⁷⁴ ; c'est-à-dire un « point » au sein d'un système quadridimensionnel qui synthétise, solidarise ses coordonnées spatiales et sa coordonnée temporelle qui, pour être homogène aux grandeurs spatiales et être représentée dans un espace de configuration, est multipliée par la vitesse de la lumière⁷⁵.

Sur une telle base, s'il existe un « invariant » dans le passage d'un système galiléen à un autre, celui-ci ne pourra pas être une distance spatiale exclusive d'une coordonnée temporelle, non plus que le contraire. Et c'est bien ce qui advient à partir des équations de Lorentz qui solidarisent l'espace et le temps et offrent, sous une forme quadratique, l'invariant qu'est « l'intervalle d'univers ».

Mais si les « points-événements » ont un caractère absolu, cela ne signifie pas que tous les « points-événements » de l'univers soient connectables entre eux, notamment par un lien de type causal.

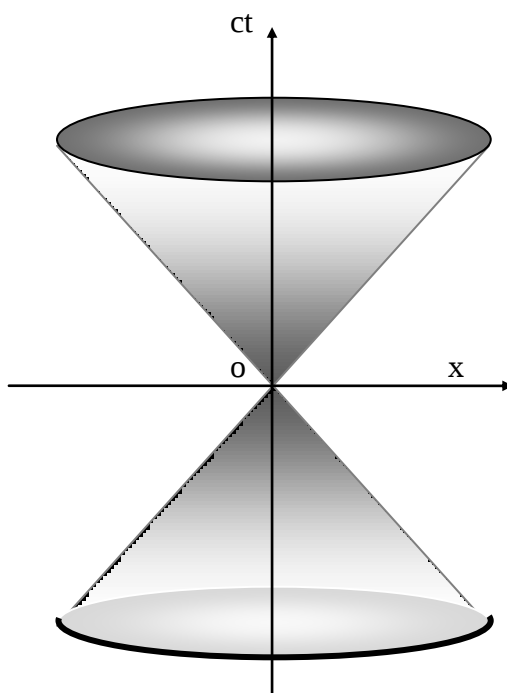
Ainsi, pour un observateur considéré au repos, mais continuant à évoluer dans le temps à partir d'un « point-événement » origine, certains « points-événements » de l'univers peuvent lui rester à tout jamais étrangers, au motif qu'aucun signal lumineux ne pourra assurer la connexion entre ces « points-événements » et l'observateur. Si la vitesse de la lumière est une vitesse-limite, aucune particule ne peut, dans le même laps de temps, parcourir une plus grande distance qu'un photon. Les « points-événements », en positions limites pour entrer en connexion avec l'observateur, se situent donc sur le front de l'onde lumineuse émise depuis l'origine de l'observateur au temps $t = 0$. Au sein d'une représentation tridimensionnelle de l'espace-temps de Minkowski, qui conserve la dimension temporelle (ct) et deux dimensions spatiales x et y , cette limite prend la forme de la génératrice d'un cône dont le sommet est le point origine 0 de l'observateur. Son

⁷³ On pourrait également poser $s^2 = (x^2 + y^2 + z^2) - c^2t^2$, car l'invariance est conservée dans sa forme symétrique.

⁷⁴ *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 30.

⁷⁵ Par exemple, l'unité de longueur correspondant à l'unité de temps qu'est la seconde sera le trajet effectué par la lumière en 1 seconde.

équation est facile à établir, si l'on pense que le front d'onde se déplace perpendiculairement à l'observateur 0 qui reste au repos et voyage dans le temps sur l'axe ct . La distance l^2 du front d'onde sera égale à $c^2 t^2$, c'est-à-dire $c^2 t^2 = l^2$. On reconnaît aisément la forme $c^2 t^2 - l^2 = 0$ qui est équivalente à $s^2 = 0$. De manière plus précise, la « génératrice » du cône passe par 0 et des points variables d'une courbe plane directrice ; ici, cette courbe est le cercle d'équation : $c^2 t^2 - (x^2 + y^2) = 0$.



Ce cône s'appelle « cône de lumière » du fait même que sa génératrice (le « bord » du cône) est constituée par un signal allant à la vitesse de la lumière. Plus exactement, il y a deux cônes : le cône de lumière futur et le cône de lumière passé. Des événements passés et lointains, dans les limites de la vitesse de la lumière, peuvent encore joindre et influencer le point événement origine (0). Des événements futurs pourront être joints, influencés, voire engendrés dans les limites de la vitesse de la lumière, à partir de cette même origine.

Ainsi trois cas peuvent être distingués, qui correspondent à trois valeurs pour S^2 .

1) Si $s^2 < 0$, alors le point-événement origine ne peut être mis en connexion avec un point-événement hors du « cône de lumière ». La connexion réclamerait que la particule opérant la connexion puisse être accélérée au-delà de la vitesse de la lumière. Ce qui est possible en mécanique classique pour laquelle tout « point-événement » peut être atteint quel que soit le point événement origine. Mais cela est impossible en mécanique relativiste.

Pour l'observateur au point (o), il existe un « ailleurs absolu » spatio-temporel. Des points-événements lui sont physiquement étrangers ou causalement non-connectables avec

lui. Pour certains observateurs l'ordre de succession entre (o) et le point-événement (p) situé dans « l'ailleurs absolu » pour (o) sera inverse. En revanche, s'ils apparaissent « simultanés » dans le temps, leur distance spatiale, fût-elle minimale, ne sera pas nulle ; (o) et (p) restent nécessairement écartés dans l'espace.

2) Si $s^2=0$, alors le point-événement origine (o) est en limite de connexion avec les points-événements du futur et du passé, puisque le signal de la particule opérant la connexion ne peut dépasser la vitesse de la lumière.

3) Si $s^2>0$, alors le point-événement origine (o) est en connexion possible avec tous les points-événements (q) futurs et passés situés à l'intérieur du cône de lumière. Le signal de la particule assurant le lien peut posséder une vitesse inférieure à celle de la lumière. La connexion est donc « réaliste ». Elle apparaîtra, pour tout observateur, selon un ordre de succession invariable : une relation de causalité entre (o) et (q) est possible. Il peut arriver que, pour un observateur, situé dans un autre système de référence que celui de l'observateur situé en (o), les deux points-événements (o) et (q) soient sans distance spatiale, cependant ils resteront séparés dans le temps, fût-ce d'un laps de temps minimal, et ainsi ils pourront apparaître selon un ordre de succession invariable.

Au sein même du cône de lumière, l'observateur peut déterminer la ligne des points-événements, aussi proches les uns des autres qu'on voudra, d'un objet ou bien d'un autre observateur. Cette ligne constituée de points-événements est appelée « ligne d'univers ». On y repère, entre deux points « l'intervalle d'univers » invariant. Aussi de telles « lignes d'univers » recouvrent-elles une réalité objective qui échappe à la Relativité ; entendons : non pas qu'elles échappent à la théorie de la Relativité, mais qu'elles ne sont pas relatives à tel ou tel système de repère. Or de ces « lignes d'univers », de ces « intervalles d'univers » qui synthétisent espace et temps, on peut aisément remonter à ce qui les fonde et par-là s'imprégner de ce que Bachelard tient pour la leçon critique la plus essentielle de la Relativité restreinte. A savoir : les durées et les longueurs sont toujours relatives ; et le seul absolu qui demeure pour constituer le concept de temps est « l'instant », c'est-à-dire ce « point-événement », ce grain spatio-temporel dont la multiplication dans un ordre de succession donne une « ligne d'univers ».

III

Les caractéristiques ontologiques du temps

Sur ce fondement, un certain nombre de caractéristiques de temps peuvent se déduire :

1) Le « temps pensé ».

Tout d'abord, même si cette caractéristique peut paraître externe au temps et purement de l'ordre de la connaissance, il faut souligner que le caractère granulaire du temps n'est pas aperçu au niveau du « temps vécu », mais au niveau du « temps pensé » :

le temps n'a pas la continuité apparente du temps vécu. Il est « plus aérien, plus libre, plus facilement rompu et repris. »⁷⁶ On y trouve les « instants décisifs », les instants de la décision ; et le rythme de ce temps est plus lent que celui du « temps vécu ». En lui s'élabore un « temps mathématisé »⁷⁷, un « temps factice », un « temps réglé » par nos instruments⁷⁸, un temps dans lequel et par lequel « sont les inventions de l'Être »⁷⁹ et la préparation de leurs « réalisations concrètes »⁸⁰.

Pour déterminer l'essence du temps, la pensée claire et objective a donc un primat sur l'intuition du temps vécu qui se nourrit de l'illusoire « impression de continuité »⁸¹ qui y règne du fait même de la « richesse si prodigieuse d'instant » constitutive de la « vie »⁸². Bachelard ne cède plus à cette illusion. « La critique einsteinienne de la durée objective »⁸³ l'a réveillé de ses « songes dogmatiques »⁸⁴. La révolution d'Einstein joue le même rôle pour Bachelard que la révolution copernicienne pour Kant : elle dénonce l'illusion qui est à la source de la métaphysique, mais cette fois il s'agit de la métaphysique du temps posé comme « durée objective ».

2) L'instant ponctiforme fondateur.

L'unité fondamentale du temps est l'instant ponctiforme. Ce n'est pas là un simple postulat qu'on a « toujours le droit *a priori* » de faire valoir pour « essayer une construction nouvelle où la durée est déduite »⁸⁵, c'est l'absolu qui demeure après la critique einsteinienne de la « durée objective ».

3) La discontinuité.

Le temps comme succession d'instant est un ensemble discontinu de points séparés les uns des autres par un « néant ». L'intervalle entre les points n'a pas « d'existence réelle »⁸⁶. « On voudra nous faire dire que cet intervalle c'est vraiment le temps, le temps vide, le temps sans événements, le temps qui dure, la durée qui se prolonge, qui se mesure. Mais nous nous entêtons à affirmer que le temps n'est rien, que l'Eternité avant la création n'a pas de sens ; que le néant ne se mesure pas, qu'il ne saurait avoir une grandeur. »⁸⁷

L'instant comme point-événement a seul une épaisseur ontologique. Le temps vide de tout événement, censé constituer la durée objective dans laquelle s'inscrivent les

⁷⁶ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p.17.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 17.

⁷⁸ Cf. *Ibid.*, p. 64.

⁷⁹ *Ibid.*, p. 17.

⁸⁰ *Ibid.*, p. 17.

⁸¹ *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p.41.

⁸² *Ibid.*, p. 41.

⁸³ *Ibid.*, p. 29.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 29.

⁸⁵ *Ibid.*, p. 28.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 39.

⁸⁷ *Ibid.*, p. 39.

intervalles entre les points-événements, relève d'une illusion dont le point de vue « discontinuiste » de Bachelard peut rendre compte.

Selon ce dernier point de vue, les phénomènes temporels de la vie, de la matière, de la pensée, ont leur propre rythme et leur propre densité d'instants. Or « il suffirait que le rythme de notre être décousu corresponde à un rythme du Cosmos »⁸⁸; et ce à n'importe quel moment d'une décision libre, pour qu'on ait l'impression d'une continuité de notre être et de celle de l'univers. Et c'est bien ce qui advient : tout point-événement de la pensée peut entrer en coïncidence avec un point-événement de la vie, de la matière ou du cosmos du fait des rythmes de succession plus rapides et de densité plus grande des instants constitutifs de l'ordre de la vie, de la matière et du Cosmos.

Par conséquent, on croit à une continuité de notre être, à une continuité de la vie, du cosmos, à une plénitude substantielle dont le flux ne saurait s'interrompre.

Contre ce point de vue discontinuiste, on pourra être tenté de faire valoir par-delà les « preuves objectives »⁸⁹ que le « synchronisme »⁹⁰ entre les rythmes de succession des instants de la pensée par lesquels se produisent des « concomitances »⁹¹ d'instants, provient du fait que les phénomènes en question sont inscrits dans deux flux parallèles qui sont en phase.

Or Bachelard refuse, en s'appuyant sur les sciences expérimentales, une telle « extrapolation métaphysique »⁹² qui postule un « continu en soi »⁹³. Si l'on quitte le plan pragmatique où les objets semblent « durer dans le temps »⁹⁴ parce qu'ils « demeurent dans l'espace »⁹⁵, pour se porter au niveau des objets microphysiques, alors les « coïncidences entre sujet et objet vont s'atomiser. Elles ne dureront pas. »⁹⁶ Le microphénomène n'apparaît que de manière discrète, « il ne se produit qu'au nœud de coïncidences »⁹⁷.

Dans l'intervalle de ces coïncidences avec un instrument de mesure au rythme réglé, la « prudence métaphysique »⁹⁸ nous enjoint de ne pas y postuler la continuité d'une substance qui, virtuellement, continuerait à exister en dehors de ses manifestations. L'hypothèse « continuiste » dépasse l'ordre des faits et, en posant la permanence de la substance en dehors de toute manifestation de ses propriétés, elle a partie liée avec le « réalisme substantialiste ». « Réalisme substantialiste » dénoncé par Bachelard au profit d'un « réalisme des relations ».

⁸⁸ *Ibid.*, p. 41.

⁸⁹ *Ibid.*, p. 42.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 42.

⁹¹ *Ibid.*, p. 42.

⁹² *Ibid.*, p. 42.

⁹³ *Ibid.*, p. 42.

⁹⁴ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 27.

⁹⁵ *Ibid.*, p. 27.

⁹⁶ *Ibid.*, p. 27.

⁹⁷ *Ibid.*, p. 28.

⁹⁸ *Ibid.*, p. 28.

Mais, loin de désarmer, les partisans du « continuisme » interrogeront l'épaisseur ontologique du point-événement ; car pourquoi s'arrêter à un « atome » du temps ? N'y-a-t-il pas une division toujours possible de ce qui apparaît comme continu ?

Mais c'est là postuler que le continu est premier, qu'il n'est pas simple « effet », et que la division de ce continu ne saurait avoir de terme. Ainsi les « continuistes » « placent toujours leur examen au niveau d'une vie d'ensemble, résumée dans la courbe de l'élan vital. Comme nous vivons une durée qui paraît continue dans un examen macroscopique, nous sommes amenés, pour l'examen des détails, à apprécier la durée en fractions toujours plus petites de nos unités choisies. »⁹⁹ Dans cette perspective continuiste, il n'y a pas « d'atomes » du temps, puisqu'il y a toujours au sein de l'unité ultime une durée divisible.

Avec Bachelard, le « continu » est second. Mieux : il est un simple « effet » psychologique fondé par le synchronisme d'instant de deux séries temporelles qui entrent en coïncidence, en correspondance en quelques instants et dont l'une, sous-jacente à l'autre, est plus « riche d'instant ». Et, dès lors qu'il en est ainsi, l'épaisseur de ses deux séries temporelles en coïncidence partielle est appréhendée psychologiquement *dans* et *avec* l'impression qu'il n'y a qu'un temps, qu'une durée continue¹⁰⁰.

Mais, fera-t-on valoir, l'enchâssement des séries temporelles les unes dans les autres ne semble pas pouvoir atteindre le continu de la durée, fût-ce cette continuité temporelle éprouvée psychologiquement et que Bachelard considère comme illusoire. Ainsi, quelle que soit la richesse, la densité des instants de la synthèse des séries superposées, les éléments discrets juxtaposés dans un ordre de succession ne semblent jamais recouvrir une grandeur continue de type géométrique. Cependant quiconque a pris acte du travail mathématique de Cantor sait qu'un ensemble discontinu et indénombrable a la puissance du continu. « De tels ensembles discontinus peuvent remplacer à bien des égards l'ensemble continu. »¹⁰¹ Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'aller chercher des « atomes » de temps au-delà d'un certain seuil, « de descendre plus avant »¹⁰², c'est-à-dire au-delà du seuil permettant de construire un ensemble ayant la puissance du continu.

Au-delà de ce seuil, ne peut se forger que l'Idée d'un « inconditionné » qui suppose le point de vue d'une science achevée, le point de vue de l'infini. Ce pourquoi, critiquée à la manière kantienne, cette Idée pourra prendre le statut « régulateur » de la pensée scientifique ; entendons : un « foyer imaginaire » qui oriente la recherche vers un plan de systématité ; en l'occurrence : le phénomène de la physique dont le rythme et la densité de manifestation peut servir de base pour comparer et hiérarchiser tous les autres phénomènes temporels.

⁹⁹ *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 43.

¹⁰⁰ Nous verrons plus en détail la *durée continue* comme « métaphore » et comme illusion dans le chapitre V : « **Le réalisme du rythme** ».

¹⁰¹ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 28.

¹⁰² *Ibid.*, p. 28.

Cette « Idée régulatrice » est celle du « temps maximum », du « temps complet » : « celui qui contient tous les instants »¹⁰³. La densité des instants est telle que l'être se manifestant discrètement par ces instants rejoint la continuité des manifestations d'un être toujours en acte. Ce « temps maximum » est donc « fait de l'ensemble des actes du Créateur »¹⁰⁴. Qu'est-ce à dire ? Si ce n'est pas une « création continuée » du monde dont on peut envisager qu'elle est auto-suffisante, c'est-à-dire interne au monde lui-même et procédant par la discontinuité de rythmes, c'est alors paradoxalement une « création continue » à partir d'actes discrets externes au monde. Bref : Dieu par ces actes discontinus récrée sans cesse le monde pour en assurer la continuité. Dieu n'est pas le « continu » qui agit par éléments « discrets », mais le « discret » lui-même qui fait la « continuité » de la nature. Cependant, la position de Bachelard n'est pas tout à fait arrêtée sur cette conception hautement métaphysique. Dans l'ouvrage *La Dialectique de la durée*, il semble opter pour la création continue et autosuffisante de la nature pour la raison que les séries rythmiques superposées d'instant s'étaient les unes sur les autres par des coïncidences d'instant et qu'ils construisent ainsi une architecture symphonique indépendante d'un dieu créateur qui en assurerait la création continue¹⁰⁵.

4) Quantifiable et quantifié.

Si le temps est un ensemble de plus ou moins grande densité d'instant se succédant selon un ordre rythmique, alors une arithmétisation du temps est possible. Bachelard ose l'expression : « arithmétisation temporelle absolue »¹⁰⁶. En d'autres termes : « la durée n'est qu'un nombre dont l'unité est l'instant »¹⁰⁷.

Mais comment la durée s'applique-t-elle à l'arithmétique, c'est-à-dire vient-elle à être recouverte adéquatement par l'arithmétique ? Comment le temps se mesure-t-il ou plutôt doit-il se mesurer à partir de cette unité fondamentale qu'est « l'instant », conçu non pas comme une fraction de durée continue, mais comme « atome » dont la succession rythmée engendre la durée ?

Ce qu'il nous faut voir, c'est la construction même du temps, la construction des durées ; dit autrement : c'est le temps qui « se multiplie sur le schème des correspondances numériques, loin de se diviser sur le schème du morcelage du continu. »¹⁰⁸

Entrons dans cette construction que Bachelard appelle de ses vœux et qu'il esquisse dans *L'Intuition de l'instant*¹⁰⁹.

¹⁰³ *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 48.

¹⁰⁴ *Ibid.*, p. 48.

¹⁰⁵ Cf. *Infra*, chap. V, I.

¹⁰⁶ *Ibid.*, p. 28.

¹⁰⁷ *Ibid.*, p. 38.

¹⁰⁸ *Ibid.*, p. 43.

¹⁰⁹ Cf. *Ibid.*, p. 43- 46.

Pour ce faire, plaçons-nous d'emblée dans la perspective « discontinuiste ». Ne cherchons plus comme les « continuistes » « à apprécier la durée en fractions toujours plus petites de nos unités choisies »¹¹⁰ ; unités conçues comme continues en soi. « Partons au contraire du dénominateur qui est la marque de la richesse d'instants du phénomène, base de la comparaison »¹¹¹ pour appréhender « combien de fois, à ce phénomène finement scandé, correspond une actualisation d'un phénomène plus paresseux »¹¹² ; actualisation dont les occurrences nombrées viennent en position de numérateur de la fraction.

Toute mesure du temps est relative à un phénomène pris pour base de comparaison et qui est conditionné expérimentalement. Il consiste en une série d'instants rythmés, groupés par période, et dont on peut vérifier la régularité, la loi d'ordre de succession en synchronisant ce phénomène de base avec un autre phénomène de base identique au premier. La vérification de la régularité du phénomène constitutif de l'instrument de mesure est essentielle.

Ce phénomène est choisi pour base de comparaison eu égard à la « richesse relative »¹¹³ des instants qui le constituent. Il n'existe pas de « base absolue »¹¹⁴ de comparaison : le « temps complet » qui contient tous les instants nous est refusé expérimentalement. Il n'a que le statut d'un « foyer imaginaire ».

Sur fond de ce phénomène de base constitué d'instants finement rythmés, on va pouvoir établir les « concordances », les « correspondances », les « concomitances » ou encore les « coïncidences » entre les instants de manifestation du phénomène à étudier et les instants de manifestation du phénomène de base.

Tous les instants « coïncidents », du phénomène à étudier, sont ensuite groupés selon des séquences qui se répètent à l'identique. Ce regroupement sera lui-même en proportion avec un regroupement des instants du phénomène de base qui inclut tous les instants en coïncidence avec les instants du phénomène à étudier, mais également d'autres instants du phénomène de base, puisque ce dernier est plus finement rythmé, plus riche d'instants. Le nombre des instants de ce regroupement d'instants du phénomène de base nous donne la période T du groupe d'instants du phénomène à étudier, c'est-à-dire le « temps » pour que ce dernier phénomène se répète à l'identique.

Si maintenant on fixe pour le phénomène de base une « unité de temps », c'est-à-dire habituellement une série d'instants qui, elle-même, se répète indéfiniment à l'identique, on pourra alors calculer la fréquence du phénomène à étudier. En l'occurrence, on déterminera le nombre de fois qu'il y a de périodes T du phénomène à étudier par « unité de temps » du phénomène de base : $f = \frac{1}{T}$.

¹¹⁰ *Ibid.*, p. 43.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 44.

¹¹² *Ibid.*, p. 44.

¹¹³ *Ibid.*, p. 46.

¹¹⁴ *Ibid.*, p. 46.

Insistons sur ce point pour être plus clair. Cela revient à mettre en rapport fractionnel le nombre des instants de « l'unité de temps » et le nombre des instants constitutifs de la période T du phénomène à étudier.

Le nombre des instants de « l'unité de temps » est en position de numérateur de la fraction. Le nombre d'instants groupés définissant la période T est en position de dénominateur.

Ainsi, conformément aux lois de la physique : moins le phénomène à étudier « utilise » d'instants du phénomène de base pour se répéter à l'identique, — c'est-à-dire s'actualise dans un synchronisme de ses instants avec ceux du phénomène de base, — plus sa période est petite et la fréquence du phénomène est haute.

La formule de la fréquence à laquelle nous parvenons offre un intérêt particulier : elle met parfaitement en lumière le fait que « l'unité de temps » n'a rien d'une « durée continue », d'une grandeur géométrique divisible à l'infini. « L'unité de temps » est discontinue ; elle est constituée par les instants d'un phénomène finement rythmé qui sert d'instrument de mesure du « temps ». Ainsi, lorsque « l'unité de temps » apparaît dans la fraction algébrique exprimant et définissant la fréquence en position de numérateur, il faut se garder d'y voir une quantité recouvrant une grandeur continue que de multiples autres grandeurs continues plus petites pourraient égaler.

Encore une fois, « l'unité de temps » est constituée d'un nombre d'instants ponctiformes. Arithmétisée, elle est égale à un nombre¹¹⁵. Les intervalles entre les instants n'ont pas de réalité. Ils basculent dans le néant. Sauf s'ils sont identifiés comme un temps où « il ne se passe rien » en comparaison avec un phénomène encore plus finement scandé, rythmé, c'est-à-dire plus riche d'instants. Les intervalles entre les instants de manifestation du phénomène précédent apparaîtront alors comme des espaces sans coïncidence avec les instants de manifestation du phénomène nouveau pris pour base de comparaison.

La durée s'applique donc à l'arithmétique. On voit que le temps de manifestation d'un phénomène se construit par une mise en « correspondance numérique » de ses instants avec les instants d'un autre phénomène de base. Plus un phénomène à étudier « utilise » d'instants d'un même phénomène de base, plus sa durée augmente, plus sa période à des chances d'augmenter et, par conséquent, sa fréquence de diminuer.

Il en va ainsi, car « l'unité de temps » qui sert à la mesure n'est pas une « durée continue », division elle-même d'une durée continue plus grande. Elle est un nombre d'instants. Et l'unité ultime est « l'instant ». Le temps de manifestation d'un phénomène ne peut plus et ne doit plus être conçu comme un multiple d'une « grandeur continue » prise

¹¹⁵ Cf. *Ibid.*, p. 38.

pour « l'unité de temps », qui procèderait elle-même du « morcelage du continu »¹¹⁶, d'une « division » d'une durée posée comme continue.

5) Homogénéité et linéarité.

Un instant, en tant que ponctiforme, ne contient en lui aucune durée. Par conséquent, il ne peut être qu'homogène¹¹⁷. Cependant, pour peu qu'on compare les points-événements que sont les instants, ceux-ci apparaîtront comme hétérogènes les uns par rapport aux autres.

Mais, quoi qu'il en soit, dès lors que ces « points-événements » sont considérés comme la manifestation d'un même phénomène, qu'ils se placent dans un ordre de succession linéaire et qu'ils peuvent être mis en correspondance avec les manifestations successives et ordonnées linéairement d'un autre phénomène plus finement scandé, on ne retient des « instants » que le nombre de leurs occurrences et le nombre de leurs « correspondances » pour déterminer, par leur comparaison, la durée du premier phénomène. C'est dire que les instants sont alors considérés comme homogènes les uns aux autres. On reconnaîtra donc que cette homogénéité est toute relative, puisque chaque « point-événement » en tant qu'absolu peut avoir une parfaite singularité et, par-là, ne pas être exactement identique à un autre.

6) Pluriel.

Dans l'avant-propos de *La Dialectique de la durée*, qui vaut plus comme une rétrospection sur l'ensemble des chapitres et des acquis du parcours intellectuel, Bachelard écrit : « dès que nous avons été un peu exercé, par la méditation, à vider le temps vécu de son trop-plein, à sérier les divers plans des phénomènes temporels, nous nous sommes aperçu que ces phénomènes ne duraient pas tous de la même façon et que la conception d'un temps unique, emportant sans retour notre âme avec les choses, ne pouvait correspondre qu'à une vue d'ensemble qui résume bien mal la diversité temporelle des phénomènes. »¹¹⁸

En effet le calcul de la durée de manifestation d'un phénomène nous conduit à comparer le rythme de ses manifestations avec le rythme des manifestations plus denses, plus riches d'un phénomène pris pour base de la comparaison. Plus exactement, comme nous l'avons vu, on repère un nombre de coïncidences des instants du phénomène à étudier avec les instants du phénomène de base tout en rapportant ce nombre au nombre d'instants du phénomène de base qui définit la période T du phénomène à étudier. Or ce phénomène de base n'a rien d'une base absolue. Ses manifestations rythmées peuvent elles-mêmes être comparées aux manifestations d'un phénomène plus finement rythmé. La base absolue, mais ce n'est là qu'une « Idée régulatrice », au sens kantien de l'expression, ou encore un

¹¹⁶ *Ibid.*, p. 43.

¹¹⁷ Cf. *Ibid.*, p. 49.

¹¹⁸ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. VI et VII.

« foyer imaginaire », est la totalité des actes discrets du Créateur dont la densité recouvre une continuité.

Ainsi une pluralité de durées, de groupes d'instants, de séries temporelles hiérarchisées se substitue au temps unique, au flux continu d'éléments hétérogènes, tel que Bergson le conçoit. Du temps de la pensée au temps de la matière inerte, en passant par le temps de la matière vivante, une hiérarchie s'installe de la moins grande densité d'instants vers la plus grande densité. « L'atome rayonne et existe souvent, il utilise un grand nombre d'instants, il n'utilise cependant pas tous les instants. La cellule vivante est déjà plus avare de ses efforts, elle n'utilise qu'une fraction des possibilités temporelles que lui livre l'ensemble des atomes qui la constituent. Quant à la pensée, c'est par éclairs irréguliers qu'elle utilise la vie. »¹¹⁹

7) Vectorisé.

Le temps est anisotrope, il va du passé vers l'avenir. Mais cette direction n'est pas possible à établir à partir du seul instant ponctiforme et sans épaisseur ; « on ne trouvera pas en lui la racine d'une dualité suffisante et nécessaire pour penser une direction. »¹²⁰

En revanche, on peut s'appuyer sur le « réalisme du rythme »¹²¹ pour construire la perspective des instants que la conscience place dans le passé ou dans l'avenir. Le rythme de manifestation d'un phénomène qui « s'éteint »¹²² comparé au rythme de manifestation d'un autre phénomène qui continue, nous donne une perspective sur ce phénomène : il va être au passé. Jugement relatif et non absolu, dira-t-on, mais il n'en est pas d'autres qui ne soient pas appuyés sur une comparaison. Quant à l'avenir, il n'est pas donné, mais il est esquissé dans des rythmes qui naissent et dont la conscience, appuyée sur la mémoire et les habitudes, peut pré-entendre le développement comme elle prévoit une trajectoire à venir à partir de son esquisse, à partir de l'instant de l'impulsion¹²³ qui est à sa source. Cependant l'avenir reste assez indéterminé si l'on prend en compte tous les plans dans lesquels se joue la symphonie de l'Être. Quant au présent qui dure, il est fait d'instants groupés dans des séries rythmiques monotones¹²⁴.

La conscience, dans cette mise en perspective des instants pour dessiner l'avenir, le passé, et le présent qui dure, s'appuie donc sur des rythmes d'instants et sur la comparaison de ces rythmes. Cette construction fait donc du caractère anisotrope du temps une propriété seconde, une propriété dérivée, et non une propriété de « premier aspect »¹²⁵.

Est-ce à dire que les dimensions du temps relèvent d'une structure de la conscience dont une phénoménologie pourrait rendre compte ?

¹¹⁹ *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 47.

¹²⁰ *Ibid.*, p. 49.

¹²¹ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 66.

¹²² *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 49.

¹²³ Cf. *Ibid.*, p. 51.

¹²⁴ Cf. *Ibid.*, p. 50.

¹²⁵ *Ibid.*, p. 51.

Il ne faut pas s'arrêter au seul aspect psychologique sur lequel insiste Bachelard dans *L'Intuition de l'instant*. Si l'on se réfère au « cône de lumière », on pourra dire qu'un sujet dessine dans l'espace-temps une « ligne d'univers ». Et s'il est au repos, en position d'origine, il ne cesse pas de voyager dans le temps en situant les points-événements soit dans « l'ailleurs », soit dans le passé ou l'avenir avec une situation limite sur les « bords du cône ». La vitesse de la lumière étant finie, dans l'instant présent de l'observateur ne peut être donnée la totalité des points-événements de l'univers. Dans l'instant origine de l'observateur, se croisent donc des « lignes d'univers » d'objets et de particules qui viennent du passé. Ils poursuivent leur ligne vers le futur. Sur ces « lignes d'univers » sont calculables les « intervalles d'univers » entre les points-événements ; intervalles qui sont invariants pour tous les observateurs inscrits dans un système de référence galiléen. L'ordre de succession des points-événements recouvre donc une objectivité qui ontologise la vectorisation temporelle.

Mais, dira-t-on, qu'en est-il du « réalisme du rythme » sur lequel doit se construire la perspective des instants pour constituer le passé et l'avenir objectifs ?

On le retrouve, mais délesté de toute appréciation subjective.

La construction est de type mathématique. Elle rompt avec une simple comparaison subjective des rythmes de certains phénomènes macroscopiques. Le scientifique s'appuie sur le rythme objectif et maximal du photon de lumière dans sa propagation ondulatoire ainsi que sur l'instant comme absolu dans l'espace-temps de Minkowski. Il joue le rôle de phénomène de base de comparaison ultime du fait de sa vitesse limite. S'inquiètera-t-on de la « perspective » qui ouvre le passé et l'avenir ? La « perspective » correspond à un découpage de l'espace-temps de Minkowski que le « cône de lumière » illustre et qui, précisément, signifie l'impossibilité en un point de l'univers d'être immédiatement informé de ce qui se passe dans la totalité de l'univers.

IV

Les frontières épistémologiques

Pour Bachelard, comme nous venons de l'indiquer, rien ne limite en droit la portée ontologique de la science. Aucune « Esthétique transcendantale ». Et la « chose-en-soi » transparente à la raison se réalise techniquement dans la nature en la provoquant pour qu'émergent les phénomènes exemplifiant cette « chose-en-soi ».

C'est dire que les frontières épistémologiques de la science, plus précisément de la chimie et de la physique, ne sont pas le fait d'un législateur externe aux sciences. Dans son processus d'objectivation la pensée scientifique réalise techniquement le réel et fixe ses propres frontières. Frontières qu'elle a toujours tendance à dépasser. En revanche, si la physique et la chimie devaient avoir des frontières de droit ou une frontière de type

métaphysique, cette dernière serait « abandonnée, indifférente »¹²⁶ au regard du scientifique. En d'autres termes, elle ne susciterait pas la pensée pour être comprise ou être assimilée dans une organisation rationnelle. Elle serait inopérante pour le progrès de la science et il pourrait advenir que le développement des sciences en vienne à la détruire comme frontière de droit.

À l'opposé, une frontière scientifique est provisoire et sue comme telle¹²⁷. Elle appelle une induction transcendante pour être assimilée dans un corps de pensée. Ce dont la Relativité restreinte et la Relativité générale témoignent à propos de l'espace et du temps qui ne peuvent donc constituer des frontières métaphysiques de la science. Ainsi, comme nous l'avons vu, contre Bergson, aucune intuition métaphysique censée dépasser les limites de la science n'est à convoquer, la science physique elle-même appréhende le temps et non son fantôme; contre Kant, l'espace et le temps ne peuvent être tenues pour des formes pures et *a priori* de la sensibilité qui interdisent de droit à la science de porter sur la « chose-en-soi » au fondement des phénomènes sous peine de sombrer dans la métaphysique.

Cette induction transcendante, dont nous faisons état, dépasse les frontières de la science ; mais elle n'en reste pas à la constitution de noumènes. Plus riche de possibles que le réel donné sur le plan phénoménal, elle est source de « *transcendances expérimentales* »¹²⁸. La chimie crée une « surnature ». Nous y trouvons des corps chimiques qui « n'ont pas plus de réalité que L'Enéide ou la Divine Comédie »¹²⁹, mais également des substances chimiques que la Nature n'offre que rarement. Il faut alors forcer la nature, la provoquer pour qu'émerge une telle substance. Sur le plan de « l'ontogénie technique » de la chimie, couplée à sa « nouménologie », on peut donc dire avec Bachelard : « par certains côtés, il ne nous semble pas plus utile de parler de frontières de la chimie que des frontières de la Poésie. »¹³⁰

Mais si la science seule est habilitée à poser ses propres frontières et que celles-ci n'ont rien de définitif, quel rôle peut et doit jouer la philosophie par rapport à la science ?

La réponse est double : d'une part, « réformer la connaissance non-scientifique qui entrave toujours la connaissance scientifique »¹³¹, c'est-à-dire perdre ses illusions premières pour accéder à l'organisation rationnelle de la pensée scientifique. D'autre part, « détruire systématiquement les bornes que la philosophie traditionnelle avait imposées à la science. »¹³² Cela revient à s'appuyer sur les sciences elles-mêmes, ce pourquoi Bachelard parle de « philosophie scientifique »¹³³ pour mettre en cause les « intuitions premières »¹³⁴ sur lesquelles se fonde le législateur, externe aux sciences, pour en fixer les limites.

¹²⁶ « Le concept de frontière épistémologique », in *Etudes*, op.cit, p. 80.

¹²⁷ Cf. *Ibid.*, p. 84.

¹²⁸ *Ibid.*, p. 80. Expression soulignée par Bachelard.

¹²⁹ *Ibid.*, p. 83.

¹³⁰ *Ibid.*, p. 83.

¹³¹ *Ibid.*, p.85.

¹³² *Ibid.*, p.85.

¹³³ *Ibid.*, p. 84.

¹³⁴ *Ibid.*, p. 84.

Intuitions premières, démontrées illusoires ; aussi les frontières, prétendues de droit, s'effacent-elles.

En nous plaçant au cœur de la Relativité restreinte et généralisée , nous avons produit la « pédagogie scientifique »¹³⁵ propre à détruire les intuitions premières de l'espace et du temps sur lesquelles la philosophie de Bergson et les philosophie héritées de Kant s'appuient pour dénier à la science la capacité de définir le temps ou l'espace dans leur réalité ontologique ou encore pour lui dénier la possibilité d'atteindre le réel tel qu'en lui-même.

Par-delà cette pédagogie polémique, le « réalisme scientifique » et « technique », qui enveloppe une ontologie *a posteriori*, peut donc bien apparaître, aux yeux de Bachelard, comme la philosophie la plus adéquate aux progrès rationnels et techniques de la pensée scientifique. Le voile de Maya est soulevé¹³⁶. La profondeur métaphysique du monde objectif s'ouvre à la science. Une « métaphysique positive »¹³⁷ est possible.

« Métaphysique » au sens où Bachelard brave l'interdit hérité du positivisme de Comte et qu'il ne réduit pas non plus la portée ontologique de la science par une Esthétique transcendantale héritée de Kant. Contre le positivisme, pour lequel une explication scientifique ne doit pas porter sur la cause profonde des phénomènes, il fait valoir les noumènes de type mathématique qui portent sur les causes intelligibles des phénomènes. Contre « l'Esthétique transcendantale », on vient de le voir, il confère au temps une réalité ontologique. Quant à l'espace, il ne se réduit pas à un cadre de notre intuition perceptive. La Relativité générale, par exemple, confère à l'espace-temps, fortement mathématisé de Minkowski, une réalité ontologique.

« Positive » est cette « métaphysique », car les « noumènes » sont réalisés techniquement sur le plan instrumental. Les sciences physiques et chimiques ne se confient plus à l'observation occasionnelle des phénomènes. Elles sont dans une production de phénomènes. Et, pourrait-on ajouter, dans la mesure où la production technique des phénomènes n'est plus dans le prolongement de l'activité de *l'homo faber*, — puisqu'au niveau microphysique nous n'avons plus affaire à de petits solides et qu'au niveau chimique on synthétise de nouvelles substances, — on peut parler d'une « métatechnique d'une nature artificielle »¹³⁸ qui écarte définitivement tout scepticisme quant à la valeur objective des noumènes, puisqu'elle en offre précisément les garanties objectives.

De manière peut-être plus précise et plus adéquate à ce que vise Bachelard, il faudrait parler de « méta-microphysique »¹³⁹ et de « méta-microchimie » positives .

¹³⁵ *Ibid.*, p.85.

¹³⁶ Cf. *Ibid.*, p. 82.

¹³⁷ « Noumène et microphysique », in *Etudes*, op.cit, p. 24.

¹³⁸ « Noumène et microphysique », op.cit, p. 24.

¹³⁹ Ch. Alunni avance cette expression dans un article intitulé « Relativités chez Bachelard », in *Revue de synthèse*, Albin Michel, 4^eS, N° 1, janvier-mars 1999, p. 107. Il la justifie par la dénivellation entre les niveaux d'expérimentation et de thématization des phénomènes macro et microscopiques. Nous y ajoutons l'expression de « méta-microchimie » pour la raison que celle-ci vient se fonder sur le « réalisme régional » axiomatisé de la physique quantique.

Explicitons ce point.

En effet, en s'appuyant sur « le réalisme des relations », Bachelard parle d'une « métachimie »¹⁴⁰ susceptible de disperser le substantialisme initial de la chimie, et qui doit en outre bénéficier des garanties objectives que lui confère la technique en réalisant, en produisant des « substances » ou, plutôt, selon une expression anti-substantialiste plus ajustée, des « contextures d'attributs » saturées de rationalité. Il en fait l'analogie, sur le plan de la chimie, de la « métaphysique » accompagnant la physique ; « Métaphysique » dont il dit qu'elle « ne pouvait avoir qu'une notion de substance parce que la conception élémentaire des phénomènes physiques se contentait d'étudier un solide géométrique caractérisé par des propriétés générales. »¹⁴¹

La « métaphysique » prend ici le statut d'un discours qui offre un cadre pour les sciences en ce qu'elle anticipe l'essence du réel.

Or il est vrai que cette « métaphysique » accompagnant la physique a pu évoluer avec les découvertes des phénomènes microscopiques. Ainsi, elle a pu prendre, avec M. Jean-Louis Destouches, la figure d'une « Métamécanique » loin de tout substantialisme. À son propos, Bachelard écrit : « Dans sa thèse, il a pu réunir en un seul ensemble cohérent les principes d'une mécanique ponctuelle générale, puis ceux d'une mécanique ondulatoire générale. En étudiant les connexions de ces deux grandes organisations théoriques, M. Destouches en arrive à la conception la plus générale susceptible d'englober la pensée scientifique de notre temps. Il propose d'appeler cette conception physique générale la Métamécanique. Un autre nom lui conviendrait mieux, si Aristote et tous les philosophes n'étaient passés par là et n'avaient le mot vague avant de posséder la chose précise. C'est, en effet, dans le sens le plus précis du terme, la *Métaphysique de la science contemporaine* que vient de créer M. Jean-Louis Destouches. »¹⁴²

Cette *métaphysique de la science contemporaine* et la *métachimie contemporaine* sont donc bien analogues : non seulement en tant qu'elles accompagnent respectivement la physique et la chimie et anticipent, par leurs axiomatiques¹⁴³, l'essence du réel, mais en ce qu'elles sont, l'une et l'autre, non substantialistes et qu'elles pointent vers un « réalisme des relations », puisqu'elles se fondent sur l'apodicticité des relations des noumènes mathématiques.

Par conséquent, si l'on prend acte de la dénivellation entre le niveau macroscopique et le niveau microphysique dont s'occupent la physique et la chimie contemporaines, les expressions les plus adéquates pour recouvrir ce que Bachelard a en vue, lorsqu'il parle de « métaphysique positive », dans « *Noumène et microphysique* », seraient celles de « méta-

¹⁴⁰ « La métachimie serait dans le même rapport que la chimie à la physique. La métaphysique ne pouvait avoir qu'une notion de substance parce que la conception élémentaire des phénomènes physiques se contentait d'étudier un solide géométrique caractérisé par des propriétés générales. La métachimie doit bénéficier du fait que les véritables substances chimiques sont des produits de la technique plutôt que des corps trouvés dans la réalité. » *La Philosophie du non*, op.cit, p. 53.

¹⁴¹ *La Philosophie du non*, op.cit, p. 53.

¹⁴² *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 137.

¹⁴³ Point sur lequel nous aurons l'occasion de revenir dans le chapitre VI à propos des « rationalismes régionaux ».

microphysique » et de « *méta-microchimie* » positives puisque, l'une et l'autre, sont bien des métaphysiques internes aux sciences et qu'elles s'expérimentent en réalisant des noumènes mathématiques.

Chapitre IV

Le réalisme psycho-social

I

L'objectivité sociale de la science et son opérateur psycho-social.

Dans le corpus des textes de Bachelard, le lecteur ne trouvera pas l'expression « réalisme psycho-social » ou « réalisme social », cependant l'idée y est présente. En effet, les sciences physiques et chimiques actuelles ne se caractérisent pas seulement par leur objectivité rationnelle et technique, mais par leur objectivité sociale. Et « une philosophie des sciences qui ne veut pas être utopique doit essayer de formuler une synthèse de ces trois caractères. »¹

L'utopie, dans un temps historique où les sciences physiques et chimiques sont constituées en « cité théoricienne » et « cité technique »², serait, pour quiconque veut faire de la science, de rester un esprit solitaire. Rationaliste et solitaire sont deux qualificatifs qui sont désormais exclusifs l'un de l'autre.

Les sciences contemporaines, que sont la chimie et la physique, sont socialisées ; elles forment une « cité scientifique ». Celle-ci est fortement constituée sur ses bases rationnelles et les progrès dans l'objectivité ne sont pas faits d'une accumulation, d'une juxtaposition de vérités, mais d'une coordination de celles-ci qui forment ou tendent à former un corps, une organisation de raisons clairement hiérarchisées. Qu'un tel corps ne soit pas achevé, que dans un livre de physique, des chapitres restent juxtaposés sans se placer sous les mêmes principes, c'est un fait. Mais les chapitres en question fonctionnent sur des principes qui ne sont pas contradictoires. Les esprits scientifiques s'accordent sur ces principes, sur les raisons qui organisent le corps de leurs savoirs. Ils s'accordent sur des raisons, des enchaînements rationnels, qui ont été gagnés par de multiples rectifications d'erreurs ; non seulement pour déjouer les obstacles à la constitution même de la science, de l'esprit scientifique, mais pour dépasser ces obstacles intra-scientifiques que sont les cadres rationnels éprouvés dans leur objectivité, et qui cependant réclament d'être changés lorsqu'ils ne peuvent assimiler un phénomène qui les met en échec.

De plus, cette clarification des bases rationnelles et objectives de la science sur lesquelles s'accordent les scientifiques sont le résultat d'un travail d'enseignement, c'est-à-dire encore d'une socialisation de la science qui s'est insérée dans l'instruction scolaire comme une de ses dimensions essentielles. Bachelard rappelle une remarque de Boerhave : « si la chimie a été si longtemps erronée dans ses principes mêmes, c'est qu'elle fut longtemps une culture solitaire. »³ L'effort d'enseignement, en l'occurrence

¹ *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 17.

² *Ibid.*, p. 16.

³ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 244.

en écrivant un traité de chimie, a permis à cette science de conquérir « ses bases objectives »⁴.

La science est donc socialisée dans son organisation et son mode d'accès. La constitution de l'homme en rationalité porte témoignage de ce caractère social de la science. Pour accéder à la « cité scientifique », l'homme doit passer par l'école primaire et secondaire, puis l'université. Les sciences s'apprennent dans ce lieu social et cette relation psycho-sociale qu'est l'école. Pour qu'un esprit devienne scientifique, il faut qu'il comprenne les sciences. Entendons, avec Bachelard, que la compréhension scientifique signifie que les « faits de raison » sont retenus avec « l'appareil des raison »⁵, c'est-à-dire les méthodes, les principes rationnels, qui fondent ces faits démonstrativement.

Lorsque l'homme rationaliste est formé par l'école et qu'il veut continuer à être rationaliste et scientifique, alors il lui faut travailler au sein d'une société : la « cité scientifique ». Il ne peut se dérober aux « rapports sociaux de la science »⁶. « L'actualité » de la science moderne consiste dans « son caractère social bien défini. Ensemble, les savants s'unissent dans une cellule de la « cité scientifique », non seulement pour comprendre, mais pour se diversifier, pour activer toutes les dialectiques qui vont des problèmes précis aux solutions originales. »⁷ Et ce fait atteint les cellules du savoir les plus abstraites. Même « la science pure, [c']est une science qui tout de même est socialisée. »⁸

Le rationaliste est tendu par son effort, sa volonté de penser s'inscrit dans une activité sociale, intersubjective où se continue une prise de culture pour accéder aux problèmes qui se posent dans une région du savoir. Le rationaliste s'engage, son esprit s'applique au réel en se spécialisant. Spécialisation qui est alors la fine pointe de sa culture générale constituée par « les cadres logiques socialisés »⁹ et contrôlés de la science. Et sur cette fine pointe, qui réclame une longue et patiente préparation, « le long cycle de problèmes imposés par le rationalisme enseignant »¹⁰, peut-être aura-t-il la chance, — encore que celle-ci aille du côté du travail, — de trouver une problématique nouvelle et d'y apporter une solution. Mais, fût-il isolé dans l'émergence de cette solution, il devra avouer « qu'il n'aurait pas trouvé tout seul »¹¹. Portés et fixés sur cette fine pointe de spécialisation de l'esprit, nous pourrions croire naïvement que se perd tout lien social. Mais Bachelard soutient avec vigueur le contraire : « et qu'est-ce que c'est aussi que cette spécialisation ? C'est une cohérence sociale très curieuse. »¹² En 1950, dans la *Séance du 25 mars* devant la *Société Française de*

⁴ *Ibid.*, p. 244.

⁵ *Ibid.*, p. 247.

⁶ « De la nature du rationalisme », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 54.

⁷ *Le Matérialisme rationnel*, Union Générale d'Éditions, collection 10/18, 1977, p. 2.

⁸ « De la nature du rationalisme », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 54.

⁹ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 241.

¹⁰ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 9.

¹¹ *Ibid.*, p. 12.

¹² « De la nature du rationalisme », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 56.

Philosophie, il en donne pour preuve la combustion du carbone, en cette même année, dans un laboratoire de Nancy¹³. En effet, il ne faut rien moins qu'une société de cristallographes (pureté du filament de carbone), de physiciens (contrôle de la pression d'un millième de millimètre) et de chimistes (oxygène pur) pour engager cette étude spécialisée. Bref : l'objet en question est le point de convergence et de perspective de multiples fonctions rationnelles en dialogue. La cohérence des convergences fonctionnelles est éminemment sociale. La spécialisation produit de la cohérence sociale, ce « qui donne par conséquent une valeur humaine extraordinaire »¹⁴ au « rationalisme appliqué » engagé dans la précision, si l'on veut bien considérer que l'entente, l'accord entre des esprits, fondé solidement sur les concepts scientifiques, est effectivement une valeur.

Cette socialisation de la science sera encore plus évidente si l'on se porte sur son versant technique, c'est-à-dire du côté de la vérification expérimentale et de la « fabrique des phénomènes »¹⁵. Si le rationalisme est « appliqué », il doit toujours en venir à sensibiliser les concepts, les organisations conceptuelles et leur base axiomatique, avec l'expérimentation des phénomènes. Ainsi le concept de « simultanéité » n'est-il pas un concept qui perd sa signification dès lors que sont mises en jeu des vitesses proches de celle de la lumière ? La relativité restreinte en naît, et les expériences des horloges atomiques tournant en sens inverse autour de la terre en vérifient l'exactitude. La mise au point de ces expériences suppose une grande coordination des ingénieurs, des techniciens et des théoriciens ; bref : une socialisation, une convergence des compétences. « L'objectivité ne peut se détacher des caractères sociaux de la preuve. »¹⁶ Les techniques de mesure, fussent-elles suffisamment précises, engagent déjà une socialisation ; une méthode d'objectivation précise est discursive et, par-là même, intersubjective. Ainsi, « l'ordre de précision est un ordre d'instrumentalisation croissante, donc de socialisation croissante. »¹⁷ En effet, lorsque l'échelle des phénomènes est extrêmement petite, il faut des instruments de mesure qui sensibilisent énergétiquement, de manière adéquate, l'objet que l'on veut atteindre. Les appareils eux-mêmes, qui mettent en jeu de puissantes énergies, finissent par être des « théories matérialisées »¹⁸ ; matérialisées par des corps de métiers en dialogue avec les théoriciens. Dans les conditions primitives du savoir, la science est souvent une aventure de solitaire qui développe une science qualitative. En revanche, dès que la science devient quantitative, elle se socialise.

Si l'on se porte maintenant au niveau de facticité de la physique et de la chimie modernes, le caractère social, intersubjectif de la science, semblera encore plus net.

¹³ *Ibid.*, p. 56-57.

¹⁴ *Ibid.*, p. 58.

¹⁵ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 17.

¹⁶ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 16.

¹⁷ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 241.

¹⁸ *Ibid.*, p. 242.

Avec la physique contemporaine « nous avons quitté la nature, pour entrer dans une fabrique de phénomènes »¹⁹. Lorsqu'on étudie les phénomènes électriques dans des circuits en réseaux, nous n'attendons pas que la nature les fournisse par la foudre. Le flux d'électrons est produit. De même, pour étudier les isotopes dans leur structure, leur « durée de vie », il faut les produire en bombardant des noyaux avec des protons et des neutrons. Dans des deux cas, la « technique particulière enjoint de bâtir une ville entière, une ville-usine »²⁰, c'est-à-dire une coopération matérielle et humaine de techniciens, d'ingénieurs et de théoriciens.

Avec la chimie contemporaine, l'observation des substances naturelles n'est plus de mise. La chimie a rompu avec le matérialisme naturel pour un matérialisme instruit, un matérialisme ordonné par une chimie mathématique qui produit des substances simples en précisant leur degré de pureté, et des substances composées en forçant les forces de la nature à converger dans une synthèse inédite, mais mathématiquement possible. Points sur lesquels nous avons déjà insisté, puisque la nouménologie se couple à une ontogénie physique et chimique. Rappelons simplement que, pour le chimiste, « il faut faire exister des corps qui n'existent pas. Quant à ceux qui existent, le chimiste doit, en quelque manière, les refaire pour leur donner le statut de pureté convenable, pour les mettre à égalité de "facticité" avec les autres corps créés par l'homme. »²¹ Or la réalisation technique de ces matières suppose la cohérence sociale du laboratoire ou, plus amplement, l'objectivité sociale, les rapports sociaux de ce qu'on pourrait appeler la « cité chimique », — pendant de la « cité technicienne » pour la physique.

La cohérence humaine se fait autour d'une substance fabriquée ou épurée, comme elle se fait autour d'un être technique, d'un phénomène technique ou encore d'un instrument technique. Ils objectivent, ils incarnent la rationalité nouménologique de l'esprit scientifique de telle sorte qu'on devra céder à l'émerveillement sans verser dans l'étonnement face à ces réalisations rationnelles. Émerveillement, « en constatant la richesse métaphysique des techniques les plus factices. »²² Non seulement l'esprit scientifique peut se comprendre dans le langage de ses productions, mais, réciproquement, les productions peuvent se comprendre dans le langage de l'esprit. Par les liens de la phénoménotechnique et de la nouménologie s'instituent « un monde homogène d'expériences et de pensées »²³ qui fonde cette richesse métaphorique croisée. Par exemple, la « chronotechnique de la pensée apodictique »²⁴, caractéristique de l'esprit rationnel, est pensable comme « robot ». ²⁵ Réciproquement, un appareil de mesure ou un appareil permettant de produire un phénomène sera pensable, du fait de son « identité opératoire » comme un « cogito d'appareil »²⁶, c'est-à-dire comme le pôle

¹⁹ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 17.

²⁰ *Ibid.*, p. 16.

²¹ *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 22.

²² *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 10.

²³ *Ibid.*, p. 10.

²⁴ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 26.

²⁵ *Ibid.*, p. 25 : « L'esprit scientifique installe, par l'organisation rationnelle des concepts, de précieux robots psychologiques. Ainsi, par bien des côtés, une axiomatique est un robot mathématique. »

²⁶ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 11.

fonctionnel d'unité et d'identité d'une structure cognitive invariante pendant son opération.

Emerveillement, donc ; mais pas étonnement : car, du fait de l'objectivation de la rationalité mathématique dont la valeur est apodictique, « la cohérence humaine autour d'un être technique est finalement plus forte qu'autour d'un objet naturel. »²⁷ Cohérence humaine d'autant plus forte qu'elle n'est pas ponctuelle, que les techniques dans leur production et leur utilisation relèvent d'un « corps de métiers », d'une culture scientifique et technique ; bref : « nous sommes devant des valeurs d'objectivité codifiées »²⁸, socialisées.

La philosophie des sciences en prise avec l'actualité des sciences, ne peut donc manquer de souligner la synthèse des caractères rationnel, technique et social des sciences que sont la physique et la chimie contemporaines.

Ces sciences ne sont placées sur un axe de progrès, — où les vérités émergent et forment un corps de raisons, — que pour autant que ces vérités sont objectivées dans la « société théoricienne » et la « société technicienne »²⁹ fortement couplée l'une à l'autre, puisque c'est dans ce couplage dialectique de « rationalisme appliqué » et « du matérialisme technique »³⁰ que l'intensité, « l'efficacité »³¹ et la « bicertitude »³² de la chimie et de la physique contemporaines est maximale pour conquérir l'objectivité du réel ou, mieux dit, pour produire l'objectivité du réel à partir du rationnel.

La dimension sociale des sciences est un facteur déterminant de leur progrès. Elle conditionne ce progrès. Les sciences, devenues sociales, constituent le socle nécessaire de leur progrès à venir. Mais attention, dire cela, ce n'est pas signifier, pour Bachelard, que le progrès est livré aux forces économiques, politiques et sociales de la société. En effet, la « cité scientifique », de même que la « cité technicienne », — qui pourtant peut mettre en jeu l'architecture d'une « ville-usine »³³, — sont à penser comme des groupes sociaux formant une « culture » spécifique structurée par des « cadres logiques » contrôlés, socialisés, vérifiés, et qui est orientée par une « volonté d'esprit »³⁴ délibérément en rupture avec les simples « intérêts vitaux »³⁵ ; ce pourquoi, par cette « conversion des intérêts »³⁶, la « cité scientifique est établie en marge de la cité sociale »³⁷. Dans la « cité scientifique », ou « l'union des travailleurs de la preuve », les

²⁷ *Ibid.*, p. 13.

²⁸ *Ibid.*, p. 13.

²⁹ *Ibid.*, p. 16.

³⁰ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 29.

³¹ *Ibid.*, p. 4.

³² « 1^o) La certitude que le réel est en prise directe sur la rationalité, méritant par cela même le nom de réel scientifique.

2^o) la certitude que les arguments rationnels touchant l'expérience sont déjà des moments de cette expérience. » cf. *Ibid.*, p. 3.

³³ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 16.

³⁴ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 252.

³⁵ *Ibid.*, p. 251.

³⁶ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 24.

³⁷ *Ibid.*, p. 23.

esprits convergent autour de « noyaux d'apodicticité »³⁸, vérifiés expérimentalement, qui déterminent un consensus et fondent un enseignement, une transmission, une formation de l'esprit, même si ces esprits sont placés sur la pointe avancée d'un « rationalisme régional », c'est-à-dire d'un « rationalisme spécialisé »³⁹ dans une région du savoir et du réel.

Le caractère social de la science contemporaine recouvre donc principalement des relations intersubjectives organisées autour de « noyaux d'apodicticité » et ouvertes à de nouvelles émergences⁴⁰ de pensées apodictiques, c'est-à-dire de nouvelles conquêtes d'objectivité théoriques et techniques hautement spécialisées.

Ces relations intersubjectives sont d'ordre psycho-social. En effet, elles sont pensables à partir de la relation pédagogique entre maître et élève ; à partir de « l'Ecole » incarnant idéalement cette relation psycho-sociale. C'est d'ailleurs pour cette raison que nous nous croyons fondé à parler du « réalisme psycho-social » de Bachelard comme d'un réalisme d'objectivation sociale du vrai. Mais quelles en sont les conditions ?

Nous allons montrer que l'opérateur de l'objectivation sociale des vérités scientifiques dont procède la cité scientifique consiste précisément dans la relation psycho-sociale qu'est « l'Ecole », mais que, réciproquement, sans qu'il y ait là un cercle vicieux, l'objectivation du savoir prend « appui »⁴¹ sur cette relation et son principe, pour activer efficacement et exprimer métaphoriquement la dialectique intra-subjective et autogène de l'esprit par laquelle émerge⁴² un « événement de raison »⁴³ ou un « noyau d'apodicticité » qui ne manquera pas, en tant que rationalité intrinsèquement « communicable »⁴⁴ et vérifiable, de se socialiser, de produire une convergence des esprits⁴⁵, tout à la fois en s'inscrivant dans la culture de la cité scientifique et en se vérifiant par une fabrication technique de phénomènes⁴⁶ et de matières qui portent la marque de la « société technique »⁴⁷, c'est-à-dire encore d'une culture.

Chemin faisant, nous critiquerons l'interprétation qui soutient que, pour Bachelard, le principe effecteur du vrai se tient dans une « intersubjectivité transcendante ».

³⁸ *Ibid.*, p. 132.

³⁹ Expression de J. Ullmo, que Bachelard accepte comme synonyme de « rationalisme régional ». Cf. « **De la nature du rationalisme** », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 64.

⁴⁰ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 133.

⁴¹ *Ibid.*, p. 12.

⁴² Cf. *Ibid.*, p. 40.

⁴³ *Ibid.*, p. 44.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 44.

⁴⁵ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 15.

⁴⁶ Cf. *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 17.

⁴⁷ Raison pour laquelle les phénomènes techniques et les matières chimiques reçoivent un statut social. Un ordre régional de la nature est recommencé, recréé, réalisé techniquement par l'homme, et parfois cet ordre est transcendé par la création technique des matières et des phénomènes qui ne sont pas naturellement dans la nature. (Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 103 et p. 133).

II

L'Ecole comme opérateur de la socialisation du vrai

A la base de la cité scientifique dont l'idéal consiste non seulement à objectiver le réel, mais également, selon l'expression de Lalande reprise par Bachelard⁴⁸, dans « l'assimilation des esprits entre eux », nous trouvons le principe d'une « culture continuée »⁴⁹ qui prend la forme d'une « Ecole permanente »⁵⁰, dans laquelle s'éprouvent et se risquent les cadres psychologique du scientifique.

« L'Ecole » qualifie la relation pédagogique entre maître et élève, c'est-à-dire la relation dialectique entre « rationalisme enseignant » et « rationalisme enseigné » par laquelle un sujet, en l'occurrence l'élève, se constitue comme sujet rationnel⁵¹, comme sujet impersonnel⁵², « sujet quelconque »⁵³ pourvu de « multiples axiomatiques »⁵⁴, de structures de pensées apodictiques, par un processus de « désubjectivation »⁵⁵ ou de « dépsychologisation » ; processus lui-même « dialectique de psychologisme et de non psychologisme »⁵⁶.

Le sujet rationnel n'est pas donné. Il est formé, construit et il n'est assuré de lui-même que lorsqu'il peut enseigner à autrui toutes les rectifications nécessaires que devra effectuer son esprit pour accéder aux pensées apodictiques, aux axiomatiques qui structurent le réel en s'y objectivant techniquement pour qu'il devienne également un sujet rationaliste.

C'est dire que les obstacles à la constitution du sujet rationnel sont nombreux et, tout d'abord, internes à l'esprit humain. Toute la formation de l'esprit scientifique part de cette conviction que c'est au cœur de l'esprit, dans l'acte même de connaître, que l'on trouve les « obstacles épistémologiques »⁵⁷ dont le principal est la connaissance sensible ou l'expérience première vis-à-vis de laquelle il faut accomplir « une véritable rupture »⁵⁸.

De manière générale, « l'esprit scientifique se [constitue] comme un ensemble d'erreurs rectifiées »⁵⁹. L'esprit dans son effort de culture pour accéder au statut de sujet rationaliste, doit donc se réformer, se rectifier, se critiquer, il « doit se former contre la Nature, contre ce qui est, en nous et hors de nous, l'impulsion et l'instruction de la

⁴⁸ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 15.

⁴⁹ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p.252.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 252.

⁵¹ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.11.

⁵² Cf. *Ibid.*, p.13.

⁵³ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p.305.

⁵⁴ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.133.

⁵⁵ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 249.

⁵⁶ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.13.

⁵⁷ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p.13.

⁵⁸ *Ibid.*, p. 239.

⁵⁹ *Ibid.*, p. 239.

Nature, contre l'entraînement naturel, contre le fait naturel, contre le fait coloré et divers »⁶⁰. En d'autres termes, il faut tenir à distance et, mieux encore, « inhiber »⁶¹ ce qui est donné, vécu, contingent, empirique, spontané et qui relève de « la pensée vécue »⁶² sans critique, sans réflexion et qui empêche l'émergence de « la pensée pensée »⁶³, de la pensée rationaliste.

De même, il faut « inhiber » les « intérêts vitaux » et assurer une « conversion des intérêts »⁶⁴ ou, plus largement, les « intérêts sociaux », afin que l'esprit découvre un intérêt pour la connaissance en vue d'elle-même, en vue de l'augmentation de l'esprit lui-même.

Mais une telle « inhibition » des entraînements spontanés de la conscience, la rectification des erreurs, de même que la conversion des intérêts, procèdent d'une lutte de l'esprit contre lui-même, une lutte de l'esprit contre son propre « psychologisme » pour atteindre une instance « non-psychologique », une instance constituée de « structures rationnelles apodictiques » de « pensées de nécessité »⁶⁵ ; bref : l'instance du sujet rationnel.

Cette lutte de l'esprit contre soi est pensée par Bachelard comme « la dialectique de psychologisme et de non psychologisme »⁶⁶. Cet acte de non-psychologisme pour effacer le psychologisme, pour détruire les obstacles épistémologiques et convertir les valeurs liées à la vie biologique et sociale, pour diviser le sujet en un moi rationnel et un moi vécu, est extrêmement difficile à accomplir. Bachelard affirme que « cette division travaillant en pleine conscience est aussi difficile à opérer qu'une auto-psychanalyse »⁶⁷, car cela suppose de repérer, sur la ligne d'une conquête de l'objectivité, l'ensemble des erreurs intimes et communes, l'ensemble des erreurs « normales », « positives »⁶⁸ qui doivent être rectifiées, car « psychologiquement pas de vérité sans erreur rectifiée »⁶⁹.

La claire disposition de ces erreurs sur une ligne d'objectivité, l'acte même de non-psychologisme se trouvent dans la relation pédagogique de maître à élève ; du moins, se trouvent dans cette relation idéale par laquelle le maître incarne l'instance rationnelle qui s'applique sur l'esprit de l'élève.

L'enseignement de la physique ou de la chimie montre que le maître incarne l'instance du moi rationnel, des noyaux d'apodicticité, des « pensées de nécessité », et que son enseignement oblige l'élève à affronter des problèmes rationnels dont les solutions passeront par la rectification de multiples erreurs, de multiples obstacles et la

⁶⁰ *Ibid.*, p. 23.

⁶¹ *Ibid.*, p. 23.

⁶² *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 40.

⁶³ *Ibid.*, p. 40.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 24.

⁶⁵ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.11.

⁶⁶ *Ibid.*, p.12.

⁶⁷ *Ibid.*, p. 14.

⁶⁸ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p.243.

⁶⁹ *Ibid.*, p. 240.

mise en place d'une organisation conceptuelle de notions en quoi consiste la solution. Le résultat de l'effort d'esprit de l'élève, qui est un effort de dépsychologisation, est qu'il accède en partie au statut de maître, c'est-à-dire à un « orthopsychisme »⁷⁰. À l'aide du maître, le sujet qu'il est a pu se diviser en deux instances clairement hiérarchisées par leur niveau de connaissances : celle du moi empirique et celle du moi rationnel.

Mais si le maître incarne l'instance rationnelle, est-ce à dire que cette position de maîtrise équivaut pour un sujet à un effacement définitif de tout psychologisme ?

Bachelard soutient que la dialectique de dépsychologisation interne à l'esprit dans sa dynamique pour accéder à des noyaux d'apodicticité, ne peut s'achever et ne doit pas s'achever : « on ne vainc pas définitivement le psychologisme »⁷¹. Plusieurs considérations étayent cette thèse. D'une part, si le sujet rationnel veut s'assurer de lui-même, de ses propres pensées apodictiques valant comme des normes, alors il doit réitérer sans cesse les avenues de raisons convergentes vers un carrefour par lesquelles s'instituent et se légitiment ces normes. Explicitons encore. Certes, les vérités forment un corps, elles s'organisent, se coordonnent apodictiquement⁷², alors que les erreurs se coordonnent sans nécessité dans les ténèbres de la subjectivité⁷³ ; mais les vérités n'ont de sens psychologique que par les rectifications des erreurs, que par la destruction de l'esprit non-scientifique⁷⁴. Cependant, quels que soient ces efforts, la « réforme subjective totale »⁷⁵ n'est qu'une visée. Les structures rationnelles de l'esprit scientifique sont des limites d'un processus de dépsychologisation, de non-psychologisme qui ne peuvent être détachées de ce processus. « En admettant que dans une description phénoménologique d'une connaissance, on ait éliminé tout psychologisme de manière à atteindre une limite objective, il restera toujours qu'on ne pourra prendre conscience du passage à la limite sans renouveler d'une manière plus ou moins explicite cette élimination »⁷⁶ ?

D'autre part, lors même que les esprits scientifiques mettent en œuvre des structures rationnelles claires et vérifiées, un « psychologisme » peut s'y lier du seul fait qu'elles deviennent des « habitudes de la raison »⁷⁷ qui font obstacle à leur problématisation, si d'aventure elles sont mises en échec ; échec qui, d'ailleurs, n'est plus ruineux ou « radical »⁷⁸ pour l'état d'avancement des sciences physiques et chimiques contemporaines. On le voit, les obstacles ne sont plus pré-scientifiques, mais intra-scientifiques. Pensons aux cadres de la mécanique classique qu'Einstein, à la suite

⁷⁰ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 66.

⁷¹ *Ibid.*, p.15.

⁷² Cf. *Ibid.*, p.59.

⁷³ Cf. *La Philosophie du non*, op.cit, p. 8.

⁷⁴ Cf. *Ibid.*, p.8.

⁷⁵ *Ibid.*, p. 8.

⁷⁶ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.15.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 13.

⁷⁸ *Ibid.*, p. 47.

de l'échec de l'expérience de Michelson-Morley, a dû dialectiser par un « non »⁷⁹ pour établir les structures axiomatiques de la mécanique relativiste. La raison a dû briser la tradition pour polémiquer avec elle-même ; bref : se dépsychologiser, car on doit également « reconnaître le psychologisme tenace des idées claires »⁸⁰.

Enfin, si l'on se place à la pointe d'une spécialisation qui met en œuvre l'information d'une axiomatique particulière définissant un rationalisme régional, l'esprit scientifique a déjà émergé depuis longtemps et s'est consolidé. Pour cet esprit le problème est « la liaison du fondamentalement connu et du prochainement connaissable »⁸¹. Et l'épistémologue qui observe cette liaison remarque une zone où des « peurs », des « risques », des « tentations » concernant la méthode, les données, la discursivité, prennent une « valeur épistémologique »⁸². Or ce passage des « valeurs psychologiques »⁸³ aux « valeurs épistémologiques » procède d'une fine dépsychologisation, d'une « différentielle de dépsychologisation »⁸⁴ où une conviction individuelle devient une connaissance de la « cité scientifique » quand elle s'adjoint la certitude de pouvoir être démontrée et enseignée.

Un maître lui-même ne peut donc en avoir fini avec son propre psychologisme. S'il est un esprit scientifique au travail dans une spécialité, s'il ne se fixe pas sur des connaissances qu'il se borne à transmettre dans un enseignement, alors son esprit ne manquera pas d'exercer une dialectique de psychologisme et de non psychologisme pour conquérir de nouvelles vérités, en bousculant au besoin ses propres cadres rationnels. « La pensée scientifique est en état de pédagogie permanente. »⁸⁵

« L'Ecole », entendue comme relation pédagogique idéale entre un maître, enseignant le rationalisme, et un élève prêt à faire l'effort pour être enseigné par ce rationalisme, constitue le puissant opérateur psycho-social de l'objectivation sociale des vérités scientifiques et, plus encore, des structures axiomatiques par quoi se définit le sujet rationaliste. Dans le processus scolaire et dans la « cité scientifique » où se poursuit cette application d'un esprit rationnel sur un autre, la dialectique de dépsychologisation et la constitution ou la consolidation d'un moi rationnel ne cesse de se répandre d'un esprit à un autre, car tout esprit accédant à l'émergence d'un moi rationnel et « qui connaît clairement les certitudes de sa généralité »⁸⁶ a, du même coup, « les garanties d'être sujet d'un rationalisme enseignant, d'une puissance de transmettre une connaissance rationnelle »⁸⁷ et d'offrir, pour un sujet individuel, la voie d'accès à

⁷⁹ Rappelons que ce « non », conformément à « la philosophie du non » n'est pas une négation destructrice ou le dépassement d'une logique dialectique *a priori*, mais bien un dépassement hypercritique puisque la mécanique newtonienne continue à valoir dans certaines limites phénoménales ; en l'occurrence, des phénomènes dont les vitesses largement inférieures à celles de la lumière.

⁸⁰ *Ibid.*, p.15.

⁸¹ *Ibid.*, p. 48.

⁸² *Ibid.*, p. 48.

⁸³ *Ibid.*, p. 48.

⁸⁴ *Ibid.*, p.48.

⁸⁵ *Ibid.*, p.16.

⁸⁶ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 305.

⁸⁷ *Ibid.*, p. 305.

une désobjectivation, une dépsychologisation d'où émerge, en limite, le sujet impersonnel, car entièrement rationnel, qui est le sujet même de la « cité scientifique »⁸⁸.

L'objectivation sociale du vrai ne consiste donc pas seulement en ce que les esprits « s'assimilent entre eux » autour de vérités et de pensées apodictiques vérifiées expérimentalement, elle consiste, au sens étymologique du mot « assimilation », en ce que les esprits soient *similaires* en tant que chacun est le même sujet rationnel. Potentiellement, l'Ecole multiplie le « sujet rationnel ». Bachelard emprunte une image au poète Henri Pichette pour illustrer cette pluralité des sujets scientifiques regroupés dans la cité scientifique. Cette pluralité exprime l'homme « à la millième personne du singulier »⁸⁹. Et la « singularité » consiste, en l'occurrence, dans les structures rationnelles de l'esprit scientifique.

III

« Le cogito d'obligation mutuelle » comme principe de l'Ecole

Mais si l'objectivation sociale du vrai procède de « l'Ecole » comme opérateur psycho-social de cette socialisation de l'objectivité scientifique dont les cités scientifique et technique au titre d'institutions culturelles sont des résultats, « l'Ecole » est-elle également l'opérateur même de l'objectivité scientifique, c'est-à-dire son principe effecteur réalisant ?

Pour répondre à cette question, il faut l'élucider, c'est-à-dire trouver le principe même de l'Ecole, le principe de la formation pédagogique qui engage chez l'enseigné une dialectique de dépsychologisation par un « rationalisme enseigné ».

Comme nous l'avons déjà indiqué, ce rationalisme induit une psychanalyse de la connaissance pour écarter les « obstacles épistémologiques » et « convertir les intérêts » les plus immédiats ; mais également il rectifie les erreurs et forme la raison en rejouant les moments de « rationalisme enseignant » ou de « rationalisme questionnant »⁹⁰, c'est-à-dire ces moments où à un problème défini est apportée une solution qui réclame une modification, une réforme des notions de bases de la raison. Par-là donc se constitue le sujet rationaliste ou le moi rationnel. En participant à un « événement de raison », à une émergence d'un « noyau d'apodicticité », le sujet émerge lui-même comme sujet rationaliste pourvu d'une nouvelle cohérence rationnelle et suffisamment assuré de la normativité de ses pensées pour être en capacité d'être lui-même sujet d'un « rationalisme enseignant » pour autrui.

L'Ecole, comme lieu dynamique de socialisation de l'objectivité, trouve précisément son principe dans la certitude que le sujet rationaliste a d'obliger autrui à penser exactement ce qu'il pense et de la manière dont il le pense, c'est-à-dire de forcer

⁸⁸ Cf. *Ibid.*, p. 305.

⁸⁹ *Ibid.*, p. 12. Cf. H. Pichette, Préface au *Grenier sur l'eau*, d'Emmanuel Looten, F. Paillart, 1949.

⁹⁰ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 57.

autrui à devenir le même sujet rationaliste que lui-même. « Le sujet rationaliste s'institue dans cette sûreté d'un enseignement possible qui doit obligatoirement entraîner un autrui rationaliste. »⁹¹ Quiconque apprend et comprend, c'est-à-dire accède au statut d'un moi rationnel, doit pouvoir enseigner. Et, d'ailleurs, en enseignant effectivement, en appliquant son esprit sur un autre, il apprendra encore mieux ce qu'il sait déjà. « Enseigner est la meilleure façon d'apprendre. »⁹²

Il faut se garder de croire que cette « sûreté » d'un enseignement rationaliste qui oblige un sujet à devenir lui-même rationaliste soit l'unique fait d'un « rationalisme enseignant », c'est-à-dire le fait de l'Ecole instituée avec tous ses degrés, ses niveaux jusqu'à l'université. Non, au sein de la « cité scientifique », la culture continue⁹³. Les auteurs de cette culture ne cessent pas de faire évoluer l'objectivité rationnelle et technique, l'ordre, l'organisation, les cadres de leurs pensées par un « interrationalisme » qui est pensable comme relation pédagogique. En ce sens, « il n'y a de science que par une Ecole permanente. »⁹⁴

À la fine pointe du « rationalisme appliqué » dans une région du savoir, dans une spécialité, les penseurs s'appuient sur « le rationalisme enseigné ». Outre les bases les plus générales du savoir, ils connaissent les axiomatiques particulières de leur spécialité. « Dans le rationalisme enseigné, le dénombrement [des pensées] est codifié ; il est resserré sur une ligne bien définie, bien appuyé sur ces bases. »⁹⁵ Cette micro-société au sein de la cité scientifique ne se structure vraiment que dans un travail de recherche ; en l'occurrence : un problème déterminé. D'ailleurs, toute recherche scientifique « prend son départ réel dans un problème. »⁹⁶ Entendons précisément par ce terme : une inadéquation entre une corrélation de lois et un fait⁹⁷, entre des pensées rationnelles codifiées, socialisées et leur mise en échec par une expérimentation qui entraîne un doute sur la corrélation des lois ainsi que des pensées qui informent l'expérimentation du fait.

Le rationalisme devient alors « questionnant »⁹⁸. Et, en tant que « programme d'expérience »⁹⁹, il est doublement questionnant : non seulement il est ouvert sur un objet du monde problématisé, mais il questionne les constructions de la raison scientifique.

Ce « rationalisme questionnant » est constitutif du « rationalisme enseignant » dans la mesure même où la problématique trouve une solution dans une

⁹¹ *Ibid.*, p. 57.

⁹² *Ibid.*, p. 22.

⁹³ *Ibid.*, p. 252.

⁹⁴ *Ibid.*, p. 252.

⁹⁵ *Ibid.*, p. 57.

⁹⁶ *Ibid.*, p. 51.

⁹⁷ Cf. *Ibid.*, p.21 et p. 51.

⁹⁸ *Ibid.*, p. 57.

⁹⁹ *Ibid.*, p. 51.

« rectification »¹⁰⁰, une « consolidation »¹⁰¹ des constructions de la raison et une détermination nouvelle et plus précise de l'objet problématisé.

En effet, le penseur qui a trouvé une solution au problème a, sur le versant de la pensée, « dialectisé », rectifié ou consolidé les constructions de la raison en faisant émerger une nouvelle « cohérence apodictique » de concepts qui sert de base, de « fondation » nouvelle au moi rationnel ; et, sur le versant de la réalité, informée par ces nouveaux cadres, il les a contrôlés et vérifiés expérimentalement et, même, il a ouvert de nouveaux programmes d'expérience.

Fort de la solution apportée au problème, le penseur sait qu'il vient de vivre un « événement de raison »¹⁰², l'émergence d'une cohérence d'idées enchaînées apodictiquement qui fonde la possibilité d'une communion des esprits rationalistes pour autant que, par un enseignement, par une communication pédagogique, le penseur contraigne et oblige un autre esprit à produire en lui une telle émergence.

Dans cette certitude de pouvoir conquérir les esprits à ses propres raisons se fonde le « cogito d'obligation mutuelle » comme principe de l'Ecole et de la socialisation du vrai dont la « cité scientifique », — comme « *cogitamus verum* », comme « coexistence pensante »¹⁰³ de « je » et de « tu » rationalistes dans un « nous » ordonné à des « noyaux d'apodicticité », — constitue l'incarnation exemplaire.

À vrai dire cette « union des travailleurs de la preuve »¹⁰⁴ trouve son dynamisme dans l'élaboration d'une problématique précise par une micro-société de la cité scientifique¹⁰⁵, mais cette union n'est pas encore une « communion ». Pour la repérer, Bachelard enjoint l'épistémologue de se porter au « passage du problème à sa solution »¹⁰⁶ ; car c'est là qu'une « micro-épistémologie »¹⁰⁷ peut découvrir le moment d'émergence d'un « atome de communion rationnelle »¹⁰⁸, c'est-à-dire « l'union des travailleurs de la preuve » fondée sur le vrai.

Plus exactement, c'est lorsqu'un sujet rationaliste trouve la solution en bousculant les bases mêmes de son axiomatique particulière et qu'il est sûr de l'apodicticité de ces nouvelles bases que son rationalisme se fait enseignant et que celui-ci contraint les autres sujets rationalistes à communier dans cette nouvelle axiomatique, de telle sorte que celle-ci devient une connaissance du « rationalisme enseigné », un passage obligé pour quiconque veut résoudre le problème en question.

On pourrait s'étonner de cette « sûreté » de la contrainte que doit entraîner cet enseignement chez l'autre sujet rationaliste. Mais, c'est que les sujets rationalistes

¹⁰⁰ *Ibid.*, p. 54.

¹⁰¹ *Ibid.*, p. 54.

¹⁰² *Ibid.*, p. 44.

¹⁰³ *Ibid.*, p. 57.

¹⁰⁴ *Ibid.*, p. 56.

¹⁰⁵ *Ibid.*, p. 56.

¹⁰⁶ *Ibid.*, p. 56.

¹⁰⁷ *Ibid.*, p. 56.

¹⁰⁸ *Ibid.*, p. 56.

partageaient la même problématique, la même mémoire rationnelle, la même approche conceptuelle dans la recherche d'une solution. Celui qui trouve la solution ne vit pas longtemps un moment de solitude, car à « l'idée nouvelle reste attachée une perspective d'acquisition, une structure approche qui se développe dans une sorte d'espace-temps des essences. »¹⁰⁹; entendons par là l'espace d'un esprit dans lequel une problématique est ordonnée démonstrativement de telle sorte qu'elle prépare la solution ; quant à la solution elle-même, c'est discursivement qu'elle s'établit puisqu'elle lie apodictiquement des idées, des pensées et qu'elle se réalise techniquement dans des phénomènes . Le « je » rationaliste peut donc induire chez le « tu » rationaliste auquel il s'adresse, — et pour autant que l'un soit aussi fort que l'autre dans la même spécialité, — une congruence de son esprit avec le sien « dans le même sens où les mathématiciens parlent de l'application conforme de deux éléments de surface. »¹¹⁰

Comme « le sujet rationaliste s'institue dans cette sûreté d'un enseignement possible qui doit obligatoirement entraîner un autrui rationaliste »¹¹¹, ou un autrui encore plus rationaliste qu'il n'est déjà, on peut formuler son cogito à partir de cette sûreté, de cette certitude qu'il a d'induire l'esprit d'autrui au niveau de cohérence rationnelle que lui-même a atteint.

La formule que retient Bachelard est la suivante : « je pense que tu vas penser ce que je viens de penser, si je t'informe de l'événement de raison qui vient de m'obliger à penser en avant de ce que je pensais. »¹¹²

L'obligation interne propre au sujet rationaliste est anticipée comme nécessaire chez autrui. Précisément, l'obligation à l'induction de l'esprit vers la réalisation et l'affirmation du même « événement de raison » est anticipée comme « mutuelle ». Et, à supposer que l'autre sujet rationnel se refuse à cette induction, — ce refus fût-il motivé par le désir de faire « l'original » ou « l'unique »¹¹³, — le sujet rationaliste peut, par un enseignement approprié, obliger autrui à penser de la même façon que lui. « Puisque je reconnais que ce que je viens de penser est une normalité pour une pensée normale, j'ai les moyens de te forcer à penser ce que je pense. »¹¹⁴

Le cogito fondamental du sujet rationaliste est donc un « cogito d'obligation mutuelle »¹¹⁵. Il est au principe de l'Ecole et de la socialisation du vrai ; en l'occurrence : du *cogitamus* de la « cité scientifique », de « l'union des travailleurs de la preuve » autour de l'objectivité du « rationalisme appliqué » et du « réalisme instruit ».

¹⁰⁹ *Ibid.*, p. 51.

¹¹⁰ *Ibid.*, p. 57.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 57.

¹¹² *Ibid.*, p. 58.

¹¹³ *Ibid.*, p. 57.

¹¹⁴ *Ibid.*, p. 58.

¹¹⁵ *Ibid.*, p. 58.

IV

L'esprit comme principe effecteur du vrai :

Du cercle vicieux

à

l'intersubjectivité transcendantale du cogito rationaliste

Au point où nous en sommes, nous pouvons répondre aisément à la question de savoir si l'Ecole est l'opérateur même du savoir scientifique, le principe fondateur ou effecteur de l'objectivité scientifique.

La réponse est négative. Ce n'est pas l'Ecole, mais l'esprit dans une dialectique interne de dépsychologisation de rationalisme enseigné et de rationalisme enseignant qui produit « l'événement de raison » par lequel émerge une nouvelle vérité.

Au principe de l'Ecole, nous trouvons le « cogito d'obligation mutuelle » qui anticipe l'accord intersubjectif des sujets rationalistes sur l'objectivité. Et ce cogito d'obligation mutuelle « apparaît, en sa première forme, dans le sujet solitaire, comme une certitude d'accord avec l'autrui rationnel, une fois établis les préliminaires pédagogiques. »¹¹⁶ Mais cette certitude d'accord intersubjectif des sujets rationalistes n'apparaîtrait pas si le sujet solitaire n'était pas, en amont du cogito d'obligation mutuelle, convaincu d'être en possession d'une vérité fondée en raison, c'est-à-dire établie par des pensées apodictiques.

Ce n'est donc pas le *cogito d'obligation mutuelle*, l'exigence de droit d'un accord intersubjectif, qui fait fonction du principe fondateur ou de principe effecteur du vrai. C'est bien plutôt l'émergence du vrai dans l'esprit qui fonde le cogito d'obligation mutuelle et l'exigence de droit de l'accord intersubjectif.

Selon Bachelard, si l'on se porte « aux grandes heures » des « promotions dans l'existence apodictique »¹¹⁷, on pourra le constater. En effet, quel que soit le *cogitamus* dans lequel est inscrit le sujet rationaliste, si ce dernier révolutionne les bases du savoir ou l'axiomatique particulière d'une région du savoir, alors il connaît un moment solipsiste : celui de l'émergence d'une nouvelle organisation apodictique du savoir qui brise un consensus. Bachelard illustre « ce solipsisme qui traverse les cultures les mieux organisées »¹¹⁸, par les figures de Einstein et de Louis de Broglie. Le premier brise la notion de « simultanété » et rompt le consensus de la « cité scientifique » sur les notions de base de temps et d'espace absolus. Le second associe une onde à un corpuscule matériel ; onde qui envahit tout l'espace et qui contredit l'image du corpuscule de la mécanique classique.

¹¹⁶ *Ibid.*, p. 58.

¹¹⁷ *Ibid.*, p. 60.

¹¹⁸ *Ibid.*, p. 49.

De tels « événements de raison » sont des « facteurs de solitude »¹¹⁹. Le cogito d'obligation mutuelle et l'exigence d'un large accord intersubjectif n'apparaissent dans leur fonction qu'après cette émergence. Comme nous l'avons souligné¹²⁰ : le cogito d'obligation mutuelle apparaît primordialement dans le sujet solitaire. Le « rationalisme enseignant », par lequel les grands esprits se sont d'abord dégagés du « rationalisme enseigné » pour questionner et révolutionner leurs idées de base à la faveur d'un problème bien défini peut se répandre ; le prosélytisme peut s'exercer et obliger les sujets rationalistes à cette émergence pour eux-mêmes, de telle sorte que la « cité scientifique » se réorganise, se refait¹²¹ autour de ces nouveaux noyaux d'apodicticité par une « triangulation des consciences »¹²²

L'esprit donc, et non l'Ecole, est le principe effecteur du vrai. L'Ecole n'est qu'un opérateur de l'objectivation sociale du vrai ou, encore, un activateur de la dialectique interne de l'esprit qui peut le porter au niveau d'un « rationalisme questionnant », c'est-à-dire au seuil de l'émergence de la solution d'un problème.

Mais, pourrait-on objecter, si l'esprit lui-même est « école », alors le principe effecteur du vrai est bien « l'Ecole ». Et, pour étayer cette thèse, on fera appel à des passages explicites de Bachelard dans lesquels il affirme que « l'esprit est école »¹²³ ou qu'il faut « fonder l'objectivité sur le comportement d'autrui » ou encore « l'œil d'autrui »¹²⁴.

Mais, tout d'abord, quel sens donner à l'affirmation selon laquelle « l'esprit est école » sans tomber dans un cercle vicieux ? En effet l'esprit rationaliste implique le cogito d'obligation mutuelle qui est au principe de l'école et de la socialisation du vrai ; mais, en retour, si l'école conditionne l'esprit par lequel émerge le vrai, l'esprit effecteur et opérateur de cette émergence ne semble pas pouvoir être, sans circularité vicieuse, une « école » ou un « rapport pédagogique de maître à élève ».

Voici comment éviter cette circularité vicieuse et étayer cette interprétation. La dialectique interne de psychologisme et de non psychologisme, de « rationalisme enseignant » et de « rationalisme enseigné » par laquelle l'esprit fait émerger le sujet rationaliste et les noyaux d'apodicticité, serait une structure dialoguée d'un « je » et d'un « tu », produit par l'intériorisation de « l'œil d'autrui » et du rapport pédagogique entre maître et élève.

Cette structure dialoguée, définissant l'esprit scientifique, serait un *a priori* fonctionnel, une condition de possibilité précédant logiquement l'objectivation du vrai. Cette forme dialoguée prendrait la forme d'une obligation pour l'instance du « je-tu » à penser d'accord, à produire un accord discursif entre les deux pôles de l'instance et

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 49.

¹²⁰ Cf. *Ibid.*, p. 58.

¹²¹ Cf. *Ibid.*, p. 49.

¹²² Deux sujets rationalistes unis dans les mêmes vérités ont la certitude d'y faire accéder un troisième sujet. Cf. *Ibid.*, p. 44.

¹²³ *Ibid.*, p. 68.

¹²⁴ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 241.

pourrait être définie comme une « intersubjectivité transcendante »¹²⁵ fondant, au titre d'*a priori* fonctionnel, l'émergence du vrai.

La réalité sociale du *cogitamus* se fonderait bien sur des noyaux d'apodicticité, sur l'émergence du vrai, mais cette émergence se fonderait elle-même sur une « intersubjectivité transcendante » inhérente au cogito rationaliste après l'intériorisation de la relation pédagogique ; bref : l'esprit scientifique serait bien « école ».

V

L'Ecole comme métaphore de la dialectique autogène de l'esprit

Contre cette interprétation qui échappe au cercle vicieux de la fondation de l'Ecole sur l'esprit et de l'esprit sur l'Ecole en faisant de l'Ecole intériorisée, une intersubjectivité transcendante du cogito rationaliste, nous assumons une tout autre interprétation qui repose apparemment sur une simple nuance. Au lieu d'affirmer que l'esprit est école, il faut affirmer que l'esprit est *comme* une école. L'affirmation est métaphorique. Seule cette affirmation nous paraît conforme à l'esprit de Bachelard.

Il nous faut l'explicitier et affronter l'objection de la lettre du texte de Bachelard, puisque, nous l'avons souligné, il affirme que « l'esprit est école » et que « l'œil d'autrui » « fonde l'objectivité », comme si l'intersubjectivité était appelée pour fonder l'objectivité.

La dialectique de l'esprit, — qui produit une division interne du sujet et qui doit sans cesse se ré-effectuer sous peine que le sujet ne se « compose » plus¹²⁶ ou ne se « consolide » plus, dans une chronotechnie des pensées rationalistes, comme « être de connaissance »¹²⁷, — est pensée à partir de la relation pédagogique maître - élève. « En forçant un peu les personnages et en soulignant l'importance de l'instance pédagogique je peux dire que je me dédouble en professeur et écolier. »¹²⁸

Mais si le dédoublement interne du sujet est appréhendé « en forçant les personnages »¹²⁹ du rapport dynamique de maître à élève, c'est dire que la dualité interne du sujet est appréhendée par un rapport analogique de type métaphorique. Et plus profondément, en renforçant le soupçon : peut-être n'est-ce le plus souvent que par la métaphore d'un rapport intersubjectif que cette dualité interne du sujet est pensée par Bachelard ?

Qu'il en soit ainsi nous en voulons pour preuve le fait que Bachelard n'hésite pas à parler de la dialectique de dépsychologisation et de la dialectique du « rationalisme

¹²⁵ Nous trouvons, par exemple, une telle interprétation chez M. Fabre. Cf. *Bachelard éducateur*, PUF, 1995, p.135.

¹²⁶ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.15.

¹²⁷ *Ibid.*, p.15.

¹²⁸ *Ibid.*, p. 26.

¹²⁹ *Ibid.*, p. 26.

enseignant » et du « rationalisme enseigné » comme étant possible par « l'enseignement virtuel »¹³⁰ qu'un esprit se donne à lui-même quand il s'applique sur lui-même¹³¹. Certes, « par certains côtés, cette division travaillant en pleine conscience est aussi difficile à opérer qu'une auto-psychanalyse. »¹³² D'ailleurs, la *catharsis* de toutes les erreurs les plus communes constituant les obstacles épistémologiques réclamera une pédagogie¹³³ nourrie de la psychanalyse de la connaissance objective. Mais un tel « enseignement virtuel », même s'il est provoqué par autrui ou par une intersubjectivité, ne procède pas d'une « instance je-tu » intériorisée. La dialectique de l'esprit est autogène.

Loin donc que la dialectique interne du sujet soit l'intériorisation d'une intersubjectivité qui fonde comme structure dialoguée d'un « je-tu » les conditions transcendantales de l'émergence du vrai, c'est plutôt l'intersubjectivité sans caractère transcendantal, c'est-à-dire le *cogitamus* de la « cité scientifique », qui vient se fonder sur des noyaux d'apodicticité, sur des événements de raison ; bref : sur le vrai objectif, pour autant qu'il est transmis, communiqué, enseigné sur un plan théorique et technique.

L'école elle-même, dont la relation psycho-sociale est au principe du *cogitamus* et qui trouve son principe dynamique dans le *cogito d'obligation mutuelle*, est l'extériorisation de cette dialectique intrasubjective et autogène en quoi consiste l'esprit scientifique.

Mais, précisément, cette relation pédagogique de maître à élève qui définit « l'Ecole » sert, en retour, de métaphore pour penser la relation duelle qu'introduit dans le sujet la dialectique de l'esprit scientifique, c'est-à-dire l'effort rationaliste de la pensée.

Le rapport duel du sujet rationaliste est analogique au rapport duel de l'Ecole. Mais l'analogie est métaphorique.

Il faut s'interdire d'aller plus avant et d'y voir deux rapports strictement homologues jusque dans leurs entités duelles. Reste alors que l'esprit scientifique à l'œuvre dans la division et la formation du sujet rationaliste sera pensable à partir du langage pédagogique. C'est dire que si l'esprit est comme l'Ecole, à strictement parler il n'est pas « Ecole ». En revanche, parce que l'Ecole est elle-même l'extériorisation de l'esprit, si l'on pouvait établir directement le langage de l'esprit, l'Ecole serait pensable métaphoriquement à partir de ce langage. Les métaphores seraient croisées.

Mais, ce que nous constatons chez Bachelard, c'est moins ces métaphores croisées, possibles en droit, qu'une richesse métaphorique à sens unique¹³⁴. C'est

¹³⁰ *Ibid.*, p. 14.

¹³¹ Cf. *Ibid.*, p. 14.

¹³² Cf. *Ibid.*, p. 14.

¹³³ Cf. *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 243.

¹³⁴ Ces métaphores croisées diffèrent en cela de celles du langage de l'esprit et du langage des productions techniques de ce même esprit.

l'esprit qui est souvent comparé à l'Ecole, au point parfois de faire disparaître le « comme » de la comparaison, puisque Bachelard, comme on sait, écrit : « l'esprit est école, l'âme est confessionnal. »¹³⁵

Plus exactement, et plus contextuellement, dans le chapitre sur « la surveillance intellectuelle de soi » du *Rationalisme appliqué*, il écrit : « nous avons déjà reconnu que la constitution d'une rationalité se fait dans un dialogue de maître à disciple. Mais d'une manière plus générale nous pouvons dire : l'esprit est école, l'âme est confessionnal. Toute intimité profonde est dualisée. »¹³⁶

Mais dès lors ce qui apparaît contre notre interprétation, c'est l'objection d'un manque de probité philologique. Objection redoutable, qui peut s'enrichir d'un autre texte extrait du dernier chapitre de *La Formation de l'esprit scientifique* : « nous proposons de fonder l'objectivité sur le comportement d'autrui, ou encore, pour avouer tout de suite le tour paradoxal de notre pensée, nous prétendons choisir « l'œil d'autrui » – toujours l'œil d'autrui – pour voir la forme – la forme heureusement abstraite du phénomène objectif. »¹³⁷

VI

Objections philologiques

et

explicitation de la dialectique autogène de l'esprit

Pour répondre à cette double objection philologique, il faut distinguer quelques « principes de dualisation »¹³⁸ du sujet. Principalement, on peut ordonner les principes de division du sujet dans une formation de l'esprit scientifique à partir des trois caractéristiques qui apparaissent dès les premiers efforts de l'esprit pour constituer des concepts scientifiques.

Le concept scientifique est une « véritable émergence de la connaissance. Il faut le dégager peu à peu de ses premières formes le plus souvent confuses (catharsisme). Il faut l'apprendre (autopédagogisme). Il faut l'enseigner (normativisme). »¹³⁹

Ces trois caractéristiques épistémologiques sont des moments de l'activité de l'esprit scientifique. Le premier moment est celui de la psychanalyse de la connaissance objective, le moment où l'esprit rompt avec les obstacles épistémologiques qui empêchent l'accès à la science. Le second moment (autopédagogisme) correspond à celui de l'esprit qui fait l'effort de se former à l'école primaire, secondaire, à l'université et dans la cité scientifique elle-même ; puis, fait l'effort au moins de se maintenir à son niveau de formation.

¹³⁵ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 68.

¹³⁶ *Ibid.*, p. 68.

¹³⁷ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 241.

¹³⁸ Bachelard parle de « principes de dualité ». Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 62.

¹³⁹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 146.

Au niveau de la « cité scientifique » actuelle, on peut considérer que les obstacles épistémologiques ont été suffisamment psychanalysés pour être définitivement dépassés. En revanche, tout un effort est nécessaire pour accéder au statut de sujet rationaliste, aux axiomatiques des rationalismes régionaux de la science actuelle. Il faut se réapproprier les émergences de la raison dans une formation pédagogique qui efface la contingence historique de ces découvertes scientifiques pour les ordonner dans une progression de problèmes et de solutions jusqu'au niveau des problèmes les plus récents du savoir.

Le troisième moment (normativisme) correspond à celui où le sujet rationaliste se fait enseignant. Le sujet est conscient de l'apodicticité de ses pensées, de la normalité de son savoir et donc des méthodes, des informations que son esprit applique sur des phénomènes. L'esprit enseignant se dédouble, se surveille et gagne en clarté normative dans le moment même de son enseignement, notamment en renforçant si possible la cohérence rationnelle des pensées apodictiques, la cohérence nouménologique. Ainsi en est-il lorsque l'esprit s'assure des raisons par lesquelles un concept scientifique s'inscrit dans un « corps de concepts » au sein duquel ils se définissent par leurs interrelations ; plus précisément : le concept est intégré dans une équation algébrique où il se définit par la fonction qu'il y remplit et la dimension qu'il représente¹⁴⁰.

Ces trois moments distingués, on peut situer la référence à « l'œil d'autrui » ou au « comportement d'autrui » pour fonder l'objectivité dans le premier moment, le moment cathartique. Quant à la formule « l'esprit est école », elle se situe dans le troisième moment : le moment normativiste.

Reprenons le premier moment pour saisir le principe de la division interne de l'esprit.

Bachelard se place dans la période historiquement dépassée où l'esprit « de lui-même, dans la solitude, devant la nature massive, [...] prétend désigner son objet. »¹⁴¹ L'étude des « conditions primitives »¹⁴² de la connaissance objective, montre que le sujet, qui répond aux « stimulations » de la nature et de la société en lui, ne peut désigner objectivement son objet. Aura-t-il quelques chances de se réformer et d'atteindre l'objectivité, s'il rencontre un échec et corrige son comportement par rapport à l'objet, ainsi que le suggère Baldwin¹⁴³ ? Bachelard refuse de mettre l'objectivité sur la ligne du pragmatisme ; car « l'impureté originelle de la stimulation n' [aura] pas été amendée par les réprimandes de l'objet. »¹⁴⁴

À l'écho de la réussite du comportement personnel faut-il substituer le comportement d'autrui pour atteindre l'objectivité ? Le risque est alors de déchoir dans le conventionalisme, c'est-à-dire le simple écho subjectif d'autrui qui éventuellement

¹⁴⁰ Cf. *Ibid.*, p. 147.

¹⁴¹ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 241.

¹⁴² *Ibid.*, p. 241.

¹⁴³ Cf. J.M. Baldwin, *Le Développement mental chez l'enfant et dans la race*, (1897-1898), l'Harmattan, 2006.

¹⁴⁴ *Ibid.*, p. 240.

partage une même erreur. Mais Bachelard fait référence à « l'œil d'autrui », moins pour que le sujet s'accorde et fusionne avec autrui dans une même perspective sur l'objet, que pour se décentrer lui-même de sa propre perspective, produire en lui-même une polémique, une dialectique interne de désubjectivation, de dépsychologisation, de réforme de l'esprit pour mieux informer l'objet, pour s'ajuster à l'objet et contrôler cette information sur le plan expérimental.

L'appel à « l'œil d'autrui » joue dans le sujet pour faire obstacle à la connaissance sensible, à l'expérience première, pour « inhiber » le mouvement vital, les instructions de la Nature en nous et inhiber les données immédiates diverses, colorées qui ne sont en rien immédiatement objectives. Pour accéder à la connaissance empirique, niveau auquel se place Bachelard dans *La Formation de l'esprit scientifique*¹⁴⁵ et qui décrit les phénomènes en élaborant au mieux des « lois phénoménologiques », il faut rompre avec l'expérience première qui est le premier obstacle à la connaissance objective. Et cette rupture est d'autant mieux accomplie que l'inhibition de l'expérience première s'appuie sur la psychanalyse de cet obstacle. Mais « l'œil d'autrui » a même vertu de rupture car : « d'un seul coup, c'est tout un univers qui est décoloré, c'est tout notre repas qui est désodorisé, tout notre élan naturel qui est rompu, retourné, méconnu, découragé. »¹⁴⁶

Le sujet se divise, il pense contre soi, contre la nature en soi et hors de soi, il pense contre les informations premières qui déterminaient subjectivement l'objet, c'est-à-dire qu'il pense contre l'objet premier pour mieux le déterminer en faisant jaillir ses propriétés dans une interaction avec un instrument de mesure. Ainsi, former un jugement objectif, c'est ne point se fier à une intuition première pour fonder un jugement affirmatif sur l'objet, mais s'appuyer sur l'exclusion de propriétés de l'objet pour maintenir une propriété de cet objet. Car « on analyse le réel à coups de négations »¹⁴⁷ et « la négation est la nébuleuse dont se forme le jugement positif réel. »¹⁴⁸ La connaissance objective, le concept net émerge d'une polémique contre l'objet, contre soi, mais également contre autrui, puisqu'il ne s'agit pas de fusionner avec la perspective d'autrui sur l'objet qui, dans sa démarche initiale, n'est pas plus objective que la mienne. Il s'agit de « produire des raisons » qui fondent l'affirmation sur l'objet. La convergence et le recouvrement de ma perspective avec celle d'autrui sur l'objet doit se fonder donc sur une rectification, une réorganisation rationnelle de l'information qui appréhende l'objet et une vérification de l'objectivité de cette information, car c'est la seule façon de « produire des raisons » et « d'avoir raison ». C'est dire que, le plus souvent, c'est dans la polémique contre autrui que l'accord fondé sur l'objectivité se réalisera. Polémique dans laquelle celui-ci sera amené à se rectifier, se réformer, à penser « contre soi » et « contre l'objet » que sa perspective prétendait désigner immédiatement.

¹⁴⁵ Cf. *Ibid.*, p. 15.

¹⁴⁶ *Ibid.*, p. 241.

¹⁴⁷ *La Dialectique de la durée*, PUF, Quadrige, 2001, p. 16.

¹⁴⁸ *Ibid.*, p. 13.

Au terme de la présentation de ce moment de la constitution du sujet scientifique, on remarque que « l'œil d'autrui » est un principe de la division interne du sujet, tout autant que de la détermination de l'objet, pour autant que cette détermination réclame une réforme du savoir. Si le sujet était seul, il ne trouverait pas dans les « réprimandes de l'objet »¹⁴⁹ de quoi réformer son esprit, de quoi entamer une psychanalyse de l'obstacle qu'est l'expérience première, et finalement de quoi rompre avec cet obstacle. Il n'accéderait pas au statut de « sujet rationaliste ».

La science, déjà fortement socialisée, peut nous faire oublier ou peut occulter la fonction de « l'œil d'autrui », mais il suffit de se porter au niveau des « conditions primitives de la connaissance objective »¹⁵⁰ pour que cette fonction réapparaisse dans sa plénitude.

Cependant, dans ce moment épistémologique caractérisé comme *catharsis*, nous ne repérons jamais « l'œil d'autrui » comme intériorisé pour constituer une « structure dialoguée je-tu », constitutive du sujet rationaliste, de telle sorte que l'exigence de leur accord intersubjectif serait le fondement transcendantal du vrai.

L'« œil d'autrui » est appelé par le sujet pour remplir, tout d'abord, dans ce moment de *catharsis*, une provocation au décentrement pour assumer clairement une polémique contre soi, contre l'objet et contre autrui lui-même. Polémiques qui conditionnent la réforme de l'esprit et l'émergence, tout à la fois, du sujet rationaliste et d'un concept scientifique ; bref : qui conditionne l'émergence de l'objectivation du réel. C'est en ce sens que Bachelard peut « proposer de fonder l'objectivité sur le comportement d'autrui » ou « l'œil d'autrui ». Mais ce fondement n'a rien d'une fondation de l'objectivité sur une intersubjectivité transcendantale exigeant *a priori* un accord rationnel avec autrui. Encore une fois, il s'agit plus simplement d'une condition pour que l'esprit produise une division interne du sujet et qu'il ne cesse plus dès lors de ré-effectuer dynamiquement cette division en se réappropriant la cohérence rationnelle des cadres de pensée qui l'institue comme sujet rationaliste, opposé au sujet empirique.

L'« œil d'autrui » ayant trouvé sa signification et sa fonction épistémologique, il nous reste à affronter l'autre objection philologique de notre interprétation. Cette objection reprend la lettre du texte de Bachelard dans laquelle l'esprit est identifié à l'école sans que celle-ci apparaisse comme une comparaison métaphorique de l'esprit : « l'esprit est école, l'âme est confessionnal. »

L'âme est placée sous le signe d'une psychologie descendante où l'on retrouve les premières instructions de la nature et les racines du psychisme dans les rêves nocturnes de notre être. L'esprit relève d'une psychologie ascendante. Il est le principe dynamique d'une « ontogénie du sujet »¹⁵¹ vers plus de rationalité. Et, comme « on ne se cultive plus

¹⁴⁹ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 240.

¹⁵⁰ Ibid., p. 241.

¹⁵¹ *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 8.

seul »¹⁵², l'esprit de l'élève se dynamise à partir de la relation pédagogique de dialogue avec le maître.

Essayons d'explicitier le contexte, et notamment le moment de l'activité de l'esprit scientifique dans lequel l'expression de Bachelard prend le plus de force et de pertinence. Nous avons annoncé qu'il s'agissait du troisième moment de cette activité (le normativisme). Mais nous passerons tout de même par le second moment pour voir en quoi ce second moment n'est pas le plus pertinent pour conférer à l'expression de Bachelard sa véritable signification.

Dans le second moment de l'activité de l'esprit scientifique (l'autopédagogisme), c'est par les problématisations du maître et les solutions qu'il apporte à l'élève, en jouant l'émergence d'un rationalisme enseignant par rapport à un rationalisme enseigné, en jouant la dialectique de non psychologisme de certains cadres de pensées habituels, que l'esprit de l'élève peut faire effort (autopédagogisme) pour se diviser, se dialectiser et se constituer comme sujet rationaliste, en situation de maître, par rapport à un sujet assertorique, en situation d'élève au prise avec son propre psychologisme.

Le principe adventice de division, de dualisation de psychisme est, ici, la relation pédagogique. Mais on remarque que l'instance duelle interne au sujet reste le fait même de l'esprit, le fait d'une « volonté d'esprit »¹⁵³. C'est l'esprit qui pense contre soi. Cette polémique contre soi, qui produit le clivage interne de soi, est encore une fois pensable comme structure dialoguée du maître et de l'élève. Mais c'est bien « en forçant les personnages » de ce processus discursif d'instruction de soi par soi (autopédagogisme), de cette dualité interne, qu'on y verra un maître et un élève. D'ailleurs la position de maître suppose une telle supériorité par rapport à celle d'élève que cette structure recouvre la même hiérarchie qu'entre le sujet rationaliste et le sujet assertorique qui exclut la dialectique autogène de l'esprit par laquelle celui-ci s'efforce de réaliser dans le sujet l'émergence du sujet rationaliste. En effet, dans ce cas, l'orthopsychisme est constitué et la dialectique de non-psychologisme s'est momentanément stabilisée.

Mais, précisément, cette évidente hiérarchie dans la psychologie du sujet scientifique entre un « je » faisant figure d'élève, de sujet assertorique, de « sujet contrôlé »¹⁵⁴ et un « tu » faisant figure de maître, de sujet apodictique, de « sujet contrôlant »¹⁵⁵, nous la trouvons dans le troisième moment de l'activité de l'esprit scientifique. C'est dans le moment normativiste que l'expression « l'esprit est école » prend le plus de pertinence et de force. Voyons en quoi.

Ce moment « normativiste » correspond à celui où le sujet accède au statut de sujet rationaliste, sûr des normes de sa propre pensée, sûr de sa méthode dans l'objectivation du réel, et qui met en acte le *cogito d'obligation mutuelle* par un enseignement, une formation pédagogique d'autrui. Par cet enseignement, le sujet

¹⁵² *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 157.

¹⁵³ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 252.

¹⁵⁴ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 16.

¹⁵⁵ *Ibid.*, p. 60.

rationaliste met au clair son propre savoir, il s'assure des multiples voies démonstratives, des multiples « structures-approches »¹⁵⁶, comme autant de perspectives d'acquisition de pensées apodictiques, pour qu'un autre esprit accède précisément à leur apodicticité par une claire conscience de celle-ci ; mieux : par un contrôle de celle-ci. C'est dire que le sujet apodictique se dédouble lui-même. Il se surveille, se contrôle, s'assure de sa propre « normalité » dans le moment même de son enseignement. Ce pourquoi enseigner, c'est toujours mieux connaître, mieux comprendre ce que l'on sait.

Ainsi le sujet rationaliste, lorsqu'il met en œuvre une axiomatique, se dédouble toujours : en pensée assertorique, tout occupée du fait d'opérer, de calculer ; en pensée apodictique, en pensée opérante qui surveille les opérations et juge la normalité des jugements de la pensée assertorique. La vigilance, le contrôle, la surveillance doit être la règle, sinon l'esprit s'endort dans des habitudes et ne saisit plus pleinement les avenues des raisons qui fondent l'axiomatique. L'apodicticité de l'axiomatique décline alors au niveau assertorique¹⁵⁷.

Le dédoublement psychologique du sujet rationaliste entre une pensée apodictique et une pensée assertorique, une pensée contrôlant le fait de penser et une pensée contrôlée dans l'application de ses propres normes, est, en l'occurrence de ce moment normativiste, pensable avec pertinence à partir de « l'instance je-tu » du professeur et de l'écopier, du « tu vigilant » du maître face au « je » qui calcule, juge, met en œuvre une axiomatique ou une méthode tout en ayant peur de commettre quelques erreurs par rapport aux normes mêmes de la pensée apodictique.

Mais le « personnage », qui est en face du « je », n'est pas vraiment un « tu » intériorisé. Comme le dit Bachelard à propos de l'accès d'un sujet à l'apodicticité nouvelle au sein de la cité scientifique, ce « personnage » qu'il « installe en son propre esprit en face de son je, [est] une sorte de tu vigilant »¹⁵⁸. « Une sorte » : c'est dire qu'il vaut comme métaphore, et l'instance « je-tu » de l'esprit scientifique n'est, elle-même, qu'une métaphore.

Cette instance « je-tu » recouvre la division interne du sujet entre un pôle normatif, apodictique, qui est conscient de lui-même, et un pôle assertorique qui pense sans maîtriser la normativité des pensées qu'il enchaîne ou qu'il applique, voire qui pense un domaine de phénomènes sans maîtriser aucune axiomatique propre au domaine en question. Mais le pôle scientifique de la pensée apodictique n'est pas un « tu » intériorisée. Il correspond à un niveau d'être propre au sujet scientifique. Au mieux, ce « tu vigilant » et « l'instance je-tu » de l'esprit scientifique est, si l'on veut, un symbole de la « cité scientifique » ou du « maître ». Mais ce n'est pas le « maître » réel de la relation pédagogique effective qui est intériorisé, non plus que la cité scientifique elle-même qui, intériorisée, constituerait le niveau d'être propre au sujet scientifique.

¹⁵⁶ *Ibid.*, p. 50.

¹⁵⁷ Cf. *Ibid.*, p. 25.

¹⁵⁸ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 60.

Ce n'est donc que métaphoriquement qu'il faut comprendre l'expression ; « l'esprit est école ».

Cette interprétation, pour subtile qu'elle soit, n'altère ou ne détruit en rien l'idée bachelardienne selon laquelle le sujet rationnel de la science contemporaine se constitue dans le dialogue de maître à élève¹⁵⁹, c'est-à-dire que « la science éduque le savant »¹⁶⁰, et, qu'en retour, ce même sujet rationnel fait la science, de telle sorte que seule une « philosophie naïve »¹⁶¹ pourrait actuellement trancher cette circularité pour désigner un principe premier.

En d'autres termes, le « réalisme psycho-social » du *cogitamus*, dont le principe est l'école, conditionne la structure dialoguée, divisée de l'esprit. En retour, la division continuée du sujet par l'esprit s'exprime dans le *cogitamus* par le principe d'obligation mutuelle qui vient après l'émergence d'une apodicticité par l'esprit et dans l'esprit.

L'esprit peut donc être pensé comme Ecole, comme dialogue intérieur de maître à disciple. Réciproquement, l'Ecole peut être pensée comme extériorisation d'une dialectique¹⁶² intrasubjective et autogène, — termes qui s'ajustent à la force de l'esprit solitaire bousculant dans un « rationalisme enseignant » les bases d'une axiomatique, — entre un cogito apodictique et un cogito assertorique.

Entre esprit et Ecole les métaphores sont croisées. Mais on a remarqué qu'elles fonctionnent surtout dans le sens de l'Ecole vers l'esprit, tant il est vrai que l'esprit est difficile à saisir dans sa dynamique autogène de division interne du sujet.

Pour terminer cette réflexion sur le « réalisme social » du vrai et ses conditions qui nous amènent jusqu'aux métaphores croisées de l'esprit et de l'Ecole, nous voudrions souligner le risque qu'il y a à outrepasser cette conception métaphorique et ouvrir la réflexion sur la capacité de l'esprit, dans son processus de division interne du sujet, à superposer de multiples temporalités.

Première réflexion, donc. À réifier les métaphores, on fait de l'esprit une effective structure dialoguée, une instance « je-tu » intériorisée, une intrasubjectivité élevée au statut transcendantal de condition de possibilité même de l'esprit, et donc de l'objectivité. Bref, on substantialise, peu ou prou, l'esprit. Et, lors même qu'on voudra soutenir que la structure dialoguée est une structure *a priori* à la manière du kantisme, ce qui en fait tout autre chose qu'une substance, on fera remarquer que, ce que laisse échapper cette conception, c'est l'existence au sein du sujet scientifique d'une fonctionnalité de la division du sujet par l'esprit qui redouble les dédoublements du sujet, de telle sorte qu'il y a une superposition des niveaux d'être¹⁶³ du sujet. Une figure

¹⁵⁹ Cf. *Ibid.*, p. 68.

¹⁶⁰ « **Les problèmes des méthodes scientifiques** », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 44.

¹⁶¹ *Ibid.*, p. 44.

¹⁶² Cette superposition, lorsqu'elle est stabilisée en deux pôles clairement hiérarchisés, n'est d'ailleurs plus à proprement parler une dialectique (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 60) : le pôle assertorique doit se soumettre aux raisons du pôle apodictique. L'échange n'est plus réciproque. La norme domine le fait.

¹⁶³ Nous verrons plus précisément cela dans le chapitre V.

du sujet joue un rôle apodictique par rapport à une autre figure du sujet qui joue un rôle assertorique. Ce n'est donc pas d'une unique structure dialoguée dont il faudrait parler, mais plutôt de multiples structures dialogiques dans des temps superposés comme autant de niveaux d'être auxquels accède le sujet par division interne et par dédoublement réflexif. Et, devra-t-on ajouter, au lieu d'un « kantisme de la structure », il faut laisser place à un « non-kantisme de la fonction »¹⁶⁴ « qui inclut la philosophie criticiste en la dépassant »¹⁶⁵. Dit autrement : il faut laisser place au dynamisme interne de l'esprit scientifique pour qu'il divise le sujet et établisse, dans l'instant d'un temps vertical, de multiples instances dialogiques superposées propre au sujet épistémique, dont le caractère *a priori* est uniquement fonctionnel et dérivé de « l'effort de la pensée »¹⁶⁶.

Dès lors, quoi qu'il en soit, — substance ou structure immuable, — la conception même de Bachelard est manquée ; car l'esprit scientifique est une force¹⁶⁷ qui va et qui dépose les figures du sujet sur un axe de progrès ontogénique dont le terme ne saurait être fixé. Ainsi, lors même qu'on aurait épuisé les multiples instances du sujet dont le dédoublement ne peut être infini, le contenu de ces instances ne pourrait être qu'essentiellement variable, en fonction du progrès des sciences.

Abordons la deuxième réflexion annoncée. Si le terme du progrès de la connaissance scientifique en général n'est pas fixé, et qu'en ce sens les structures intellectuelles du sujet ne peuvent être arrêtées, il reste à comprendre le dynamisme interne de l'esprit par lequel il s'élève au dessus du temps vital propre au moi naturel pour « détemporaliser le travail de la pensée, pour le retemporaliser et obtenir les fulgurances de la démonstration rationnelle »¹⁶⁸ par lequel il se dédouble, se divise en un nombre fini d'instances superposées temporellement et dont certaines ont le rôle d'un « sur-moi » intellectuel par rapport aux autres. Bref, il s'agit de comprendre comment peut se « composer »¹⁶⁹ temporellement « l'être de connaissance »¹⁷⁰ pour éliminer son « psychologisme », pour se dépsychologiser et atteindre les pensées apodictiques dont la valeur normative transcende les conditions spatio-temporelles de la vie et les lois mêmes de la vie.

Pour décrire cette « région du temps suspendu où se constitue la normativité de certaines pensées rationnelles »¹⁷¹ par une « psychologie exponentielle » qui suit le processus dialectique de dépsychologisation, il faut considérer à nouveau la pluralité des temporalités¹⁷² et le « réalisme du rythme »¹⁷³, des instants qui les constitue comme

¹⁶⁴ « La psychologie de la raison » in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 28.

¹⁶⁵ *La Philosophie du non*, op.cit, p. 94.

¹⁶⁶ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 26.

¹⁶⁷ Cf. « Le problème des méthodes scientifiques » in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 36.

¹⁶⁸ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 27.

¹⁶⁹ *Ibid.*, p. 15.

¹⁷⁰ *Ibid.*, p. 15.

¹⁷¹ *Ibid.*, p. 26.

¹⁷² Cf. *Supra*, chap. III, IV.

¹⁷³ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 66.

telles, car cette « région du temps suspendu » est riche en figures du sujet qui dessinent un réseau ou un canevas de temporalités superposées.

Chapitre V
Réalisme du rythme
et
Nouménologie du sujet

I

Du réalisme du rythme à la nouménologie du sujet rationaliste

Nous avons déjà rencontré le « réalisme du rythme » dans le chapitre sur l'espace et le temps. Si la durée est bien une « métaphore »¹, l'effet d'un point de vue sur « l'épaisseur »² des rythmes d'instant superposés, engrenés les uns sur les autres par des correspondances, des coïncidences d'instant, alors au déroulement continu de la durée ontologique est substitué le « réalisme des rythmes » constitutifs de la pluralité de temps indépendants et hiérarchisés, tout à la fois selon la densité et le rythme des instants sur l'axe horizontal de leur déroulement ordonné.

En s'appuyant sur le seul absolu conservé par la Relativité, à savoir « l'instant », ou le « point-événement », Bachelard édifie un « réalisme du rythme » dont il fait la cellule d'une ontologie de caractère nettement métaphysique, puisqu'elle ne peut totalement s'étayer sur les résultats scientifiques ; notamment sur ceux de la biologie qui font défaut. Mais, plus précisément, en reprenant l'œuvre de Pinheiro dos Santos³, à laquelle il souscrit, il développe ce qu'on peut appeler une « métaphysique rythmanalytique »⁴, qui entreprend de rendre compte des figures des êtres, moins par leurs structures, leur position et leurs limites spatiales, que par la « figure » d'un rythme ou encore par la concrétion d'un réseau de rythmes d'instant qui s'harmonisent et, par là même, désigne un être. On n'en sera pas autrement étonné si l'on veut bien, comme Bachelard, se dégager du « réalisme substantialiste » et suivre les leçons de la physique quantique qui démontre que « la matière se transforme en rayonnement ondulatoire et que le rayonnement ondulatoire se transforme en matière. »⁵ Autrement dit : de l'énergie vibrante émerge une matière, loin que la matière soit simplement une substance solide manifestant la propriété intrinsèque de vibrer. Dans une « véritable inversion »⁶ du « réalisme substantialiste », c'est la concrétion du rythme d'une onde énergétique qui définit une « substance ».

La matière, essentiellement discontinue, existe temporellement selon de multiples rythmes répartis en niveaux ontologiques. Ce sont ces niveaux énergétiques, puisque la fréquence d'un rythme est liée à l'énergie, qui correspondent phénoménologiquement à

¹ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 113.

² *Ibid.*, p. 92.

³ Cf. *La Rythmanalyse* ; publication de la « société de psychologie et de philosophie », Rio de Janeiro, 1931.

⁴ Expression que l'on trouvera vite justifiée.

⁵ *Ibid.*, p. 130.

⁶ *Ibid.*, p. 132.

des strates d'où émergent des « figures » s'emboîtant les unes dans les autres. Ces « figures temporelles » possèdent un rythme propre, global et fondamental d'instant qui s'engrènent sur les instants des rythmes sous-jacents, en produisant une harmonie du réseau des rythmes superposés, mais sans jamais les synchroniser, car le risque d'une mise en phase de tous les rythmes sous-jacents serait l'éclatement même du réseau, c'est-à-dire de la structure émergente. Ainsi Bachelard peut-il affirmer tout à la fois que « l'énergie vibratoire est l'énergie d'existence »⁷ et qu'un « enchanteur, chef d'orchestre de la matière, qui mettrait d'accord les rythmes matériels »⁸ constitutifs des Pyramides, « volatiliserait toutes ces pierres. »⁹

Si les rythmes doivent s'étayer harmoniquement les uns sur les autres, pour qu'une nouvelle structure émerge, ce n'est donc pas nécessairement en résolvant la confusion de tous les rythmes sous-jacents. Bien des structures stables ne sont que des « figures statistiques d'un désordre temporel. »¹⁰

Cette « métaphysique générale »¹¹ de Pinheiro dos Santos, reprise par Bachelard, est très proche d'une cosmogonie dont pourtant son « criticisme »¹² devrait le garder, puisque nous avons vu¹³ qu'il refusait d'étendre la Relativité généralisée à « un volume global d'univers »¹⁴.

Cette cosmogonie aurait son principe dans l'unité d'une *Energie fondamentale* qui se disperserait et se hiérarchiserait dans un devenir cosmique, en multiples émergences de strates ontiques, de type matériel, biologique et spirituel. L'énergie ondulatoire perdant de sa puissance, du fait de sa dispersion, déposerait, sans aucun projet d'aucune sorte, des concrétions d'êtres rythmés ayant le pouvoir de se consolider dans une véritable orchestration harmonique des rythmes sous-jacents qu'ils enferment.

Cette cosmogonie serait donc sans *telos*, sans orientation vers une fin telle que l'émergence de l'esprit humain, dont la strate la plus haute serait la production de l'Idée de l'Absolu¹⁵, du temps complet¹⁶ « fait de l'ensemble des actes du Créateur »¹⁷ ou bien, — s'il est vrai que la nature est auto-suffisante dans la production des émergences de formes rythmiques et matérielles, — du temps complet fait du tissu de toutes les figures rythmiques d'instant, qui s'étayaient et s'engrènent les unes sur les autres par la

⁷ *Ibid.*, p. 131.

⁸ *Ibid.*, p. 131.

⁹ *Ibid.*, p. 131.

¹⁰ *Ibid.*, p. 133.

¹¹ *Ibid.*, p. 133.

¹² « Univers et réalité », in *op.cit.*, p. 107.

¹³ Cf. *Supra*, chap. III, II.

¹⁴ « Univers et réalité », in *op.cit.*, p. 107.

¹⁵ Pour une herméneutique critique et réflexive qui passe par une interprétation des résultats et des méthodes des sciences, et qui débouche sur une cosmologie néo-finaliste de type dialectique, mais sans que cette fin soit un retour sur soi du Concept à la manière de Hegel, voir l'œuvre fondatrice d'A. Stanguennec : *La Dialectique réflexive, Lignes fondamentales d'une ontologie du soi*, presses universitaires du septentrion, 2006 ; *Être, soi, sens, Les antécédences herméneutiques de la dialectique réflexive*, Presses universitaires du Septentrion, 2008.

¹⁶ Idée que nous avons déjà rencontrée : cf. *Supra*, chap. III, IV.

¹⁷ Cf. *L'Intuition de l'instant*, *op.cit.*, p. 48.

coïncidence de certains de leurs instants pour former une totalité dont on n'est pas sûr qu'elle soit une harmonie en devenir, faute d'un chef d'orchestre assurant une telle harmonie.

En effet, « dès l'instant où l'on se refuse la référence à une durée absolue, il est nécessaire d'accepter franchement *l'appui réciproque des rythmes* »¹⁸. Or cela signifie, dans le domaine de la musique d'orchestre, qu'on ne peut « prendre un rythme de base auquel tous les instruments se réfèreraient »¹⁹, et donc que « les divers instruments se soutiennent et s'entraînent les uns les autres »²⁰. On pourrait dès lors penser que le rôle du chef d'orchestre est annulé. En fait, ce rôle, qui reste essentiel, est simplement limité; sa fonction est précisément de « rendre plus conscient l'effort de corrélations des instrumentistes »²¹ par le « signal »²² de la battue qui « noue les différents rythmes sur des instants toujours remarquables. »²³ Ainsi se produit une « harmonie » des rythmes sonores des instruments de l'orchestre. *Mutatis mutandis*, on comprendra que, faute d'un chef d'orchestre de tous les rythmes de la nature, on n'est pas du tout certain de l'harmonie de la totalité des rythmes de la nature en devenir.

Quoi qu'il en soit, Bachelard ne s'interroge pas sur l'harmonie totale de ces rythmes de la nature, car il ne produit pas une cosmogonie à partir de l'affirmation d'une *unité* énergétique et matérielle de l'Être ouvrant la voie à la question métaphysique de l'harmonie des rythmes de la nature, dont les figures sont interprétables comme des concrétions de rythmes d'instant. Cependant, la « métaphysique générale » qu'il assume, en s'inspirant de la conception de Pinheiro dos Santos et dont il pense qu'elle peut être fondée sur les sciences, pointe vers ce que j'appellerais un « énergétisme émergentiste », qui est en même temps un « matérialisme » s'il est vrai que l'énergie se convertit en matière. Dès lors, la question même de l'harmonie des rythmes de la nature, ne manquerait pas de se poser.

Nous allons, dans ce chapitre, présenter rapidement les émergences ontiques de la matière, du vivant et du psychisme. Parvenu au psychisme humain, nous suivrons la « psychologie exponentielle » du sujet, notamment du sujet rationaliste, pour nous hisser au niveau d'une « nouménologie du sujet » qui distribue celui-ci en diverses strates ou niveaux ontologiques, comme autant de « figures rythmiques » qui recouvrent, entre autres, le réseau des structures dialogiques du sujet rationaliste. Chemin faisant, on rendra compte de l'illusion du phénomène de continuité psychique comme d'une métaphore sur laquelle on ne peut faire fond pour affirmer, comme Bergson, que le temps est ontologiquement une durée continue.

¹⁸ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 123.

¹⁹ *Ibid.*, p. 123.

²⁰ *Ibid.*, p. 123.

²¹ *Ibid.*, p. 123.

²² *Ibid.*, p. 122.

²³ *Ibid.*, p. 122.

II

Les rythmes : de la matière au psychisme

La plus grande densité d'instants se trouve sur les plans temporels de la matière ; et, particulièrement, au niveau microphysique de l'atome, car « l'atome rayonne et existe souvent »²⁴ ; bien plus souvent que les phénomènes de la vie et ceux, encore plus lacunaires, de la pensée.

Par-delà la critique de la durée continue de Bergson, en s'appuyant sur la micro-phénoménologie de l'atome et de ses états probabilitaires successifs pour montrer que le « temps » n'a pas d'efficacité propre pour déterminer un état privilégié de l'atome plutôt qu'un autre²⁵, — et , par conséquent, « le devenir de l'atome sautille »²⁶, — il faut indiquer que certains rythmes de phénomènes microphysiques sont suffisamment définis et maîtrisés techniquement pour que l'on puisse circonscrire les phénomènes en question par leur forme temporelle, leur forme rythmique. En effet, un phénomène matériel peut être « figuré dans ses rythmes comme une chose est figurée dans ses limites spatiales. »²⁷

La « forme rythmique » peut même être plus pertinente que la forme spatiale pour définir une particule matérielle à laquelle, selon de Broglie, est associée une onde. Mieux : le « réalisme de rythme », compris dans un « schéma scientifique », fonde une « technique du devenir »²⁸ qui peut « ralentir, accélérer, immobiliser les phénomènes temporels les plus variés. »²⁹ dans le « temps des instruments ». Et, pour reprendre l'exemple avancé, même si on ne sait pas accélérer ou réduire la vitesse d'une onde électromagnétique dans le vide, il reste qu'on peut encadrer son « rythme dans des caisses de résonance »³⁰, par exemple lorsqu'une antenne T.S.F émet et entretient une certaine longueur d'onde. Plus près de nous, Bachelard eût aimé prendre pour exemple le condensat de Bose-Einstein qui consiste à ralentir des atomes³¹ en augmentant leur longueur d'onde pour les mettre en phase, en recouvrement dans le même état quantique en utilisant des émissions de photons par un laser et un piège magnétique qui conserve les atomes les plus lents jusqu'au point où, indiscernables, ils se retrouvent tous dans le même état quantique.

²⁴ *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 47.

²⁵ « On atteint ici à un des principes fondamentaux les plus curieux de la science contemporaine : la statistique de différents états d'un seul atome, dans la durée, est exactement la même que la statistique d'un ensemble d'atomes à un instant particulier. En méditant ce principe, on doit se convaincre que, dans la microphysique, la durée antécédente ne pousse pas le présent, le passé ne pèse pas sur l'avenir. » Cf. *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 62.

²⁶ *Ibid.*, p. 62.

²⁷ *Ibid.*, p. 61.

²⁸ *Ibid.*, p. 62.

²⁹ *Ibid.*, p. 64.

³⁰ *Ibid.*, p.65.

³¹ Ces atomes doivent être des bosons et non des fermions. La « quantité de rotation » ou « spin » de la particule doit être un entier (la particule opère un tour complet pour être dans le même état). La physique quantique établit que deux fermions ne peuvent se retrouver dans le même état, contrairement aux bosons ; à moins de les coupler pour obtenir un spin entier.

Les phénomènes de la vie ne sont pas analysés par Bachelard. Mais de même qu'il pense, en s'appuyant sur l'expérimentation en physique, que la structure d'un atome peut être modifiée par la fréquence d'une onde associée à une particule, il pense, en se référant à l'autorité de Pinheiro dos Santos, qu'une cellule peut être atteinte dans sa structure et son fonctionnement par des inducteurs de rythme que seraient les « figures rythmiques » des substances chimiques, ou, plutôt, en quoi consistent les substances chimiques³², distribuées homéopathiquement dans l'organisme.

Si « l'énergie vibratoire est l'énergie d'existence », comme nous l'apprend de Broglie sur le plan de la physique quantique, alors par extension analogique, une biologie ondulatoire appuyée sur l'intuition du rythme peut être substituée à l'intuition substantialiste.

A l'action d'une substance par sa quantité³³ est substitué le « rayonnement » d'une matière³⁴, un « matérialisme ondulatoire »³⁵, dont Bachelard est conscient qu'il n'est pas légitimement fondé sur des expériences³⁶, même s'il va dans le sens d'un dépassement du « réalisme substantialiste » déjà opéré en microphysique et en chimie, en ce que cette dernière s'appuie sur la microphysique.

De manière plus large, c'est-à-dire au-delà de la cellule et en prenant en compte la totalité organique qu'est un être vivant, il reprend la métaphysique de l'émergence des formes vivantes de Pinheiro dos Santos basée sur cette même intuition du rythme et des « figures rythmées ». Mais il s'appuie également sur la métaphysique du vivant de Dupréel³⁷, selon lequel la vie est un débat entre le vivant et le monde qui conduit le vivant à assimiler le monde et à changer sa propre structure³⁸, pour la complexifier, s'enrichir de rythmes multiples en les intériorisant, et en les organisant hiérarchiquement afin d'être plus riche de fonctionnalités adaptatives, c'est-à-dire de formes à la fois plus denses d'instant et plus intégrées hiérarchiquement les unes aux autres, depuis la cellule en passant par les tissus, les organes, jusqu'à la totalité organique.

L'émergence réussie, c'est-à-dire viable, d'une structure nouvelle du vivant procéderait donc d'une intériorisation de rythmes multiples et d'une organisation

³² « L'étude chimique s'adressant, non pas à une matière, mais à une substance pure, conduira tôt ou tard à définir les qualités précises de cette substance pure comme des qualités, temporelles, c'est-à-dire comme des qualités entièrement caractérisées par des rythmes. » cf. *Ibid.*, p. 132.

³³ Cf. *Ibid.*, p. 133 et p. 134.

³⁴ *Ibid.*, p. 133.

³⁵ Cf. *Ibid.*, p. 132.

³⁶ « Il faudrait sans doute instituer des expériences de discrimination – par exemple, de véritables interférences médicinales, conçues sur le mode vibratoire – pour légitimer pleinement la forme ondulatoire proposée par M^r Pinheiro Dos Santos. » Cf. *Ibid.*, p. 137.

³⁷ Cf. *Théorie de la consolidation*, esquisse d'une théorie de la vie d'inspiration sociologique. Impression scientifique et littéraire, 1931.

³⁸ Bachelard dans *La Dialectique de la durée*, p. 83, cite *La Théorie de la consolidation* de Dupréel : « La vie n'est pas allée d'un noyau primitif vers un épanouissement indéfini, elle semble être résultée d'un progrès de l'extérieur vers l'intérieur... elle n'a jamais été comme un commencement dont résulte une suite, mais dès le principe comme un cadre qui se remplit, ou comme un ordre qui a gagné en consistance. »

harmonique de ces rythmes, par quoi se définit précisément la structure et ses fonctions unifiées pour assurer la subsistance et la reproduction du vivant.

Ainsi Bachelard peut-il écrire du processus vital, ce qui vaudra *mutatis mutandis* pour le processus psychique: « la vie, dans ses réussites, est faite de temps bien ordonnés ; elle est faite, verticalement, d'instants superposés richement orchestrés ; elle se relie à elle-même, horizontalement, par la juste cadence des instants successifs unifiés dans un rôle. »³⁹

Précisément, si l'on se place au niveau de l'émergence du psychisme humain ou plus exactement au niveau de la conscience, on va retrouver sans aucun doute avec des rythmes d'instants plus lacunaires, moins denses qu'au niveau de la vie⁴⁰, la conquête de structures et de mise en harmonie de « figures rythmées » analogues à celle que l'on trouve dans la métaphysique de la vie. Mais, cette fois, au lieu de légitimer la métaphysique du sujet à partir d'une intuition héritée d'une analogie avec le « réalisme du rythme » des processus microphysiques, comme cela se passe pour la métaphysique de la vie, Bachelard s'appuie sur une « phénoménologie »⁴¹ des diverses causalités psychologiques qui opèrent plan par plan, « feuillet par feuillet »⁴² selon des rythmes propres qui dessinent des figures constantes d'instants juxtaposés, et dont l'engrenage les uns sur les autres permet de rendre compte de l'impression de continuité psychique et de durée unique comme d'une « œuvre », d'une « construction »⁴³ à partir du point de vue d'un plan rythmique sur d'autres plans superposés, ce qui fait de la durée continue, une « métaphore »⁴⁴. Il s'appuie également sur la « psychologie exponentielle »⁴⁵ qui suit le processus de réflexion formalisante du sujet sur lui-même ainsi que sur la dialectique interne de dépsychologisation⁴⁶, par laquelle est constituée un « orthopsychisme »⁴⁷, afin de rendre compte de l'émergence des différents « feuillets » du sujet selon leur superposition et leur hiérarchie temporelles fondées tout à la fois sur leur signification épistémologique et leur propre forme rythmique.

³⁹ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 139.

⁴⁰ Rappelons que si la cellule vivante n'utilise pas tous les instants des atomes la constituant, la pensée n'utilise les instants de la vie que « par éclairs irréguliers » (cf. *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 47).

⁴¹ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. VII.

⁴² *Ibid.*, p. VII.

⁴³ *Ibid.*, p. VIII.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 111.

⁴⁵ *Ibid.*, p. 110.

⁴⁶ C'est-à-dire de lutte contre le psychologisme par le non-psychologisme pour accéder au statut de sujet rationaliste. Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.12- 13.

⁴⁷ « Il faut distinguer le psychisme contingent et le psychisme normatif. Et c'est tout le problème d'un orthopsychisme qui se pose pour fonder l'épistémologie. » Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 66.

III

La nouménologie du sujet :

« Temps vertical » et superposition des rythmes

Par cette « psychologie exponentielle », que Bachelard assume subjectivement pour qu'elle ne soit pas un pur processus logique de doublement réflexif indéfini de la conscience, il se libère de « la description phénoménologique »⁴⁸ qui résout tous les actes de conscience sur l'axe horizontal du « temps transitif »⁴⁹ du monde, de la matière ou encore du « temps vital » dont le premier « je pense » ne se serait pas encore suffisamment détaché.

Installé dans le plan du troisième dédoublement réflexif de la pensée, Bachelard affirme que la pensée peut s'engager dans une « description nouménologique »⁵⁰ du sujet qui consiste à le distribuer sur un temps vertical en de multiples « feuillets » ou « plans » d'instantanés différemment rythmés et à le déployer sur un temps horizontal en ce que ces plans s'engrènent les uns sur les autres dans un déroulement horizontal selon certaines coïncidences ou correspondances entre les instants de ces différents plans hiérarchisés.

Cette distribution et ce déploiement temporel du sujet peuvent se résumer dans la conception du sujet comme *acte de réticulation d'une pluralité de temporalités rythmiques*. Ce tissage temporel et musical perd de son obscurité si on le rapproche de la conception selon laquelle « la vie est harmonie ». Affirmation banale, dira-t-on, mais assumée comme telle par Bachelard : « de cette banalité “ la vie est harmonie ” nous oserions donc finalement faire une vérité. »⁵¹ La vie psychique est faite de rythmes temporels superposés dont l'harmonie relève des actes mêmes du sujet, ou de l'esprit si le sujet se pluralise en se confondant à chaque fois avec un des plans temporels superposés. Ainsi « on s'exprimerait peut-être assez bien en disant qu'un individu pris dans la somme de ses qualités et de son devenir correspond à une harmonie de rythmes temporels. »⁵²

Pour indiquer le niveau réflexif à partir duquel a pu être décrit nouménologiquement le sujet, on peut suivre la « psychologie exponentielle » qu'il propose dans *La Dialectique de la durée* et dans *Le Rationalisme appliqué*. La première relève d'une réflexion formalisante qui ne vaut pas directement pour la constitution du sujet scientifique comme sujet rationaliste, mais pour l'accès du sujet au statut de « personne ». En revanche, dans *Le Rationalisme appliqué*, la psychologie exponentielle vaut pour le sujet rationaliste dans sa fonction de « surveillance se soi », qui se double elle-même dans un effort de culture pour assurer le progrès du savoir en intensifiant les

⁴⁸ *Ibid.*, p. 99.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 95. Bachelard reprend d'un ouvrage de Minkowski, intitulé *Le Temps vécu*, une distinction de Höningwald entre le « temps immanent » (le temps du moi) et le « temps transitif » (le temps du monde).

⁵⁰ *Ibid.*, p. 99.

⁵¹ *Ibid.*, p. IX.

⁵² *L'Intuition de l'instant*, op.cit, p. 68.

rapports du rationnel et de l'expérimental, c'est-à-dire « le rationalisme appliqué » lui-même.

Le premier cogito, le (cogito)¹, celui de Descartes, qui pose le fait d'existence du « je » à partir de l'auto-affection de la pensée et qui s'énonce dans le « je pense, je suis », reste pris, selon Bachelard, dans un temps horizontal : le temps transitif du monde, de la vie et de l'expérience historique du moi. En se rangeant à la remarque critique du cogito cartésien de Ch. Teissier du Cros, qui dit que « sur un même plan, celui des réalités, l'expérience spécifique du moi confrontée avec l'expérience spécifique des choses, lui est déclarée assimilable »⁵³, Bachelard affirme que, pour se détacher de ce « temps horizontal », de ce temps de la vie, et ouvrir la dimension du « temps vertical », le (cogito)¹ doit être doublé dans un cogito à la puissance 2 : un « je pense que je pense ».

A ce niveau, le « je » réfléchit l'activité même de réflexion de la pensée par laquelle elle en vient à affirmer le « je suis » pour autant que le « je » pense. Ce dédoublement de la réflexivité de la pensée permet au « je » de se saisir de sa propre « existence » comme d'une puissance de réflexion formalisante et de s'affirmer avant tout comme étant une forme, comme activité formelle, comme un « je » détaché de la multiplicité de ses activités cogitantes, qui sont autant de manifestations phénoménales internes que l'on place sur le même plan de réalité que les phénomènes externes.

Mais si « l'existence affirmée par le *cogito cogitans* » est « plus formelle que l'existence impliquée par la simple pensée »⁵⁴, il reste que c'est au niveau du (cogito)³ que le « je » pur s'affirme précisément dans toute sa pureté, dans son statut de « personne »⁵⁵. Avec le « je pense que je pense que je pense », on peut se penser comme étant « quelqu'un » qui pense⁵⁶, comme un « je » qui pense le « je » pur et qui s'affirme comme « je » pur. En effet, au niveau de ce (cogito)³, la pensée réflexive porte sur le « je » lui-même comme acte formalisant dans une procédure exponentielle de réflexion, ce qui permet d'affirmer le « je » comme puissance d'étagement, de distribution des cogitos, et de décrire ces niveaux de cogito comme autant de niveaux d'être, du plus substantiel au plus formel, sur un seul et même axe vertical de temporalité.

Mais, dira-t-on, pourquoi un axe temporel vertical ? Pourquoi cette psychologie exponentielle ne prend-elle pas sa place exclusivement sur l'axe temporel horizontal ? C'est que la description psychologique n'est pas nécessairement historique. Les consécutives des cogitos, en suivant leur exposant, sont logiques et non pas historiques.

Certes, si l'on voulait décrire « la personnalité substantielle »⁵⁷, celle qui est faite de passions, d'instincts, de rêves, nous serions amenés à suivre le « temps transitif », car

⁵³ Ch. Teissier Du Cros, « **La répétition, rythme de l'âme, et la foi chrétienne** », *apud Etudes théologiques et religieuses*, Montpellier, mai 1935 ; cité par Bachelard dans *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 99.

⁵⁴ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 99.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 100.

⁵⁶ Cf. *Ibid.*, p. 99.

⁵⁷ *Ibid.*, p. 100.

l'enracinement de notre psychisme dans la vie et la nature nous livre au « temps vital » et au « temps des choses » où se repèrent des liens de causalités entre les événements constitutifs de chacun de ces plans temporels.

Par contre, lorsqu'on en vient à décrire à partir du (cogito)³ la « personnalité formelle », sur l'axe de formalisation de sa propre activité pensante, procédant d'un recul réflexif qui refuse les liaisons entraînantes de la vie, alors tous les cogitos peuvent être ordonnés sur un même axe vertical, car le « devenir formel » du sujet avec tous ses cogitos étagés apparaît « en puissance dans tous les instants vécus »⁵⁸. Cet « axe temporel » vertical sur lequel s'ordonne le discontinu des cogitos est, selon Bachelard, une « dimension inhérente de l'esprit »⁵⁹ qui peut, à tout instant et sur un instant, « surgir comme une fusée hors du monde, hors de la nature, hors de la vie psychique ordinaire. »⁶⁰ La succession ordinale des cogitos est donc bien, hors du temps horizontal, sur un axe vertical qui s'actualise ou encore jaillit dans un instant présent dès qu'un effort réflexif réitéré de l'esprit s'accomplit.

Mais, précisément, encore faut-il que cet effort réflexif s'opère et se réitère, ce qui reste contingent ; bref : de l'ordre d'une décision, d'une volonté, d'un effort. Par conséquent, « l'exponentiation » des cogitos, le niveau du cogito actualisé, est fonction d'un effort subjectif de formalisation. Point important : non seulement pour souligner la contingence de l'actualisation de cette « dimension de l'esprit » et le discontinu de chaque degré de cogito qui est réalisé, mais également pour faire remarquer que l'exposant du cogito ne peut être « infini » ; car le recul réflexif, l'activité formalisante de la pensée, ne répond pas à une pure logique de « dédoublement réflexif » de cette même pensée, mais implique la compréhension d'une signification, — fût-elle celle d'une pure forme délestée de toute matière. L'effort réflexif implique ce que Bachelard appelle « le facteur subjectif de formalisation »⁶¹. Ce pourquoi il apparaît presque impossible à Bachelard lui-même non pas de se maintenir, mais tout simplement de réaliser psychologiquement le contenu de sens du (cogito)⁴.

Les différents degrés de l'activité cogitante ne se limitent pas dans leur contenu de sens à la seule actualisation de « cogitos », de « je pense » visés pour eux-mêmes. Sur l'axe de la personnalisation formelle se superposent également des attitudes intellectuelles ou sentimentales pour autant que celles-ci puissent se dédoubler elles-mêmes en se prenant pour objet, pour « matière » de réflexion. Ainsi en va-t-il des attitudes intellectuelles de surveillance et de feinte ou encore de l'attitude sentimentale qu'est l'amour.

La considération des attitudes psychologiques de la feinte et de l'amour a une importance particulière dans *La Dialectique de la durée* en ce qu'elle permet de comprendre comment ces attitudes, composées avec elles-mêmes sur un axe vertical

⁵⁸ *Ibid.*, p. 100.

⁵⁹ *Ibid.*, p. 100.

⁶⁰ *Ibid.*, p. 100.

⁶¹ *Ibid.*, p. 100-101.

pour atteindre la troisième puissance du cogito, peuvent précisément « durer » à la troisième puissance, c'est-à-dire se maintenir à ce niveau dans un déroulement temporel horizontal. Ce qui appelle la prise en compte de « formes rythmiques » propres au niveau psychique dédoublé pour que celui-ci puisse se développer dans une autosuffisance par rapport au psychisme subalterne duquel il se détache.

Mais, avant d'aborder les conditions de l'autosuffisance d'un niveau de pensée exponentielle, restons un peu plus dans cette dimension de l'esprit qui « a une poussée hors de la ligne vitale »⁶², car cette dimension peut s'ouvrir dans un instant par l'institution du cogito rationaliste dont la fonction intellectuelle de surveillance de soi peut se redoubler elle-même jusqu'à atteindre un cogito de surveillance de troisième puissance, voire de quatrième puissance.

Le redoublement réitéré de la fonction de surveillance intellectuelle de soi sur un axe temporel vertical qui échappe à la « durée vécue »⁶³, à l'« auto-hypnotisme »⁶⁴ de « la vie sans effort de pensée »⁶⁵, est descriptible dans l'ensemble de son déploiement stratifié dès que l'on suit la « psychologie exponentielle »⁶⁶ d'un esprit ayant déjà accédé au statut de « sujet rationnel », de « sujet impersonnel »⁶⁷ ou « quelconque »⁶⁸, car le sujet est alors divisé entre un moi vécu et un moi rationnel dont la normativité des pensées apodictiques ou des structures axiomatiques informant le réel est elle-même contrôlée et implique encore une division, un dédoublement, dont l'élément nouveau, contrôlant la normativité et son application, — c'est-à-dire « la pensée apodictique » surveillant la « pensée assertorique »⁶⁹, — porte le sujet à un niveau d'être encore plus élevé dans son degré formel.

Admettons donc, comme semble le faire Bachelard dans le chapitre sur la « surveillance de soi » du *Rationalisme appliqué*, que le sujet scientifique se soit porté, dans son effort de culture, au niveau d'intensité le plus grand du rationalisme central de la connaissance scientifique qu'est le « rationalisme appliqué » couplé au « matérialisme technique ».

Admise comme légitime, cette économie descriptive de l'histoire de la culture rationaliste du sujet, permet en effet de situer le sujet en dehors de la « causalité psychologique tout assertorique de l'acquisition des idées »⁷⁰ pour l'inscrire sur différents niveaux de dépsychologisation qui tous sont « dans cette région du temps

⁶² *Ibid.*, p. 102.

⁶³ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 26.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 26.

⁶⁵ *Ibid.*, p. 26.

⁶⁶ J.-T. Desanti expose avec un grand talent pédagogique, le chapitre sur la « surveillance intellectuelle de soi », mais il n'aborde pas suffisamment la « zone des dangers » : la (surveillance)⁴; ce que nous n'hésiterons pas à faire pour en donner une interprétation. Cf. « Gaston Bachelard ou "la surveillance intellectuelle de soi" » in *Revue internationale de philosophie*, 150, P.U.F, 1984.

⁶⁷ *Ibid.*, p. 13.

⁶⁸ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 305.

⁶⁹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 25.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 26.

suspendu »⁷¹, où la causalité intellectuelle impose un ordre apodictique des pensées et une temporalité propre de l'enchaînement de ces pensées.

Mais, tout en nous plaçant dans cette région retirée « du temps vécu »⁷², ne perdons pas de vue, au seul profit de l'axiomatisation et de la formalisation des concepts scientifiques, le caractère opératoire de ces concepts, leur capacité d'informer le réel phénoménal, voire de le démontrer ; bref : ne perdons pas de vue le fait qui juge l'idée.

Placé en effet au cœur de la « bi-certitude » du physicien ou du chimiste moderne,— certitude que le réel est en prise sur la rationalité et certitude que les concepts rationnels sont opératoires, —on peut ordonner psychologiquement, autour de la dialectique du pôle rationaliste et du pôle empiriste, toute la richesse des formes de la fonction de surveillance intellectuelle de soi depuis la forme la plus simple jusqu'à l'ultime qui atteint les limites de nos possibilités psychologiques de surveillance de soi redoublée ; c'est-à-dire les limites de la division claire du sujet connaissant entre une instance contrôlante et une instance contrôlée. Limite, car ce qui advient, comme nous allons le voir, c'est une surveillance de la finalité même du processus ontogénique du sujet rationaliste, dont l'être lui-même ne tient pas dans l'affirmation initiale d'un cogito, mais dans la confirmation des progrès de la connaissance⁷³ par laquelle l'être se consolide.

La surveillance simple porte sur une caractéristique, une dimension d'un objet qui est anticipée avec les raisons de son apparition. La surveillance oscille rythmiquement de la « conscience de l'attente » à la « conscience de la disponibilité d'esprit »⁷⁴. Mais, quoiqu'elle prenne en compte les raisons d'apparition d'une dimension de l'objet, cette surveillance s'exerce d'abord sur le bord empirique. « Si alertée et vigilante qu'elle soit, la surveillance simple est, au premier chef, une attitude de l'esprit empiriste. »⁷⁵ L'attention, techniquement préparée, est dirigée sur un fait.

Avec la surveillance de surveillance, apparaît une surveillance spéciale qui porte, à la fois, sur la valeur objective ou objectivante de la « méthode » mise en application pour déterminer les phénomènes, et sur l'exactitude et la précision de l'application de cette méthode.

Cette (surveillance)² est propre à fonder un « orthopsychisme » adéquat au rationalisme appliqué, en ce qu'il travaille « sur les deux bords de l'empirisme et du rationalisme. »⁷⁶, sur « les limites et les rapports du rationnel et de l'expérimental »⁷⁷ constitutifs du « rationalisme appliqué ». Du « doublet » philosophique intense de la connaissance scientifique qu'est le diphilosophisme de « rationalisme appliqué » et de « matérialisme technique », la (surveillance)² en est une conscience vigilante, un « sur-

⁷¹ *Ibid.*, p. 26.

⁷² *Ibid.*, p. 26.

⁷³ Cf. *Ibid.*, p. 46.

⁷⁴ *Ibid.*, p. 78.

⁷⁵ *Ibid.*, p. 79.

⁷⁶ *Ibid.*, p. 79.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 79.

moi » de culture qui permet et qui garantit une dépsychologisation effective du psychisme pour atteindre « l'orthopsychisme » du sujet rationaliste en ce que l'articulation du rationnel et de l'expérimental propre au « rationalisme appliqué » est assurée sans précisément qu'un quelconque privilège éminent d'un pôle sur l'autre soit imposé par une philosophie des sciences qui serait dès lors inadéquate aux sciences physiques et chimiques modernes et, conséquemment, source de « blocages philosophiques »⁷⁸ dans la constitution d'un « orthopsychisme ».

« Tant de philosophies se présentent en effet avec la prétention d'imposer un sur-moi à la culture scientifique. En se targuant de réalisme, de positivisme, de rationalisme, on se débarrasse parfois de la censure qui doit garantir les limites et les rapports du rationnel et de l'expérimental. »⁷⁹ Et, à strictement parler, ce qui doit fonctionner dans l'esprit scientifique, c'est moins une seule et unique censure que des censures « corrélatives »⁸⁰ et dialectiques entre le « rationalisme » et le « matérialisme technique ».

Ainsi la (surveillance)² porte sur les « faits formés », sur les phénomènes réalisés techniquement, sur un phénomène qui, en physique, est « trié, filtré, épuré, coulé dans le moule des instruments, produit sur le plan des instruments. »⁸¹ et qui, en chimie, réalise une formule synthétique. Dans un cas comme dans l'autre, le « fait formé » porte la marque théorique du noumène qu'il réalise. La phénoménologie scientifique comme phénoménotechnique est bien une production de « faits qui actualisent les *principes d'information* »⁸² que sont les noumènes, c'est-à-dire le complexe de relations rationnelles en quoi consiste chaque concept opératoire qui, en tant qu'opératoire, implique une méthode d'objectivation. La (surveillance)² porte donc également sur ces « principes d'information » à la source de la réalisation technique des phénomènes physiques ou chimiques.

En quoi pourra consister la (surveillance)³ ? Cette surveillance portera sur « les principes d'information », sur le « moi de culture » lui-même. Lorsque ces principes sont axiomatisés, ils peuvent être testés sur des phénomènes plus finement approchés et, à l'occasion, mis en question par leur inadéquation aux phénomènes dans cette nouvelle approximation phénoménale. Ainsi, par exemple, la mécanique classique est fortement organisée rationnellement, mais elle fut mise en cause par l'approximation de phénomènes dont la vitesse est proche de celle de la lumière. L'échec de l'expérience de Michelson-Morley, la mise en place du postulat de l'invariance de la vitesse de la lumière,— quels que soient sa source, sa direction et le mouvement relatif des observations qui la mesurent, — puis l'exigence de rendre opératoire le concept de simultanéité de deux événements, furent l'origine d'une nouvelle information théorique (la Relativité restreinte) qui devait bousculer les notions de temps et d'espace absolus et

⁷⁸ *Ibid.*, p. 79.

⁷⁹ *Ibid.*, p. 79.

⁸⁰ *Ibid.*, p. 79.

⁸¹ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 16.

⁸² *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 79.

imposer un nouveau rationalisme ; « un rationalisme de deuxième position »⁸³, c'est-à-dire un nouveau « moi de culture ». Du fait même des crises ayant provoqué l'émergence de nouvelles organisations rationnelles, la (surveillance)³ met en cause non seulement le « moi de culture », mais également le « sur-moi de culture » des organisations précédentes dans sa fonction de préservation ou de conservation d'une organisation rationnelle vérifiée sur un domaine de phénomènes et à une certaine échelle, car ce « sur-moi de culture » risque toujours de figer le rationalisme dans un « rationalisme enseigné » au détriment d'un « rationalisme enseignant », c'est-à-dire d'un rationalisme questionnant et polémique. Ce pourquoi le (sur-moi)³ est un sur-moi qui ressaisit toutes les émergences rationnelles pour les condenser hors de « l'histoire effective »⁸⁴ de leur production et pour les ordonner en fonction de problèmes et de solutions de la raison appliquée, tout en restant ouvert sur la polémique de la raison avec elle-même dans sa conquête de l'objectivation du réel. C'est dire que l'historicité de la constitution du moi de culture scientifique surveillée par le (sur-moi)³ est elle-même sans cesse rectifiée dans sa contingence empirique pour que le moi de culture soit composé d'un ordre des raisons ou de multiples ordres de raisons que sont « les différentes axiomatiques de base »⁸⁵ des rationalismes régionaux. Mais, ce faisant, il reste vigilant pour que ces axiomatiques régionales ne deviennent pas « machinales »⁸⁶ mais engagées, appliquées et ouvertes sur leur propre mise en question.

Mais si le (surmoi)³ induit une normalisation, une normalité de l'acquisition des connaissances du sujet⁸⁷, cela implique que le sujet reprend la « composition »⁸⁸ de son savoir. Et « s'il examine ce savoir "repassé" dans ses profondeurs métaphysiques, il a bientôt la curieuse impression de "repasser" une porte de "composition de son propre être" ou plus exactement encore de "composer son être même" dans les belles formes de la pensée rationnelle. »⁸⁹

La (surveillance)⁴, en mettant en question la valeur même de ce devenir du sujet vers la systématité des pensées rationnelles informant le réel, aborde « la zone des dangers »⁹⁰. Il semble que l'on sorte de l'attitude de l'esprit scientifique pour aborder des questions philosophiques sur l'origine de la pensée et son corrélat nécessaire. En effet, qu'est-ce qui justifie la recherche de la vérité ? Quel en est le ressort, la raison ? L'esprit peut-il être à lui-même sa propre cause de recherche de rationalité ? La (surveillance)⁴ en portant⁹¹ la pensée à ce niveau de détachement à l'égard du temps vécu peut induire la pensée à se croire *causa sui* : « dans ces instants, on a bien l'impression que rien ne monte plus des profondeurs, que rien n'est plus impulsif, qu'il

⁸³ « Dialectique des notions de la relativité », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 127.

⁸⁴ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 80.

⁸⁵ *Ibid.*, p. 133.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 25.

⁸⁷ Cf. *Ibid.*, p. 137.

⁸⁸ *Ibid.*, p. 14.

⁸⁹ *Ibid.*, p. 15.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 81.

⁹¹ Cf. *Ibid.*, p. 81.

n'y a rien de déterminé par un destin venu des origines. »⁹² De plus, qu'en est-il non pas de l'origine de la pensée, mais de ce qu'elle vise au titre de totalité systématique ? Bachelard fait appel à la poésie : la totalité, dans laquelle la pensée elle-même serait inscrite, serait constituée d'un « élément lumineux, éthéré qui serait l'élément dialectique des quatre matières »⁹³ sur lesquelles travaille l'imagination pour engendrer un monde imaginaire. En prenant le risque de rationaliser cette visée poétique, nous dirions volontiers qu'à « l'élément lumineux » il faut substituer un « élément numineux », une dimension transcendante et sacrée donc, mais réduite à l'Idée rationnelle et, au sens kantien, d'un entendement créateur qui contient la totalité des instants constitutifs de la Nature. Idée que nous avons déjà rencontrée chez Bachelard⁹⁴ et qui est heuristique pour la pensée rationnelle.

Ainsi, précisément, ce qu'interrogerait la (surveillance)⁴ c'est non pas la possibilité de réaliser une telle Idée, mais la valeur même de la recherche du point où se condense tous les grains du temps de la nature, dès lors que la pensée semble transcender tout intérêt vital et social.

IV

Nouménologie du sujet :

Temps horizontal des formes rythmiques

Hors de la ligne vitale, sur un instant, peut jaillir cette dimension verticale de l'esprit, distribuant le sujet, par une dialectique ontogénique, dans des feuillets ou des plans d'être superposés, du moins formel au plus formel, et qui ont à chaque fois leur rythme propre.

Ce sont ces plans d'être du sujet avec leurs formes et leurs rythmes propres qu'il convient maintenant de mieux décrire pour comprendre la façon dont le sujet peut se maintenir dans le plan d'une temporalité très lacunaire. Il restera ensuite à rendre compte du sentiment de continuité et d'unicité de notre durée.

Avant même de se saisir des formes rythmiques du sujet rationaliste, et au titre d'exemple pédagogique, on peut reprendre l'attitude de la feinte analysée par Bachelard pour nous faire saisir ce qu'il en est d'un « temps lacuneux », sans continuité substantielle, qui se maintient dans sa superposition au « temps vital ».

Feindre un sentiment suppose un recul et un jeu. Recul, par rapport à la dynamique vitale du sentiment. Jeu, car sans adhérer à la dynamique, il faut qu'un certain nombre d'instant du psychisme de la feinte viennent se prendre ou s'engrener dans la dynamique du sentiment que l'on feint. Comme on sait : « pour bien feindre, il faut précisément donner une impression de continuité à ce qui est essentiellement

⁹² *Ibid.*, p. 81.

⁹³ *Ibid.*, p. 81.

⁹⁴ Cf. *Supra*, Chapitre III, IV.

discontinu et disparate. »⁹⁵. D'où l'importance de la densité des instants, de leur régularité pour constituer des « déclics » afin que se produisent des coïncidences d'instant avec la gestuelle du comportement émotionnel qui aura toutes les apparences de l'authenticité, c'est-à-dire la capacité d'entraîner la modulation synchronique des émotions d'autrui pour autant que celui-ci possède les mêmes schèmes culturels de comportement.

Des « formes temporelles » plus lacuneuses de la feinte existent psychologiquement dans une psychologie exponentielle, et ce jusqu'à l'exposant 3. « Les feintes dépassant la (feinte)³ nous paraissent passer par des intermédiaires grammaticaux sans valeur psychologique »⁹⁶, nous dit Bachelard.

La (feinte)² consiste à prendre un recul par rapport à la forme rythmique de la (feinte)¹ ; précisément, il s'agira de donner une trop forte intensité à certains « déclics » de la (feinte)¹ ou bien encore d'en manquer d'autres. La densité des instants composant le niveau de la (feinte)² est donc moindre que celui de la (feinte)¹, mais il a son ordre, son rythme, sa densité, sans quoi cette attitude n'aurait ni cohérence ni identité.

La (feinte)³, dont une pure logique voudrait par négation de la négation la ramener à la (feinte)¹, possède un caractère temporel encore plus lacuneux et elle s'avère « instable »⁹⁷ sur le plan psychologique, c'est-à-dire difficilement tenable. Il semble qu'elle ne prenne un sens psychologique efficace pour celui qui l'exerce que s'il fait intervenir une tierce personne. Il ne s'agit plus en effet de faire semblant de feindre, mais de faire semblant de faire semblant de feindre. La semblance de (feinte)³ consiste à augmenter ou à diminuer exagérément l'intensité des instants de déclics de la (feinte)², voire à les annuler pour en substituer d'autres. Ainsi imaginons que nous « confions cette (feinte)² au discours, puis demandons au regard de se charger de la (feinte)³. Il le fera, par un clin d'œil, par un éclair bien placé. »⁹⁸

On remarque donc que la psychologie exponentielle de la feinte nous livre des niveaux d'être qui ont des temporalités propres. Chaque niveau a des « schémas de déclics » pour le niveau inférieur qui constitue comme une « matière » pour le niveau supérieur qui vaut alors comme « forme ». Au plan vital, celui de l'action, les « schémas moteurs »⁹⁹ répondent à ces déclics ; et la réponse n'est pas nécessairement accomplie en pleine conscience. Bachelard indique le somnambulisme avec lequel peut se dérouler le comportement : « pris sous la domination de son schème de déclics, un schème moteur n'est bientôt plus qu'un organe inconscient. »¹⁰⁰ Chaque temps propre, dès la deuxième ou la troisième superposition, « a ses propres motifs d'enchaînement »¹⁰¹ ; bref : il a une forme, un groupe rythmique d'instant avec leur ordre, leur place, leur

⁹⁵ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 103.

⁹⁶ *Ibid.*, p. 107.

⁹⁷ *Ibid.*, p. 106.

⁹⁸ *Ibid.*, p. 108.

⁹⁹ *Ibid.*, p. 73.

¹⁰⁰ *Ibid.*, p. 73.

¹⁰¹ *Ibid.*, p. 110.

densité constitutifs comme tels d'un groupe, d'une totalité périodique reproductible dont la causalité trouve son origine dans l'intellect.

Venons-en enfin au sujet rationaliste et à la « forme rythmique » typique d'un noumène ou, plus amplement, d'une axiomatique. Ce qui n'épuise pas les niveaux temporels du sujet rationaliste comme les dédoublements réflexifs de la « surveillance de soi » en témoignent. Mais Bachelard n'est pas entré dans le détail de ces temporalités, dont on sait seulement qu'elles ont un caractère de plus en plus lacunaires à mesure qu'elles sont plus formelles, c'est-à-dire d'un niveau supérieur. Le sujet rationaliste qui se constitue dans un processus de dépsychologisation par l'émergence de pensées rationnelles dont la discursivité est apodictique, est précisément conscient d'être maître d'une « forme », d'un ordre apodictique de pensées rationnelles dont la succession ordonnée est réitérable en éliminant la contingence des durées historiques de leur acquisition et la contingence de la durée de leur déroulement expressif. A ce niveau d'émergence « au lieu de la chronologie de la pensée assertorique s'établit une chronotechnique de la pensée apodictique. »¹⁰² Autrement dit : le sujet rationaliste, en reprenant les enchaînements apodictiques des événements intellectuels, consolide une « forme rythmique » équivalente à un « robot psychologique »¹⁰³ qui rationalise la mémoire¹⁰⁴ et qui donne à la pensée scientifique une vitesse plus grande ainsi qu'une « aisance » ou encore une « euphorie »¹⁰⁵ psychologique « qu'on pourrait bien appeler l'énergie rationnelle. »¹⁰⁶

Une nouménologie est une rythmologie qui, dans les sciences physiques et chimiques contemporaines, ne se limite pas à « détemporaliser le travail de pensée pour le retemporaliser et obtenir les fulgurances de la démonstration rationnelle. »¹⁰⁷ Dans la mesure où les « formes rythmiques » se superposent depuis les niveaux physiques jusqu'aux niveaux psychologiques supérieurs du sujet rationaliste en passant par les niveaux vitaux, et qu'aucune durée substantielle n'a d'efficacité propre, comme en témoigne exemplairement la physique quantique, la « forme rythmique » des pensées apodictiques peut s'engrener, par la médiation d'un instrument technique, sur une « forme rythmique » de la nature dont la durée de déroulement peut éventuellement être accélérée ou ralentie, puisque ce qui est principalement en jeu c'est la superposition de deux ordres d'événements instantanés par la correspondance ou la coïncidence de certains de ces événements instantanés, c'est-à-dire une mise en phase stroboscopique sur le plan instrumental.

L'ontogénie du « matérialisme technique » de la science physique et chimique contemporaine, en réalisant des rythmes nouménologiques par la médiation des temps,

¹⁰² *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 26.

¹⁰³ *Ibid.*, p. 25.

¹⁰⁴ La « mémoire rationalisée » est « rendue plus alerte par l'élimination de tout souvenir de durée pour ne garder que le souvenir de l'ordre des éléments. » Cf. *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 74.

¹⁰⁵ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 76.

¹⁰⁶ *Ibid.*, op.cit, p. 76.

¹⁰⁷ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 27.

des rythmes réglés des instruments scientifiques, brise¹⁰⁸ la prétendue durée substantialiste de la Nature tout en produisant par « déclics » la succession causale des phénomènes.

Seules les multiples formes rythmiques des temporalités superposées ont une densité ontologique. Les intervalles entre les instants d'un niveau de temporalité donné sont des néants. C'est seulement par rapport à un niveau de temporalité inférieure dont les instants sont plus denses et les rythmes plus rapides que les intervalles du niveau supérieur prennent une consistance ontologique. Il n'y a donc pas une durée, mais des durées. Et ces durées sont formées par des rythmes d'instant.

Au réalisme ontologique de la durée continue est substitué le réalisme ontologique des rythmes temporels superposés hiérarchiquement sur un axe vertical et dont les déroulements sur un axe horizontal donnent lieu à des correspondances d'instant dont le sujet peut être le maître au sein de sa propre psychologie. C'est, très ordinairement, ce qui se produit lorsque nous sommes réveillés et que l'adaptation à la réalité extérieure nécessite le synchronisme des rythmes de nos sens et, particulièrement, du rythme de la vision et de celui de la parole¹⁰⁹. « Au contraire, rêver c'est désengrener les temps superposés. »¹¹⁰

De manière moins ordinaire, c'est également ce qui se produit lorsque la pensée assertorique est « informée » par l'ordre apodictique des pensées rationnelles et que la durée de la pensée assertorique se glisse, se moule dans le « schéma rythmique » qu'est cet ordre intellectuel et qu'elle gagne en vitesse d'exécution dans l'enchaînement des pensées au point d'être « robotisée », « automatisée ».

V

La durée continue comme métaphore

Fort de cette description nouménologique de la réticulation des temporalités du sujet on peut en revenir, comme nous l'indiquions au début de ce chapitre, à la phénoménologie du vécu de la continuité psychique comme durée substantielle de notre être. A strictement parler, il s'agit là d'une « métaphore »¹¹¹.

En effet, une métaphore est, étymologiquement, un déplacement d'un plan vers un autre plan. Et, précisément, on peut croire à la continuité du temps, à la durée continue et substantielle, à partir du « point de vue »¹¹² psychologique d'un plan temporel sur un autre plan temporel supérieur, engrené au sous-jacent par quelques coïncidences et correspondances de leurs instants constitutifs.

¹⁰⁸ « Faire correspondre deux ordres, c'est leur donner même loi de succession. La correspondance une fois effectuée, la durée ne sert plus à grand-chose. » Cf. *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 64.

¹⁰⁹ Bachelard, dans *La Dialectique de la durée* confie un rêve où le rythme de la vue se désaccorde du rythme de la parole. Il continue à parler au propriétaire de la maison qu'il loue, alors que son interlocuteur se métamorphose. Le propriétaire devient un inconnu.

¹¹⁰ *La Dialectique de la durée*, op.cit, p. 98.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 112.

¹¹² *Ibid.*, p. 111.

Si on décrit psychologiquement pour lui-même chaque plan temporel du sujet, on découvre non pas la continuité d'une durée, mais la discontinuité d'instant groupés selon un ordre rythmique. Les temps superposés, considérés intrinsèquement, seront caractérisés par leur « constances », mais non une « continuité ». Bachelard le souligne comme une des thèses essentielles de sa philosophie temporelle : « les temps idéalisés ont alors des constances sans cependant avoir une continuité. »¹¹³ Et ces « constances » sont, précisément, les « formes rythmiques » propres à un plan temporel et à sa dialectique d'instant pleins et d'intervalles vides.

En revanche, cette dialectique d'être et de néant, cette discontinuité temporelle de chaque niveau d'émergence du sujet pris dans son déroulement horizontal, n'est plus aperçue, dès lors que ces temps superposés sont éprouvés, à partir d'un plan inférieur, dans une composition de ces plans temporels superposés ; composition qui se présente comme une synthèse de rythmes qui se synchronisent. Ainsi « le temps a une épaisseur. Il n'apparaît continu que sous une certaine épaisseur, grâce à la superposition de plusieurs temps indépendants. »¹¹⁴

Dans la feinte, par exemple, dont les exponentiations montrent le caractère de plus en plus lacuneux, l'impression de continuité qui est essentielle à sa réussite, vient du plan moteur de l'exécution, du plan même de la vie motrice. De même, lorsqu'on atteint le (cogito)³, le rythme temporel de son apparition est tellement lent et « lacuneux » par rapport à des plans temporels inférieurs que l'impression de continuité temporelle procèdera de la composition de ce temps lacuneux avec tous les plans sous-jacents jusqu'au temps transitif de « la vie, peut-être [de] la pensée primaire. »¹¹⁵

De manière plus précise, l'impression de continuité ne se produit « jamais dans le plan où l'on exerce un examen particulier »¹¹⁶, mais toujours à partir du point de vue temporel qui joue le rôle de « matière » par rapport à la « forme rythmique » d'un ou de plans supérieurs, et dont les instants constitutifs, en plus grande densité, s'intercalent ou se glissent dans les intervalles des instants du ou des plans supérieurs, tout en ayant un rythme qui se synchronise avec le rythme du plan ou des plans supérieurs .

« Les phénomènes de la durée sont construits avec des rythmes. »¹¹⁷ La continuité psychique n'est donc pas une donnée irréductible. Elle procède d'une « œuvre »¹¹⁸, d'une construction qui reste inaperçue car, naïvement, nous rabattons tous les temps superposés du « temps vertical » sur le « temps transitif » de la vie, des passions , de l'exécution des actions ; ou encore, cette construction est inaperçue comme telle parce que c'est toujours d'un point de vue déplacé, métaphorique, c'est-à-dire du point de vue

¹¹³ *Ibid.*, p. 110.

¹¹⁴ *Ibid.*, p 92.

¹¹⁵ *Ibid.*, p. 102.

¹¹⁶ *Ibid.*, VII.

¹¹⁷ *Ibid.*, IX.

¹¹⁸ *Ibid.*, VIII et p. 77.

d'un psychisme subalterne et déjà informé par un « cadre temporel »¹¹⁹, par une « forme rythmique », que nous éprouvons le temps.

La psychologie ne peut donc faire fond sur une telle intuition de la continuité du temps pour élaborer, à la manière de Bergson, une ontologie de la durée substantielle. D'ailleurs, si la durée continue n'est qu'une métaphore, qu'un point de vue depuis un plan temporel sur d'autres plans temporels superposés dont chacun est constitué d'instant discontinus, alors c'est tout le « cycle formé de métaphores »¹²⁰ propres au langage de la durée continue qui s'évanouit en prenant le statut d'illusion psychologique ; car ce cycle, en effet, provient lui-même d'une métaphore, inaperçue comme telle, des rythmes d'instant superposés.

Ainsi la vie sentimentale, la vie biologique, la boule de neige sur une pente, sont autant de « métaphores » de la « durée continue » que Bergson peut croire fondées en ce qu'elles seraient précisément des manifestations et des expressions d'une « durée ontologique » et « substantielle ».

Mais ce « cycle de métaphores » n'a rien de fondé sur un plan ontologique. Encore une fois, les durées continues, censées être homologues, et qui renvoient les unes aux autres, cachent et masquent à la fois une métaphore inaperçue. Sous chaque métaphore de la durée continue, on peut trouver la métaphore de rythmes d'instant superposés, car la durée continue n'a rien d'ontologique et n'est elle-même qu'une métaphore de rythmes. Bachelard peut ainsi s'ingénier à montrer qu'une mélodie musicale est discontinue, mais, dans la mesure où sa forme rythmique s'engrène sur la temporalité psychique subalterne des émotions et des sentiments, celle-ci apparaîtra, depuis ce plan temporel subalterne, comme continue : « l'action musicale est discontinue ; c'est notre résonance sentimentale qui lui apporte la continuité. »¹²¹

À cette considération, qui porte sur la thèse essentielle de Bachelard, il faut ajouter que, si la psychologie veut intégrer la « psychologie exponentielle » pour élaborer une psychologie du réseau de temporalisation du sujet, alors elle devra cesser d'être fascinée par Freud et son « exploration achéronique »¹²² qui « veut sentir la pensée aux sources de la vie, au niveau des flots pressés de la vie. »¹²³ Car, à ce niveau, domine le « temps transitif », le temps de la vie dont la densité des instants approche la puissance du continu. À « l'exploration achéronique », il faudrait substituer ce que nous pourrions appeler « l'exploration étherontique »¹²⁴, celle de la « psychologie exponentielle » qui distribue le sujet sur plusieurs niveaux d'être, plusieurs niveaux

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 78.

¹²⁰ *Ibid.*, p. 112.

¹²¹ *Ibid.*, p. 116.

¹²² *Ibid.*, p. 111. L'expression se justifie par la référence à l'Achéron de la mythologie grecque. C'est un fleuve qui circule souterrainement aux Enfers, dans l'Hadès. Selon Bachelard, il peut caractériser l'inconscient : tout l'aspect nocturne de notre psychisme, jusqu'aux régions de notre vitalité la plus obscure à notre conscience.

¹²³ *Ibid.*, p. 111.

¹²⁴ Cette expression, symétrique de celle d'« exploration achéronique », nous paraît justifiée puisque l'éther est un fluide extrêmement subtil, censé être au-dessus de tous les corps et qui symbolise l'élévation de l'esprit vers quelque chose qui le transcende.

d'émergence temporelle dont chacun, pris en lui-même, révèle une discontinuité des grains du temps, des rythmes d'instant dont la fréquence d'apparition, rapportée aux plans inférieurs, est de moins en moins élevée.

Contre les « métaphores de la durée » Bachelard a donc substitué le « réalisme du rythme ». Ce « réalisme du rythme », couplé à une « psychologie exponentielle », prend la forme d'une description nouménologique de la temporalité du sujet qui rend compte de l'ontogénèse du sujet en le distribuant, sur un temps vertical, en multiples « feuillets » ou « niveau d'émergences » de rythmes temporels hiérarchiquement superposés et se déployant sur un « axe horizontal » selon des correspondances d'instant, des synchronismes de rythmes dont le sujet peut, en maître, donner l'allure harmonique sans se fonder sur une quelconque durée continue.

VI

La nouménologie du sujet rationaliste

Quant au sujet rationaliste, s'il n'est pas le tout temporel du sujet, il en est cependant une émergence ontologique ou, plutôt, selon la psychologie exponentielle de surveillance intellectuelle de soi, il est une série d'émergences de l'esprit qui pluralisent les temporalités du sujet, et donc ses instances dialogiques au-delà d'une simple structure duelle. Depuis les « sources achéroniques » de la vie, jusqu'au « ciel étherontique » de l'esprit, depuis les impulsions sourdes de la vie jusqu'à « la zone de tous les dangers » où l'esprit tente d'être *cause de soi*, via l'émergence de la « personne », le sujet est ainsi pluralisé, configuré, constitué, consolidé par l'esprit scientifique comme un « tissu de temporalités » : son ontogénie est une réticulation, plus ou moins harmonieuse, de rythmes temporels.

Sur cette ontogénie, une précision, héritée de la conception bachelardienne du non-kantisme de la structure, s'impose. Il faudrait se garder de croire que cette ontogénie est l'accès du sujet à un réseau structurel *a priori* définitif et universel.

Le réseau temporel des instances de production de différents rationalismes régionaux, du rationalisme général et des instances de surveillance intellectuelle de soi, c'est-à-dire l'ensemble des « structures dialogiques », constitue le noumène du sujet épistémique au stade du normativisme.

Ce réseau structurel émerge dans une culture de la « cité scientifique » par la constitution du sujet en rationalité et sa distribution en diverses instances de surveillance intellectuelle. Il finalise la pédagogie de l'esprit scientifique. Mais la nouménologie, qui décrit anatomiquement et physiologiquement le réseau des « structures dialogiques » du sujet épistémique, leur confère le statut non pas de structures *a priori* définitives, mais le statut d'un *a priori* fonctionnel. Entendons, de manière plus précise, que ces structures ne sont ni universelles ni nécessaires inconditionnellement. Elles ne sont pas universelles au sujet général, mais spécifique au sujet rationnel, qui reste lui-même une conquête individuelle et collective à partir de la culture de la « cité scientifique ». Non

nécessaires inconditionnellement, c'est-à-dire non définitives et absolues ; car, même si ce réseau de structures a une stabilité apparente au niveau du normativisme d'un savoir (au-delà du « catharsisme » et de « l'auto-pédagogisme »), qui repose sur des axiomatiques dans diverses régions du savoir avec des garanties d'objectivité données par l'expérimentation, il reste que les « structures dialogiques » peuvent se dédoubler en structures plus fines. La nouménologie du sujet épistémologique est « ouverte », le réseau est variable, et la variation procède d'un enrichissement du savoir, d'un contrôle des méthodes, des axiomatiques qui fondent provisoirement le savoir. Ce réseau, décrit par la nouménologie, peut sembler formel ; mais il ne faut pas oublier que l'acquisition de ce réseau structurel ne peut se faire qu'en prise avec les contenus de connaissance au sein de la « cité scientifique » ou encore à l'école ou l'université qui donnent l'occasion d'une dialectique interne de dépsychologisation et de division du sujet pour qu'il se distribue en de multiples instances dialogiques de production du savoir, à partir d'un corps de concepts et de la surveillance intellectuelle de soi.

La nouménologie du sujet épistémique fonde et finalise, par son caractère normatif, l'ontogénie de ce « sujet impersonnel » qu'est le « sujet épistémique ». Non seulement elle rend compte de sa constitution au dessus du sujet empirique, mais également elle rend compte de sa pluralisation, de sa distribution en niveaux temporels et ontologiques ouverts sur leurs propres transformations, — en quoi consistent le progrès même des sciences vers la vérité.

Chapitre VI

Rationalisme appliqué et matérialisme technique

I

De la fondation de la science exacte

L'épistémologie de Bachelard n'est pas monolithique. On ne saurait la qualifier d'un terme philosophique à l'exclusion de tout autre. Sa philosophie des sciences est une « philosophie dialoguée »¹. La physique et la chimie ont deux pôles philosophiques en dialogue. La physique, par exemple, est « un véritable *champ de pensée* qui se spécifie en mathématiques et en expériences. »²

La qualification de l'épistémologie de Bachelard comme « réalisme instruit », « réalisme de seconde position » ou encore de « matérialisme technique » est donc insuffisant. En tant que réalisation de noumènes, il est fortement couplé aux mathématiques, c'est-à-dire au pôle philosophique du « rationalisme » qui informe une expérimentation précise; ce pourquoi ce « rationalisme » est caractérisé comme « appliqué ». Et c'est par là qu'il acquiert son objectivité.

Rendre compte de l'esprit scientifique en acte, c'est donc se placer dans la « position centrale »³ de la dialectique entre mathématicien et expérimentateur, entre « rationalisme appliqué » et « matérialisme technique ».

Nous avons constamment, au cours des chapitres précédents, rencontrés ce rationalisme couplé au « réalisme instruit ». Et ce, nécessairement, puisque le « vecteur épistémologique » « va sûrement du rationnel au réel et non point, à l'inverse, de la réalité au général »⁴, et que l'intensité la plus grande de l'activité scientifique implique précisément la dialectique entre le réel scientifique, comme « raison réalisée »⁵, et la raison, comme information essentiellement mathématique des phénomènes réels.

Une épistémologie adéquate à la physique et à la chimie contemporaines se doit de relever les caractéristiques de ces deux pôles du « champ de pensée » de la physique. Ce dont Bachelard s'acquitte plus fréquemment pour le pôle « rationaliste » que pour le pôle « réaliste »⁶.

¹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.1.

² *Ibid.*, p. 1.

³ *Ibid.*, p. 2.

⁴ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 8. Egalement, *La Philosophie du non*, op.cit, p. 6 : « une des deux directions métaphysiques doit être majorée : c'est celle qui va du rationalisme à l'expérience. »

⁵ *Le Nouvel esprit scientifique*, p. 9.

⁶ Un excellent commentateur de Bachelard rend compte de l'évolution de la pensée épistémologique de ce dernier comme par une « conversion au rationalisme », en soulignant avec justesse l'abandon conjoint des ontologies « idéaliste » et « réaliste » ; entendons : l'abandon du « sujet fondateur » et du « réalisme vulgaire », ou encore du « réalisme philosophique » de Meyerson. (Cf. J.C Pariente, « **Rationalisme et ontologie chez Gaston Bachelard** », in *Gaston Bachelard, profils épistémologiques*, sous la direction de Guy Lafrance, Presses de l'université d'Ottawa, 1987). Mais, ce dernier, sous l'expression de « rationalisme appliqué », — expression qui, chez Bachelard, recouvre parfois la signification de « matérialisme technique » (cf. *Le*

L'exposition des caractéristiques du « rationalisme appliqué » que nous nous proposons d'effectuer, en l'associant à un rappel de la « psychologie nouménologique », va mettre en lumière le statut de la raison et, plus précisément, l'originalité de la « psychologie de la raison » de l'esprit scientifique dont la dynamique de « dépsychologisation continuée », la « dialectique de psychologisme et de non psychologisme »⁷, à la source même de toute rationalité, interdit de fonder la science, la rationalité scientifique, tout aussi bien dans un « psychologisme » que dans un « antipsychologisme radical » ; que ce dernier soit issu d'une « philosophie de la conscience » (Husserl) ou d'une « philosophie du concept » (Cavaillès).

Mais la négation de ces fondements⁸, dont l'argumentation critique mérite elle-même exposition, dessinera une forme en creux dont on tirera comme principal bénéfice celui d'interroger avec pertinence la conception épistémologique que Bachelard se fait de la construction des sciences, de leur progrès et de leur *fondation*. C'est précisément depuis la description adéquate de ce mouvement de construction des sciences, qui implique le *philosophisme* du « rationalisme appliqué » et du « matérialisme technique », bien au delà de sa fonction de réduction du « psychologisme », vers des émergences rationnelles et techniques, que nous aurons quelque chance de pointer vers un *fondement* des sciences, propre à l'épistémologie de Bachelard, et qui ne soit extrait ni d'une « philosophie de la conscience » ni d'une « philosophie du concept ».

II

Les caractéristiques du « rationalisme appliqué »

Les caractéristiques du « rationalisme appliqué » sont exposées par Bachelard, de manière systématique, dans une séance à la Société Française de Philosophie. Elle date de mars 1950. Bachelard est au faite de sa conception du « rationalisme appliqué ». Cette conception est stabilisée et ne subira plus de modifications dans les œuvres ultérieures.

Cette conception du « rationalisme appliqué », puisqu'elle se couple avec celle du matérialisme technique, doit beaucoup à l'évolution du concept de réalisme ; c'est-à-dire au refus du réalisme vulgaire, naïf, immédiat, ainsi qu'au refus du « réalisme

Rationalisme appliqué, op.cit, p.4), et donc celle de « réalisme instruit », — ne voit plus avec netteté et rigueur les deux philosophèmes centraux de la science en acte ; à savoir, le couple « rationalisme appliqué » / « réalisme technique ». En d'autres termes, le « rationalisme appliqué », compris comme « *polyphilosophie* » (cf. **Le Rationalisme appliqué**, op.cit, p. 7), absorbe le « réalisme technique ». Mais, du coup, J.C Pariente néglige la pertinence d'un certain « réalisme » de portée ontologique, comme caractéristique essentielle de l'épistémologie de Bachelard. Nous donnons raison à J. Gayon dans les nuances qu'il apporte à la thèse de Pariente : « il ne nous semble pas adéquat de conclure que les deux ontologies aient subi exactement le même sort. L'idéalisme a été congédié sans rémission ; il n'y a point place pour un sujet dans l'épistémologie bachelardienne. Le réalisme a été réinterprété : Bachelard, au terme de ses critiques, assume un certain concept de Réalité, affranchi de celui de Chose. Dans le réalisme scientifique version Bachelard, la Réalité, c'est du noumène techniquement réalisé. » (J. Gayon, **Bachelard : le rationalisme appliqué**, CNED, 1994, p. 23.).

⁷ **Le Rationalisme appliqué**, op.cit, p. 12.

⁸ Si l'expression à quelque sens pour le « psychologisme » qui serait plutôt la négation même du statut normatif de la science.

philosophique » de Meyerson, au profit de l'introduction d'un « réalisme inédit »⁹, selon l'expression de J. Gayon, et qui est précisément un réalisme de seconde position : un réalisme transplanté vers la réalisation technique sans irrationalité de la rationalité mathématique des noumènes.

Mais cette conception du « rationalisme appliqué », considérée avant tout comme désignant le pôle de l'information rationnelle de l'expérience¹⁰, provient principalement d'une mise en cause de la raison et du sujet substantiel ou fonctionnel, censé être le support de cette raison ou encore l'origine d'une quelconque intuition des « essences » constitutives de la réalité. Dans *Le Rationalisme appliqué*, il soutient avec vigueur que « le rationalisme n'est nullement solidaire de l'impérialisme du sujet. »¹¹

Cette mise en cause de l'idéalisme peut être saisie dans son évolution en reprenant les raisons de rupture qu'expose, avec discernement, J.C Pariente¹². Deux lignes de méditations, nous dit-il, sont à l'œuvre chez Bachelard : l'une, épistémologique ; l'autre, de psychologie métaphysique.

Épistémologiquement, Bachelard traite des obstacles épistémologiques pré-scientifiques et des obstacles épistémologiques intra-scientifiques. Concernant les premiers, la psychanalyse de la connaissance scientifique a pour fonction de débarrasser le sujet des obstacles de « l'affectivité des convictions », de le libérer d'une prétendue connaissance première, et de convertir ses intérêts dans le but d'accéder à la connaissance scientifique. Bref, la psychanalyse de la connaissance objective indique les conditions de la « conversion rationaliste »¹³, car « le je sans préparation ne saurait être le centre de la phénoménologie scientifique et sa préparation est une véritable conversion par laquelle doivent être détruits les intérêts immédiats. »¹⁴ Quant aux seconds, les obstacles intra-scientifiques, ils concernent le progrès interne de la connaissance scientifique. Ils consistent dans une information rationnelle inadéquate pour comprendre un fait. Dès lors, une rectification de la connaissance s'impose ou, plutôt, des « rectifications » se sont déjà imposées puisque la pensée n'est vraiment scientifique qu'« en aval des premiers barrages »¹⁵, après plusieurs « rectifications »¹⁶. Il peut arriver que l'esprit doive forcer la raison à changer sa propre structure, c'est-à-dire à se réorganiser de telle sorte qu'il ne saurait y avoir de raison immuable non plus que de sujet épistémique préalable aux rectifications de ses premières connaissances. et au développement des sciences.

⁹ J. Gayon, *Bachelard : le rationalisme appliqué*, op.cit, p. 22.

¹⁰ Il arrive à Bachelard, nous l'avons noté, de considérer l'expression « rationalisme appliqué » comme synonyme du doublet : rationalisme appliqué / matérialisme technique. Ce glissement trouve sa justification dans le fait que le terme premier du doublet est lui-même double et qu'il indique que le rationalisme ou les informations rationnelles « sont déjà des moments de [cette] l'expérience. » (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 3)

¹¹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 8.

¹² Cf. *Supra*, chap. VI, note 6.

¹³ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 127.

¹⁴ *Ibid.*, p. 127

¹⁵ *Ibid.*, p. 112.

¹⁶ *Ibid.*, p. 112.

Dans « *L'idéalisme discursif* », texte de 1934, Bachelard s'interroge et répond : « où trouver [alors] le sujet pur ? Comment puis-je me définir au terme d'une méditation où je n'ai cessé de déformer ma pensée ? Ce ne peut être qu'en poursuivant jusqu'à la limite cette déformation : je suis la limite de mes illusions perdues. »¹⁷ « L'orthopsychisme »¹⁸ est une conquête de l'esprit, et le sujet est donc constitué en rationalité par une véritable « reconstruction »¹⁹, qu'on « désigne mal quand on imagine un sujet fondamental simplement modifié par la culture. Si un sujet se saisit clairement et distinctement, c'est qu'il a pu se rectifier de fond en comble. »²⁰ Le cogito épistémique est le produit de l'élan dynamique et discursif de l'esprit.

Mais si le sujet est construit en rationalité, ce n'est pas pour dire qu'il accède à la structure d'une raison immuable. La raison elle-même n'est plus « absolue et immuable »²¹. C'est là une « philosophie périmée »²². C'est l'esprit qui construit une axiomatique des conditions du savoir dont la fonction de construction de concepts, tant en mathématique, qu'en physique et en chimie, impose des transformations au niveau même des conditions de la raison en fonction des problèmes qu'elle rencontre et suscite. « La raison doit obéir à la science. »²³ Mais ce n'est pas dire que la raison s'autodétruit pour laisser place à une nouvelle raison. La raison se complexifie : elle intègre ce qu'elle dépasse en l'éclairant et le situant, comme lorsque la géométrie euclidienne fit place aux géométries non-euclidiennes et à une pangéométrie par l'axiomatisation des groupes géométriques. Telle est d'ailleurs le sens du « non » de la « philosophie du non », qui n'est pas « une attitude de refus, mais une attitude de conciliation »²⁴ qui peut prendre la forme d'une « généralisation dialectique »²⁵ incluant ce qu'elle nie, ou bien la forme de la conciliation de la mécanique ondulatoire et corpusculaire en microphysique²⁶.

Les caractéristiques essentielles de l'idéalisme subjectif, à savoir un *ego* originellement constitué pourvu d'une structure intellectuelle *a priori* et immuable ou encore pourvu d'idées simples et absolues dont la composition forme un monde²⁷, sont éliminées comme inadéquates à la pensée scientifique.

¹⁷ « **L'Idéalisme discursif** » (1934-1935), in *Etudes*, Vrin, 1970, p. 97.

¹⁸ *Ibid.*, p. 91.

¹⁹ *Ibid.*, op.cit, p. 92.

²⁰ *Ibid.*, op.cit, p. 92.

²¹ *La Philosophie du non*, op.cit, p. 145.

²² *Ibid.*, p. 145.

²³ *Ibid.*, p. 144.

²⁴ *Ibid.*, p. 16.

²⁵ *Ibid.*, p. 137.

²⁶ Cf. *Ibid.*, p. 137.

²⁷ « L'idéalisme immédiat est encore fautif sur le terrain objectif quand il prétend prendre l'idée comme un absolu qu'on peut dégager par une analyse, alors qu'une idée est toujours solidaire de corrélations. » « **L'Idéalisme discursif** », in op.cit, p. 93. La nouménologie définit un concept par ses relations avec d'autres concepts, et du côté du réel scientifique règne un « réalisme des relations » puisqu'un être est une « texture d'attributs ». Point déjà aperçu dans les chapitres précédents et sur lequel nous allons revenir à travers la notion « d'apodicticité de relation ».

Les méditations métaphysiques sur le temps et la psychologie temporelle du sujet constituent également une autre ligne d'attaque en règle contre les caractères fondamentaux de l'idéalisme subjectif. Depuis *L'Intuition de l'instant*, où est retenu le « point-événement » comme être du temps dont la caractéristique essentielle est alors la discontinuité, via *La Dialectique de la durée* où le sujet se distribue ontologiquement en multiples niveaux de « rythmes d'instant » plus ou moins en correspondance harmonieuse les uns avec les autres, jusqu'aux dédoublements réflexifs de la « surveillance intellectuelle de soi » dans *Le Rationalisme appliqué*, le sujet perd sa continuité, son unité et son identité simple, — fût-elle celle, entièrement fonctionnelle, du sujet transcendantal kantien qui schématise ses catégories dans un temps donné, formel, continu et infini. Si donc une forme d'idéalisme est préservée, cet idéalisme n'est plus « immédiat »²⁸, mais médié, construit par l'esprit. Il est, exactement, un « idéalisme discursif »²⁹ qui s'appuie sur la force, l'élan de l'esprit, — terme préféré à celui de « sujet » qui n'est dès lors qu'une figure statique, qu'une strate ou un feuillet ontogénique, — pour refuser l'ordre vital et social, pour surveiller intellectuellement sur les deux bords du savoir (rationnel et expérimental), ou encore pour problématiser dans un « rationalisme questionnant », les axiomatiques de la pensée scientifique et les finalités mêmes de la pensée lorsqu'elle ne semble plus recevoir ses impulsions que d'elle-même.

Cependant, à l'expression même d'« idéalisme discursif » Bachelard préférera le terme de « rationalisme » ; terme plus ample pour désigner l'information rationnelle détachée de la fixité d'un *ego*, et qui sera déclaré, dès 1934, d'une part, « ne plus être un rationalisme fermé »³⁰ et, d'autre part, être un rationalisme de « réalisation du rationnel »³¹ ; ce que l'on sait depuis le fameux article de 1931 : « *Noumène et microphysique* ». Bref, ce rationalisme est une « philosophie ouverte »³² sur la modification des principes rationnel, — ce pourquoi, dès 1936³³, il parle de « rationalisme ouvert », — et il est « appliqué » puisqu'il a « besoin d'application »³⁴ et que le « monde scientifique est (donc) notre vérification »³⁵.

Dans la trilogie du « *Rationalisme appliqué* », du « *Matérialisme rationnel* » et de « *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine* », Bachelard a stabilisé sa conception du « rationalisme appliqué » pour la physique et la chimie. On y trouve, en ordre dispersé dans les chapitres, toutes les caractéristiques. En revanche, comme nous

²⁸ *Ibid.*, p. 92.

²⁹ L'expression disparaît après 1936, c'est-à-dire après *La Dialectique de la durée* ; œuvre dans laquelle il écrit encore : « l'idéalisme discursif et hiérarchique que nous défendons n'est pas limité à ce plan réaliste unique. » (cf. *Op.cit.*, p. 101), c'est-à-dire au plan psychologique d'une continuité temporelle. Même si l'idée d'« idéalisme discursif » demeure, le mot « idéalisme » est trop entaché d'une référence au sujet fondateur, que congédie Bachelard.

³⁰ *Le Nouvel esprit scientifique*, *op.cit.*, p. 7.

³¹ *Ibid.*, p. 8.

³² *La Philosophie du non*, *op.cit.*, p. 7.

³³ « *Le Surrationalisme* » (1936), in *L'Engagement rationaliste*, 1972, p. 12 ; « *De la nature du rationalisme* » (1950), in *L'Engagement rationaliste*, *op.cit.*, p. 52.

³⁴ *Le Nouvel esprit scientifique*, *op.cit.*, p. 8.

³⁵ *Ibid.*, p. 15.

l'indiquions, la séance de mars 1950 devant la Société Française de Philosophie opère une recension systématique, puisqu'elle porte sur la nature même du rationalisme le plus adéquat aux sciences physiques et chimiques en acte.

On peut repérer six caractéristiques de ce rationalisme.

1) La philosophie rationaliste est « une philosophie du recommencement »³⁶, mais « qui ne peut pas recommencer ce qu'elle a fait hier. »³⁷. Elle prône donc « une réorganisation »³⁸ incessante du savoir. C'est dire que l'esprit animé au réveil d'une force vive, d'un « tonus rationaliste »³⁹, réassume discursivement sa propre culture rationaliste, les bases axiomatiques de son savoir. Il ne s'agit pas de reprendre en *répétant*, mais il s'agit de *réassumer*, à partir des bases, une déduction contrôlée, surveillée dont « la surveillance intellectuelle de soi » nous fournit la description dynamique. Le recommencement s'apparente à un renouvellement de pensée. La mémoire rationnelle s'entretient, sinon elle déchoit et, perdant les liens apodictiques des concepts, elle devient empirique : conscience de résultats sans valeur démonstrative. En revanche, si la culture rationaliste est effectivement réassumée, dans et par une mémoire rationnelle consolidée, alors « je vais arriver assez rapidement au point où je dois faire un travail utile. »⁴⁰ L'esprit peut se porter à l'énoncé d'un problème ou, plus modestement, au seuil d'une possible problématisation.

Mais si le rationalisme est sous le signe du « re » : « recommencer », renouveler », « réorganiser »⁴¹, est-ce à dire qu'il ne commence pas quelque part ? Bachelard assume cette thèse : « le rationalisme est une philosophie qui n'a pas de commencement ; le rationalisme est de l'ordre du recommencement. »⁴² Autrement dit, il suppose déjà une « conversion rationnelle »⁴³ de l'esprit et un début de rectification des pensées sur un axe d'objectivation du réel pour déterminer clairement et objectivement un objet. « L'esprit scientifique ne peut se constituer qu'en détruisant l'esprit non scientifique »⁴⁴, en corrigeant les erreurs subjectives inhérentes au « sujet personnel »⁴⁵. Il convient donc de considérer le « rationalisme appliqué » dans son mouvement, dans son progrès et non dans un commencement. Une telle recherche d'un commencement serait parfaitement inutile pour une philosophie rationaliste qui se veut « au travail » en favorisant le progrès des sciences. De plus, cela serait sans pertinence puisque ce commencement n'a rien d'une origine, d'une source de laquelle le rationalisme découlerait sans cesse. La réorganisation des bases du savoir par le « normativisme » et le « pédagogisme », averti des multiples obstacles à la « conversion rationnelle », donnent historiquement et

³⁶ « **De la nature du rationalisme** », in *L'Engagement rationaliste*, PUF, 1972, p. 49.

³⁷ *Ibid.*, p. 49.

³⁸ *Ibid.*, p. 49.

³⁹ *Ibid.*, p. 48.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 49.

⁴¹ *Ibid.*, p. 50.

⁴² *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 122-123. Egalement : p. 112.

⁴³ « **L'Idéalisme discursif** », in op.cit, p. 90.

⁴⁴ *La Philosophie du non*, op.cit, p. 8.

⁴⁵ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 127.

socialement de nouveaux commencements au rationalisme. Aussi, à l'objection d'un « recommencement », qui suppose logiquement un « commencement », Bachelard répond que : « ces idées d'origine, ces organisations d'origine, dans le domaine scientifique où je me place, elles sont jugées par le progrès des pensées rationalistes, par le progrès de la pensée scientifique; et par conséquent, il ne faut qu'une chiquenaude pour renvoyer au passé ce qui vraiment au point de vue scientifique est complètement révolu. »⁴⁶

2) Le rationalisme est « une philosophie au travail »⁴⁷. C'est dire que le rationalisme est opérant, fécond dans l'esprit scientifique actuel. Il enjoint l'esprit à confronter les informations rationnelles, plus ou moins axiomatisées, avec les phénomènes de la nature pour en mesurer l'adéquation. Mieux : il provoque l'émergence de ces phénomènes plus ou moins directement ou encore crée des substances.

Dire que le rationalisme est au travail, c'est dire qu'il est impliqué dans la position centrale de l'esprit scientifique en acte, où l'on voit qu'il est « appliqué » au réel en ce qu'il se lie au « réalisme technique » qui, réciproquement, est « instruit » par les informations rationnelles apodictiques — et, encore une fois, par ce chassé-croisé, le rationnel se réalise et le réel scientifique se démontre.

3) Le rationalisme est une « philosophie ouverte »⁴⁸ sur une réorganisation de ses bases à partir de l'expérimentation des phénomènes. C'est même un devoir d'ouverture qui lui incombe⁴⁹, un devoir de « surrationalisme »⁵⁰, « d'imprudence intellectuelle »⁵¹, sinon le rationalisme résume le passé d'une culture rationaliste, s'endort dans sa tradition propre et n'est plus opérant, incisif et efficace pour le progrès des sciences. Invention contre tradition. « Rationalisme ouvert » contre « rationalisme fermé »⁵². Il en va ainsi avec la Relativité restreinte et générale : l'une pose le principe de la vitesse de la lumière comme vitesse maximale et solidarise l'espace et le temps ; l'autre postule l'équivalence de la masse inerte et de la masse pesante et établit de nouveaux « invariants » à partir des relations mathématiques entre systèmes de référence en mouvement accélérés les uns par rapport aux autres⁵³. Autant de réorganisations qui témoignent d'une induction transcendantale, de « généralisations dialectiques »⁵⁴ qui dépassent la mécanique newtonienne pour en faire une mécanique simplifiée eu égard aux nouvelles bases de la mécanique d'Einstein. Autre manière de réorganiser les bases du savoir : par lien conceptuel inattendu et apparemment contradictoire; les systèmes

⁴⁶ « **De la nature du rationalisme** », in op.cit, p. 51.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 52.

⁴⁸ *La Philosophie du non*, op.cit, p.

⁴⁹ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 4.

⁵⁰ « **Le surrationalisme** », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 7.

⁵¹ *Ibid.*, p. 11.

⁵² « **Le surrationalisme** », in op.cit, p. 12.

⁵³ Cf. *Supra*. Chap. II et chap. III.

⁵⁴ *La Philosophie du non*, op.cit, p. 137-138. D'ailleurs la « généralisation dialectique » de la Relativité généralisée se couple avec la généralisation de la géométrie non-euclidienne. Cf. *Ibid.*, p. 138.

« sur un point précis se mettent en complémentarité. »⁵⁵ Ils se juxtaposent. Ainsi Louis de Broglie, fondant la mécanique quantique en solidarisant une particule douée d'une énergie avec une onde, sans qu'il y ait là contradiction, offre une base élargie au savoir pour comprendre les phénomènes microphysiques.

4) Le rationalisme est « ouvert », ses bases sont variables, ré-organisables et réorganisées à l'occasion de nouvelles constructions scientifiques pour résoudre un problème. Ces « réorganisations successives sont des variétés axiomatiques. »⁵⁶ Il faut entendre, pour ce qui concerne les domaines de la physique et de la chimie contemporaines⁵⁷, que ceux-ci reposent sur des bases qui sont des « postulats » et des « principes » qui ont valeur d'axiomes⁵⁸, en ce qu'ils permettent de construire un ensemble de propositions formant une totalité rationnellement cohérente et apodictique à la mesure de leur formalisation logico-mathématique. De la sorte, un phénomène de l'expérience peut être démontré avant même d'être montré expérimentalement. Les causes du phénomène sont doublées par des raisons. L'axiomatisation de la physique et de la chimie apporte donc un fondement démonstratif à une science engagée dans un domaine et une certaine échelle de phénomènes.

5) Le « rationalisme appliqué » est une philosophie de l'esprit scientifique. Elle est « au travail » dans et par cet esprit. Mais, en tant que tel, elle est « spécialisée » sur un domaine et une certaine échelle de phénomènes. Le travail actuel du rationaliste « doit maintenant se segmenter »⁵⁹. Et il l'est de fait, puisque le progrès du savoir s'est opéré en constituant des « régions du savoir »⁶⁰ de plus en plus fines, en rompant avec « une phénoménologie de première prise »⁶¹ sur le réel pour lui substituer le recherche de lois. Bref, le rationalisme est devenu « régional »⁶². Par exemple, on identifiera un « rationalisme électrique » indépendant du « rationalisme mécanique ». « Le corps de concepts » de l'un n'ayant rien à voir avec le « corps de concepts » de l'autre. Les bases axiomatiques de l'un définissant un domaine autonome du domaine démonstratif de l'autre⁶³.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 137.

⁵⁶ « **De la nature du rationalisme** », in op.cit, p. 58.

⁵⁷ Pour l'axiomatisation des mathématiques, cf. *Supra*, chap. I.

⁵⁸ Par exemple, L. Nottale énumère les axiomes de la physique quantique. Cf. *La Relativité dans tous ses états*, op.cit, troisième partie, chap. VIII.

⁵⁹ « **De la nature du rationalisme** », in op.cit, p. 55.

⁶⁰ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 122.

⁶¹ *Ibid.*, p. 122.

⁶² « **De la nature du rationalisme** », in op.cit, p. 55.

⁶³ Bachelard en donne l'exemple dans les chapitres VIII et IX du *Rationalisme appliqué*. Il donne également, au chapitre VII, l'exemple de la constitution d'une région qui regroupe des phénomènes apparemment différents : les gaz et les liquides par le concept de « pression ». Il s'appuie conjointement sur une homologie de la relation algébrique de la loi de la « pression osmotique » et de la loi de la « pression des gaz parfaits » ainsi que sur la « théorie cinétique des gaz » qui rejoint la « théorie des solutions ». Par ce « transrationalisme » (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 129) se constitue une nouvelle région du savoir. Preuve, s'il en est, que cette régionalisation n'est pas donnée, mais construite rationnellement. Tout comme le concept même de « pression » qui n'a rien d'une idée isolée résumant une expérience, mais est un concept défini par ses relations avec d'autres

Cette caractéristique est importante ; car, si on l'associe avec « l'ouverture » à la variation des bases et à la « réorganisation axiomatique » de ces mêmes bases, alors se trouve congédié, *de facto*, tout « rationalisme général » entendu comme « rationalisme *a priori* qui doit valoir pour toutes les expériences »⁶⁴.

D'une part, ce « rationalisme général » a une telle prétention à l'universalité qu'il « se restreint aux caractères formels de la connaissance »⁶⁵ et qu'il est finalement minimal, en retrait, éloigné de toute possibilité de connaissance active, concrète, « solidaire d'expériences toujours particulières et précises »⁶⁶. Du coup, lorsqu'il est mis en œuvre par le sujet, l'objet corrélatif du sujet est un « objet quelconque » et le sujet lui-même n'est finalement qu'un « sujet particulier », un « sujet personnel » engoncé dans sa singularité⁶⁷.

D'autre part, ce rationalisme limité à quelques principes de raison, dont les principes formels d'identité, de non-contradiction et de tiers exclu, enjoint le sujet, lorsqu'il élabore une psychologie rationnelle, à suivre le principe d'identité et « à postuler l'égalité Moi = Moi »⁶⁸. Certes, dira-t-on, le sujet, identifié à la structure de la raison à titre de support substantiel ou de fonctionnalité transcendante, fonde logiquement la connaissance ; mais un tel « succès »⁶⁹ se paye en fait de laisser jouer la particularité psychologique du sujet dans la connaissance. Ce qui éloigne ce « rationalisme général » de la science en acte.

En lieu et place de ce « rationalisme général » Bachelard propose un « rationalisme intégral ou plus exactement le rationalisme intégrant »⁷⁰.

Négativement, ce rationalisme ne pourra être une abstraction des « rationalismes régionaux » pour en extraire « la partie commune »⁷¹. Positivement, il consistera dans « une domination des différentes axiomatiques de base »⁷², dans une capacité « dialectique » de les articuler les unes aux autres ; bref : dans la capacité d'écrire un livre de physique ou de chimie aussi complet et architectonique que possible. Capacité

concepts, à la fois en première approximation (loi de Mariotte- Gay-Lussac et loi de Van t'Hoff) et en deuxième approximation (loi d'Avogadro).

⁶⁴ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 131.

⁶⁵ *Ibid.*, p. 131.

⁶⁶ *Ibid.*, p. 4.

⁶⁷ « Il y a plutôt une certaine opposition entre la conscience d'être un esprit quelconque et la conscience de connaître un objet quelconque. On fait la preuve qu'on pense comme un esprit quelconque en se référant à un objet particulier. On fait la preuve qu'on étudie un objet quelconque en l'examinant en tant qu'esprit particulier. » Cf « La psychologie de la raison », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 31. L'esprit quelconque de type scientifique s'est réformé, rectifié dans sa tentative d'objectivation du réel ; ce pourquoi l'objet, corrélat de cette objectivation, est « particulier » et non n'importe quel objet ; il porte la marque d'une information rationnelle, voire d'une construction rationnelle démonstrative (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 120).

⁶⁸ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 131.

⁶⁹ *Ibid.*, p. 131.

⁷⁰ *Ibid.*, p. 132.

⁷¹ *Ibid.*, p. 133.

⁷² *Ibid.*, p. 133.

de type théorique, à laquelle Bachelard ajoute une capacité dialectique de maîtriser des axiomatiques sur le plan de la technique expérimentale⁷³. On n'en sera pas étonné, s'il est vrai qu'un instrument technique est en science « un théorème matérialisé »⁷⁴.

6) Enfin, le rationalisme est sans doute une philosophie de la science pure, mais « la science pure, c'est une science qui est tout de même socialisée »⁷⁵. Le rationalisme est un *cogitamus verum*, dont le mode d'accès et le fonctionnement intersubjectif forment une « cité scientifique » caractérisable comme « culture continuée »⁷⁶ et « Ecole permanente »⁷⁷ ; c'est-à-dire, comme nous l'avons déjà vu, un fait de culture de type psycho-social. Le « rationalisme appliqué » couplé au « matérialisme technique » est également une « cité technicienne » et une « fabrique de phénomènes »⁷⁸ impliquant parfois jusqu'à une « ville-usine »⁷⁹.

Le rationalisme n'a plus rien d'immédiat, d'automatique ou de purement logique. Il est le fruit d'une culture, d'une « interpsychologie »⁸⁰ pédagogique organisée autour de « noyaux d'apodicticité »⁸¹ et en progrès, sans aucune régression, vers la vérité. Bachelard qualifie ce rationalisme de « dialectique »⁸²; soulignant, par ce terme, la constitution discursive, rectificative « du sujet en rationalité »⁸³ au sein de l'intersubjectivité de la cité scientifique.

“Recommencement”, “travail”, “ouverture”, “axiomatisation”, “régionalisation”, “socialisation” sont les caractéristiques du pôle rationaliste des sciences en acte que sont la physique et la chimie. Elles définissent, avec la « psychologie nouménologique » de *La Dialectique de la durée*, une « psychologie de la raison » de l'esprit scientifique qui, disions-nous, non seulement exclut le « psychologisme » à titre de fondement de la science, mais également toute fondation « antipsychologiste » dans un sujet pur, à la manière de Husserl, ou encore dans l'auto-déploiement du Concept que serait le « système des sciences », à la manière de Cavaillès.

III

Contre l'anti-psychologisme radical du sujet pur

Le « rationalisme appliqué » n'est pas un pur et simple « psychologisme ». Thèse déjà rencontrée et commentée⁸⁴. Les caractéristiques du « recommencement », de

⁷³ *Ibid.*, p. 133.

⁷⁴ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 16.

⁷⁵ « De la nature du rationalisme », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 54.

⁷⁶ *La Formation de l'esprit scientifique*, op.cit, p. 252.

⁷⁷ *Ibid.*, p. 252.

⁷⁸ *L'Activité de la physique contemporaine*, op.cit, p. 17.

⁷⁹ *Ibid.*, op.cit, p. 16.

⁸⁰ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 44.

⁸¹ *Ibid.*, p. 132.

⁸² « De la nature du rationalisme », in op.cit, p. 53.

⁸³ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 9.

⁸⁴ Cf. *Supra*, chapitre IV, II.

« l'ouverture » sur une « réorganisation axiomatique » et la capacité de l'esprit à sortir du « temps vital » et « transitif », nous montrent assez qu'il s'établit contre le « psychologisme ».

Le rationalisme suppose une « conversion rationnelle »⁸⁵, une « inhibition » des intérêts vitaux et sociaux, une « dialectique de psychologisme et de non psychologisme »⁸⁶ pour atteindre une instance non psychologique, un « orthopsychisme »⁸⁷, c'est-à-dire une instance temporelle qui échappe au temps vital, pour s'installer dans un temps intellectuel⁸⁸ au rythme plus lacunaire ou s'élaborent des enchaînements apodictiques de pensées. Cette dialectique ne cesse quasiment pas, s'il est vrai que l'esprit doit toujours reconquérir les bases de la science, doit les réorganiser axiomatiquement et s'ouvrir à leur bousclement par le « rationalisme questionnant ». Cette dialectique de dépsychologisation ne cesse que provisoirement lorsqu'une évidente hiérarchie s'établit entre l'instance d'une « pensée apodictique » et l'instance d'une « pensée assertorique ».

Ainsi, pour Bachelard, « on ne vainc pas définitivement le psychologisme »⁸⁹, mais ce n'est pas là livrer le fondement de la science au psychologisme, qui réduit les « relations apodictiques » de la pensée scientifique à de simples faits du jugement, ignorant en cela la portée intrinsèquement normative du contenu de sens de ces jugements.

Que ce soit en logique, en mathématique ou en physique et en chimie, l'esprit doit faire l'effort d'une dialectique autogène de non-psychologisme pour se constituer en rationalité, c'est-à-dire s'introduire dans le règne des « émergences »⁹⁰ de la raison, dans le règne des pensées apodictiques en rupture avec la psychologie de la conscience commune et dépassant la pensée assertorique exempte du caractère démonstratif et nécessaire.

Pour fonder le statut normatif des mathématiques, de la logique et des sciences expérimentales, opposé au statut factuel de processus psychologiques et de leurs lois d'apparition temporelles, Bachelard indique qu'il « n'aurait pu mieux faire que résumer les thèses de Husserl »⁹¹ ; c'est-à-dire se référer à « l'instance du logicisme »⁹².

En effet, en s'appuyant sur le premier volume des *Recherches logiques*, *Prolégomènes à la logique pure*, Bachelard pouvait trouver chez Husserl une critique du

⁸⁵ « L'idéalisme discursif », in op.cit, p. 90.

⁸⁶ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 12.

⁸⁷ « L'idéalisme discursif », in op.cit, p. 91 et *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 66.

⁸⁸ Nous avons vu au chapitre V que, pour Bachelard, il n'y a pas qu'une seule instance temporelle au dessus du temps vital. Sous l'effet d'un effort purement réflexif, ou un effort de rationalité de l'esprit, le sujet peut être distribué en multiples niveaux de temporalités.

⁸⁹ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 15.

⁹⁰ *Ibid.*, p40 et p. 44.

⁹¹ *Ibid.*, p. 120.

⁹² *Ibid.*, p. 119.

psychologisme⁹³. Husserl y souligne principalement que la logique implique des idéalités, non des faits réels, ainsi que des connexions nécessaires de ces mêmes idéalités que l'esprit réalise dans des événements psychologiques, mais sans que ces événements puissent rendre compte causalement, par quelque loi psychologique ou psycho-physique que ce soit, de ces idéalités et de leurs enchaînements nécessaires, c'est-à-dire finalement des contenus mêmes que ces événements psychiques présentent. À défaut, ce serait verser dans le relativisme et l'impossibilité de fonder la vérité scientifique dans sa prétention normative à l'universel et à l'apodicticité.

De même, en s'appuyant sur *Logique formelle et logique transcendantale*, qui revient sur « le problème particulier du psychologisme »⁹⁴, en ce que Husserl encourt le soupçon de verser dans le « psychologisme » en dirigeant les formations logiques, — élargies jusqu'à la « *mathesis universalis* »⁹⁵, — vers la subjectivité⁹⁶, Bachelard aurait pu trouver une reprise de la critique du « psychologisme ».

Le « psychologisme » réduit les contenus idéaux des jugements, des déductions, à des vécus singuliers et contingents du psychisme d'un individu. Or ces idéalités et leurs liens nécessaires sont et restent « identiques », « numériquement les mêmes »⁹⁷ à travers tous les vécus psychiques qui les actualisent dans le temps⁹⁸. Elles n'ont pas de caractère intrinsèquement temporel ou spatial. Ainsi ces formations logiques ont-elles une validité universelle et nécessaire.

Ce « logicisme » de Husserl préserve, par leur distinction de l'ordre des faits, l'ensemble des énoncés, des jugements d'ordre apodictique, constitutifs précisément de normes par rapport aux faits.

Mais si Bachelard avait dû suivre, jusqu'au bout, la fondation de la science proposée par Husserl, il n'aurait pu s'arrêter au pur « logicisme ». Car, en effet, Husserl n'est pas un pur « logiciste ». Sa conception de la logique trouve son fondement dans la subjectivité, dans un *ego transcendantal*, un sujet impersonnel ou « anonyme »⁹⁹ distinct du sujet empirique et singulier. Fondement auquel n'aurait pas souscrit Bachelard.

Un exposé de la fondation subjective des sciences, via la problématique de la fondation de la logique, proposée par Husserl, va nous permettre de mieux saisir les critiques adressées par Bachelard à la phénoménologie transcendantale, conçue par

⁹³ *Recherches Logiques*, tome premier, Prolégomènes à la logique pure, (1913), trad. H. Elie, A.-L. Kelkel et R. Scherer, P.U.F, 1969, chap. IV, p.67 et sq.

⁹⁴ *Logique formelle et logique transcendantale* (1929), trad. S. Bachelard, P.U.F, 1984, p. 206.

⁹⁵ *Ibid.*, p. 206.

⁹⁶ Cf. *Ibid.*, §56, p. 205 et sq.

⁹⁷ *Ibid.*, p. 210.

⁹⁸ Cf. *Ibid.*, § 31.

⁹⁹ *La Crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale*, (1935-1936) traduction G. Granel, Gallimard, Tel, 1976, p. 128.

Husserl comme science vraiment fondamentale¹⁰⁰. Ce qui ouvrira l'espace d'une meilleure compréhension de la *fondation* des sciences chez Bachelard.

Husserl distingue au sein de la logique, la « logique formelle » et la « logique transcendantale ».

La « logique formelle » est une « analytique apophantique pure ». Elle porte sur les « jugements » (*apophansis*) qui prétendent à la vérité, et sur la validité de leurs enchaînements.

En un premier moment, plus précisément, elle établit *a priori* la structure des jugements par le repérage des « significations », de leur rôle fonctionnel au titre d'occurrence de « catégories », et enfin de leur connexion au sein de chaque jugement. Dans *Les Recherches logiques* Husserl parlait déjà d'une « morphologie pure des significations » qui dégage les règles *a priori* de constructions des significations qui sous-tendent toutes les expressions prétendant à la vérité. La « morphologie pure des jugements » de 1929 en est la reprise adaptée à la logique contemporaine.

Dans un deuxième moment, la « logique formelle » comme « logique de la conséquence » énonce les règles *a priori* de la compatibilité des propositions bien formées. Le « calcul des propositions » semble recouvrir le projet de ce moment de la « logique formelle ».

La « logique formelle » n'est pas détachée de tout souci ontologique. Elle vaut comme « ontologie formelle »¹⁰¹. En oblitérant les matières mêmes de la connaissance pour se focaliser sur les seules « significations » idéales et leurs liaisons *a priori*, la « logique formelle » ne perd pas le souci de référer les « noyaux »¹⁰² de sens au « quelque-chose-en-général »¹⁰³ ou à « l'objet en général »¹⁰⁴. La conceptualisation de tous les éléments intervenant dans le jugement, plus exactement les « formes » intervenant dans la structure des jugements et leurs liaisons entre eux, produit une forme générale de l'étant par rapport à laquelle un étant particulier n'est jamais qu'une occurrence, une instanciation de cette forme.

Le passage de la « logique formelle » à la « logique transcendantale » s'articule sur le souci de développer dans le prolongement de « l'ontologie formelle » une « ontologie matérielle »¹⁰⁵ universelle qui s'appuierait sur l'afflux, le « remplissement » (*Erfüllung*)¹⁰⁶ des « significations » afin de produire un repérage des liaisons de

¹⁰⁰ *Logique formelle et logique transcendantale*, op.cit, § 103, p. 362.

¹⁰¹ Terme utilisé à partir de 1913 dans les *Idées directrices pour une phénoménologie*.

¹⁰² *Logique formelle et logique transcendantale*, op.cit, p. 204.

¹⁰³ *Ibid.*, p. 204.

¹⁰⁴ *Idées directrices pour une phénoménologie, La philosophie et le fondement des sciences* (1952), trad. D. Tiffeneau, P.U.F, 1993, III, § 11.

¹⁰⁵ *Logique formelle et logique transcendantale*, op.cit, p. 205.

¹⁰⁶ *Recherches Logiques*, tome premier, op.cit, § 9.

« dépendances »¹⁰⁷ entre « significations »; soit, dans les termes de Husserl : des liaisons qui ne sont pas purement formelles ou de l'ordre de l'*a priori* analytique, mais de l'ordre de l'*a priori* « synthétique »¹⁰⁸.

Mais cette problématique du « remplissement » des significations va avec celle de « l'intuition » qui conduit à la subjectivité comme à leur fondement. Ce sont les intuitions qui donnent, qui mettent en présence l'objet même qui est visé à titre « d'objet intentionnel » ou comme « signification ».

Divers types d'intuitions sont à l'œuvre dans ce remplissement de la visée de la conscience. Mais, quelles qu'elles soient, cela signifie que, de manière ultime, c'est la subjectivité qui est au fondement du savoir vrai en ce qu'elle reçoit avec évidence le « remplissement » de la « signification ».

Ainsi « l'intuition sensible », la perception, me donne « en personne » la chose que ma conscience est en train de viser dans le monde. Par exemple : le magnolia du jardin est un objet intentionnel qui, à travers de multiples esquisses ou profils donnés de lui-même à ma sensibilité et enchâssés de manière concordante les uns dans les autres, trouve son « remplissement » perceptif.

Analogues de cette « intuition sensible », Husserl distingue « l'intuition eidétique » et « l'intuition catégoriale ».

« L'intuition eidétique » est le remplissement de la visée d'une « essence » (*eidōs*) des faits du monde sensible, c'est-à-dire d'un « invariant » qui provient de la variation imaginative de la perception de ces faits sensibles. Par exemple, le rouge comme couleur est une essence, une unité idéale que l'on peut fixer dans certaines limites, à travers ses propres variations, à partir d'objets rouges aux multiples nuances.

« L'intuition catégoriale » est une intuition qui déborde le sensible et qui vaut dans le domaine logique. La visée qui est remplie porte sur un objet intentionnel qui est un « état de chose » (*Sachverhalt*)¹⁰⁹ qui n'apparaît pas sur un mode sensible. Un « état de chose » est impliqué dans tout jugement qui contient des « formes » telles : est, un, et, si, alors, tous, quelque, etc. Celles-ci appelées « formes catégoriales », et qui sont par la réflexion à la source des concepts catégoriaux (unité, pluralité, partie, qualité, grandeur, relation, etc.), relient et composent des significations, mais les significations synthétiques qu'elles élaborent ne renvoient pas à quelque chose de perceptible par les

¹⁰⁷ Pour illustrer ces « dépendances » entre « significations » idéales au sein même d'un remplissement par la perception sensible de ces significations, on peut citer le rapport de la « couleur » à « l'étendue » : une couleur est nécessairement étendue.

¹⁰⁸ *Logique formelle et logique transcendantale*, op.cit, p. 204 ; cf. *Recherches logiques, recherches pour la phénoménologie et la théorie de la connaissance*, (1913) trad. H. Elie, A.-L. Kelkel et R. Schérer, 1972, P.U.F, tome 2, III, § 12.

¹⁰⁹ *Recherches Logiques, Recherches par la phénoménologie et la théorie de la connaissance*, op.cit, tome 2, V, § 28.

sens, même si ces significations concernent quelque chose de perçu dans le monde sensible. Par exemple, le « est », pure position d'existence, ne renvoie pas à une identification d'une chose perçue. De ce point de vue « l'être n'est rien dans l'objet. »¹¹⁰ L'« état de chose », à l'occasion même de la perception sensible, est donné, puisque le jugement peut être attesté empiriquement. Mais il se donne dans « un acte d'aperception »¹¹¹, dans une « intuition catégoriale » qui est une sorte de perception suprasensible¹¹², « analogue de l'intuition sensible ordinaire. »¹¹³

Ce détachement possible de « l'intuition catégoriale » par rapport à la perception des choses sensibles, en fait la principale instance de vérité en « logique formelle », c'est-à-dire aussi bien en mathématique comme doctrine formelle des significations dans leur multiplicité, leur structure et leur connexion¹¹⁴.

Quoi qu'il en soit, toutes ces intuitions, « sources de droit pour la connaissance »¹¹⁵ renvoient à la subjectivité comme à leur source, en ce qu'elles remplissent les intentions de significations idéales de la subjectivité. Le statut de cette subjectivité, de cet *ego*, en tant que condition commune de tous les *egos*, de toutes les subjectivités, et condition constitutive des significations et de leur connexion, est un statut transcendantal. Ce que, dans les *Idées* ou les *Méditations cartésiennes*, la « réduction phénoménologique » ou la mise « entre parenthèse »¹¹⁶ du monde, c'est-à-dire la suspension de sa position comme existant, nous dévoile. On gagne le champ transcendantal et on y saisit l'*ego* pur à la source de tout sens du monde.

La « logique transcendantale », qui suit l'exposé de la « logique formelle » dans *Logique formelle et logique transcendantale*, a pour fonction d'ancrer cette « logique

¹¹⁰ *Recherches logiques, Eléments d'une élucidation phénoménologique de la connaissance*, (1921) trad. H. Elie, A.-L. Kelkel et R. Schérer, 1974, P.U.F, tome 3, VI, § 43.

¹¹¹ *Ibid.*, tome 3, VI, § 44.

¹¹² Husserl donne l'exemple de l'ensemble mathématique (cf. *Recherches logiques, Eléments d'une élucidation phénoménologique de la connaissance*, (1921) trad. H. Elie, A.-L. Kelkel et R. Schérer, 1974, P.U.F, tome 3, VI, § 44). Un ensemble est un concept catégoriel qui relève de l'aperception d'une signification constituée, articulée par une « forme catégoriale ». L'opération de liaison conjonctive par le « et » (A et B et C...) engendre un « état de chose ». L'ensemble est donné, aperçu dans « la perception conjonctive » elle-même (qui vaut comme synonyme d'intuition catégoriale) et la perception du tout constitué au moment de l'arrêt de la conjonction.

¹¹³ *Ibid.*, tome 3, VI, § 44.

¹¹⁴ On ne peut ici traiter du rapport des mathématiques et de la logique chez Husserl. J.-M. Salanskis résume ce rapport de la manière suivante : « si la mathématique s'intéresse à des objets ou configurations sans se soucier de leur existence, uniquement du point de vue de ce qu'on peut en dire, comme cela semble en effet le cas à l'heure de la mathématique formelle, alors elle traite de sens et pas d'objets ordinaires. La mathématique s'identifie donc à ce soubassement de la logique, constitué par les strates 1 et 2, dans lequel on ne se soucie pas encore de remplissement possible des formes de jugement que l'on envisage. » (cf. *Husserl*, 1998, Les belles lettres, p. 93). Les strates 1 et 2 sont, pour l'auteur, les strates constitutives de « l'analytique apophantique pure ». La strate 3 est tout occupée du « remplissement » des significations, et donc des objets qui leur correspondent. Ce en quoi la logique au sens plein déborde, chez Husserl, la mathématique. Pour le statut des mathématiques chez Husserl, on peut se référer à la belle et claire conférence de J.-T. Desanti : « *Husserl et les mathématiques* », in *Les Philosophes et les mathématiques*, coordonné par E. Barbin et M. Caveing, 1996, Ellipses.

¹¹⁵ *Idées directrices pour une phénoménologie, introduction générale à la phénoménologie pure*, (1928) trad. P. Ricoeur, Gallimard, Tel, 1950, I, § 24.

¹¹⁶ *Ibid.*, I, § 33.

formelle », ainsi que « l'ontologie formelle » et « matérielle », dans cette subjectivité transcendante en annulant le soupçon de « psychologisme ». Cette « logique transcendante » distingue la « phénoménologie transcendante » de tout « psychologisme transcendantal »¹¹⁷ qui ne dégage pas dans sa pureté l'ego transcendantal comme sujet *a priori* constituant des significations et dépositaire de la vérité par les trois modalités d'intuitions distinguées.

Une telle fondation des sciences dans la subjectivité transcendante, une fois conquise par Husserl, sera stabilisée. Il tentera, sans changer le fond de sa pensée, de faire reposer les catégories logiques et la constitution du sens, notamment dans *De la synthèse passive* (1918-1926) et dans *Expérience et Jugement* (1939), sur un rapport vécu antéprédicatif et prélogique du sujet au monde à partir duquel les catégories logiques peuvent être engendrées dans la pensée au motif qu'elles seraient, en quelque façon, pré-esquissées, préfigurées dans ce même monde sensible, c'est-à-dire immanentes au vécu perceptif et affectif du monde.

L'exposé de la fondation subjective de la science par Husserl étant faite, venons-en aux critiques de Bachelard. Tout d'abord, il faut remarquer à nouveau, et y insister, que si Bachelard suit Husserl dans sa critique du « psychologisme » en usant de l'instance logiciste, cela ne signifie pas qu'il le suive pour admettre un fondement subjectif, — fût-ce un *ego* pur et *a priori* constitutif des significations, — pour les sciences logiques, mathématiques et expérimentales. Cette fondation de la science, au-delà de l'instance logiciste, telle que la pratique Husserl, il la refuse.

Ce qu'il retient du « logicisme » de Husserl, c'est avant tout que la dimension normative des propositions et des jugements scientifiques repose sur leur *apodicticité*. Le « rationalisme appliqué » est « le règne des valeurs apodictiques »¹¹⁸. Et cette apodicticité est de même nature en logique, en mathématique et en physique, ou encore en chimie. « Les valeurs de connaissance attachées à une logique essentiellement normative ne sont pas d'une espèce différente des valeurs apodictiques des mathématiques. Pas différentes non plus de valeurs apodictiques de l'organisation du phénomène scientifique, phénomène non seulement *informé*, mais vraiment *constitué* par les *démonstrations* des sciences physiques. »¹¹⁹

Mais cette apodicticité, — et cette remarque va engager la série des critiques bachelardiennes adressées à la phénoménologie de Husserl, — n'est pas saisie dans une intuition, fût-elle « catégoriale », qui se limiterait à un « *jugement* ». Elle est saisie dans un « *raisonnement* ». « S'il fallait sous-tendre une doctrine des valeurs apodictiques par un psychologisme, c'est à un psychologisme du raisonnement qu'on devrait s'adresser et non pas seulement à un psychologisme du jugement. »¹²⁰ C'est dire que la

¹¹⁷ *Logique formelle et logique transcendante*, op.cit, § 99, p337 et sq.

¹¹⁸ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 120.

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 120.

¹²⁰ *Ibid.*, p. 121.

dépsychologisation, qui conduit à l'émergence de l'apodicticité, procède discursivement pour établir des relations démonstratives nécessaires par lesquelles les concepts eux-mêmes, — qui n'ont du coup rien d'isolés, — se définissent par leur relation avec les autres concepts. Le « normativisme »¹²¹, troisième moment psychologique d'un concept, a une normativité de droit dans la mesure où ce concept est inscrit et enseigné comme tel au sein d'un « corps de concepts »¹²², c'est-à-dire de concepts qui se définissent corrélativement et dont la signification est précisément « interfonctionnelle »¹²³, notamment quand ceux-ci s'inscrivent, comme en physique, dans les équations algébriques.

Indiquons plus concrètement que, dès qu'un concept est opératoire, — et ils le sont au stade du « rationalisme appliqué », — il intègre dans sa définition des « dimensions » mesurables¹²⁴. Exemple auquel recourt Bachelard : la « capacité »¹²⁵ d'un condensateur électrique. Mais nous avons repris bien d'autres exemples de Bachelard¹²⁶ ; exemples du « réalisme des relations », autant en physique qu'en chimie, et dont la validité est épistémologique et ontologique. Les « sujets logiques » des jugements n'ont pas de significations propres en dehors de leurs attributs relationnels. Et les liens extrinsèques d'une chose définissent ce qu'elle est. La relation ne fait qu'un avec l'Être. Et les mathématiques, qui procèdent *a priori* par groupement de relations, peuvent régner sur le réel¹²⁷. Ainsi l'apodicticité du rationalisme appliqué est tout à la fois dans la puissance de ses démonstrations déductives et dans la construction de ses jugements, — fussent-ils exprimés sous forme prédicative, — « d'ordre relationnel » ; et elle vaut comme norme du vrai par sa puissance démonstrative théorique et pratique en science physique et en chimie. Ces « relations » de type mathématique n'informent pas simplement un phénomène, elles le « démontrent »¹²⁸ ; elles le constituent par une démonstration théorique¹²⁹ et le réalisent techniquement comme une conséquence découlant de principes matérialisés à titre de conditions initiales de production du phénomène.

Si l'essence est contemporaine de la relation et qu'elle détermine comme norme du vrai une « apodicticité de la relation »¹³⁰, alors contre les intuitions

¹²¹ *Ibid.*, p. 146-147.

¹²² *Ibid.*, p. 144.

¹²³ *Ibid.*, p. 147.

¹²⁴ Cf. *Ibid.*, p. 147.

¹²⁵ « $c = \frac{K S}{4\pi e}$. S = surface d'une armature (étant bien entendu que l'autre armature doit avoir, aux infiniment près, la même surface) ; e = épaisseur de l'isolant (supposé bien homogène) ; k = pouvoir diélectrique de l'isolant (supposé bien homogène). » (Cf. *Le Rationalisme appliqué*, p. 151). Maxwell définira le facteur k par sa corrélation avec l'indice de réfraction de la substance de l'isolant : $K = n^2$. On peut remarquer que ce facteur, constante empirique dans la formule de c , est rationalisé théoriquement par une relation.

¹²⁶ *Supra*, chap. II et chap. III.

¹²⁷ Cf. « **Nouveau et microphysique** », in *op.cit.*, p. 19.

¹²⁸ Dans *Le Nouvel esprit scientifique* Bachelard reprend une expression de *La Valeur inductive de la relativité*, (page 125, opus cité) : « on démontre le réel, on ne le montre pas. » (Cf. *Le Nouvel esprit scientifique*, *op.cit.*, p. 16). L'objet ou le phénomène est alors « complexe de relations » ou « texture d'attributs relationnels ».

¹²⁹ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, *op.cit.*, p. 120.

¹³⁰ *Ibid.*, 121.

phénoménologiques, principalement eidétiques et catégoriales, Bachelard opte pour la construction active et intellectuelle ou interfonctionnelle des concepts qui « informent » ou plus encore qui « démontrent » telle ou telle réalité phénoménale. Il est, en ce sens, plus proche de Cassirer que de Husserl¹³¹. Ce qu'on appelle « lois phénoménologiques » en science physique témoignent exactement de cet effort de l'esprit pour « décrire » un phénomène dans ses dimensions mesurables dont la conceptualisation les lie fonctionnellement les unes aux autres, — précisément dans une loi de type algébrique, — ce qui permet de « retrouver » le phénomène en question, voire de le produire sur le plan instrumental. Et si une constante empirique apparaît, sa conceptualisation rationnelle appellera une nouvelle organicité notionnelle de type algébrique qui fera émerger un nouveau concept rationnel. La phénoménologie scientifique est ici solidaire d'un « empirisme actif », d'une sensibilisation même des phénomènes sans privilège exclusif, et par-là même excessif, de la vision contemplative de type phénoménologique qui tente de ressaisir, suite à une réduction phénoménologique, les articulations logiques du réel préfigurées dans la perception sensible. Mieux : s'il y a une phénoménologie de type scientifique, celle-ci doit rompre avec cet obstacle que constitue le « *logos* » implicite du monde sensible que soutient la subjectivité « anonyme »¹³² dans un rapport immédiat au monde.

A l'essence intuitionnée, suite à une variation eidétique, — qualifiée d'« essence-cassette »¹³³, censée dans son isolement receler intrinsèquement une détermination effective du réel, — Bachelard oppose alors un « extrinsèquisme »¹³⁴ de l'essence¹³⁵ par lequel est saisi, compris théoriquement ou manipulé techniquement, une dimension relationnelle constitutive d'un phénomène.

L'intuition eidétique ne saurait donc être la base d'une bonne méthode pour construire les premiers concepts scientifiques et atteindre l'apodicticité de la relation par laquelle l'esprit engendre un concept scientifique et reconnaît le statut normatif des sciences dans leurs multiples organisations interconceptuelles.

Une deuxième critique adressée à la phénoménologie de Husserl porte sur son « antipsychologisme radical » et son ancrage de la science dans une subjectivité transcendante.

En effet, si Bachelard fait appel au « logicisme » pour affirmer le statut autonome des valeurs normatives de la science par rapport aux faits externes et internes à la subjectivité, il ne pense pas que cet accès aux pensées apodictiques soit opérable par une rupture définitive à l'égard de tout « psychologisme » et puisse virtuellement embrasser la totalité, fût-elle ouverte à l'infini, des propositions logiques. « Nous ne

¹³¹ Cf. *Supra*, chap. III, I.

¹³² *La Crise de la science européenne et la phénoménologie transcendante*, op.cit, p. 507.

¹³³ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 33.

¹³⁴ *Ibid.*, op.cit, p. 33.

¹³⁵ On se rappellera, par exemple, qu'en chimie, la « substance » lavoisienne laisse la place à l'« ex-tance » de la chimie non-lavoisienne comme texture d'attributs rationnels (cf. *La Philosophie du non*, op.cit, p. 78).

croyons pas à la vertu formelle des dialectiques, non plus qu'à une mise entre parenthèse faite une fois pour toutes au début d'une enquête. »¹³⁶ Sans verser dans la confusion du « psychologisme transcendantal », pour emprunter le vocabulaire de Husserl auquel il répond, il en résout le problème en élaborant une « psychologie de dépsychologisation concrète »¹³⁷ qui décrit l'élan, la dynamique dialectique de psychologisme et de non psychologisme par laquelle l'esprit institue un « orthopsychisme », constituant ainsi le sujet en rationalité en le faisant accéder au « normativisme »¹³⁸.

Nous avons déjà rencontré cette dialectique concrète de dépsychologisation interne à l'esprit qui se signifie, tout à la fois, par l'impossibilité de vaincre définitivement le « psychologisme », puisque « la pensée scientifique est en état de pédagogie permanente »¹³⁹, ainsi que les fines « différentielles de dépsychologisation »¹⁴⁰ qui assurent, dans une région spécialisée du savoir, le passage des faits psychologiques de simples convictions individuelles vers des pensées dont la « valeur épistémologique »¹⁴¹ tient à leur normativité rationnelle ou à leur discursivité épistémologique pour atteindre cette normativité.

Mais non seulement Bachelard propose, contre la « réduction phénoménologique » de Husserl, de « suivre les étapes de la réduction du psychologisme et de l'*institution* du rationalisme »¹⁴² dans une phénoménologie de la dépsychologisation concrète qui décrit les *différentielles de la réduction* du psychologisme, mais il critique la conception de Husserl selon laquelle la *réduction* pourrait être *intégrale* pour permettre la fondation d'une « logique formelle », qui débouche elle-même sur une « ontologie formelle » embrassant virtuellement la totalité des signification et des articulations de l'Être.

La « psychologie de la raison » qu'il soutient, comme étant intrinsèque au « rationalisme appliqué », permet de formuler une troisième critique à la phénoménologie de Husserl.

Le rationalisme « ouvert », « indéfiniment ré-organisable », engagé dans une « région spécialisée » dont l'« axiomatique est particulière », implique une raison pluralisée, en axiomatiques particulières, et ouverte par les progrès du savoir scientifique sur la réorganisation rationnelle de ses bases qui lui donnent une nouvelle structure régionale ; cependant que cette pluralisation de la raison n'équivaut pas à sa dispersion dans des axiomatiques contradictoires. La dialectique de l'esprit constitutif du « rationalisme intégrant », — dont on se rappelle qu'il se distingue du « rationalisme

¹³⁶ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 12.

¹³⁷ *Ibid.*, p. 27.

¹³⁸ *Ibid.*, p. 15.

¹³⁹ *Ibid.*, p. 16.

¹⁴⁰ *Ibid.*, p. 48.

¹⁴¹ *Ibid.*, p. 48.

¹⁴² *Ibid.*, p. 19.

général »¹⁴³, — assure des liens architectoniques entre les diverses axiomatiques régionales et une maîtrise de celles-ci, remplissant ainsi la visée de systématisme propre à la pensée scientifique.

Dans le « rationalisme appliqué » en acte, il ne saurait donc y avoir une réduction définitive qui institue le sujet épistémique en sujet pur, ayant la capacité d'appréhender par les divers types d'intuitions (eidétique, catégoriale, perceptive), la « totalité idéalement fermée d'objets généraux »¹⁴⁴ dont la normativité apodictique totale fonderait la science.

La réduction en acte est continuée, sans cesse réitérée, même lorsque les niveaux « cathartique » et « pédagogique » sont dépassés par le niveau « normativiste ». Elle est plurielle. Elle opère en diverses régions et ne saurait conduire à une unique instance ouvrant sur la totalité du savoir. De plus, elle est « différentielle » : il n'y a pas de saut brusque du « psychologisme » au « normativisme » ; il y a des passages opérés par la dépsychologisation. Enfin « l'apodicticité de la relation » *instituée* par cette réduction n'est pas celle d'une totalité des significations et des articulations de l'Être. Elle est « fragmentée ». Fragmentée non seulement en régions, mais en ce que le « normativisme » dans une région particulière suppose lui-même une axiomatisation assez poussée, qui dépasse le niveau de constitution des « lois empiriques », c'est-à-dire un autre niveau où celles-ci sont intégrées dans une organicité nouménologique de type mathématique.

Deux autres critiques, non directement formulées par Bachelard, pourraient être faites contre la prétention de la phénoménologie de Husserl à fonder les sciences.

L'une s'appuierait sur le caractère « social » du « rationalisme appliqué ». En effet, virtuellement, n'importe qui opérant la « réduction phénoménologique » pourrait accéder à la « logique formelle », à une « ontologie formelle » puis, finalement, à une « ontologie matérielle ». Chacun est censé porter en soi, — fût-ce de manière implicite et pré-esquissée dans le vécu de la perception du monde, — le « *logos* » de l'Être¹⁴⁵. Bachelard refuse une telle conception. Le niveau du « catharsisme » suppose une psychanalyse de la connaissance immédiate et une « conversion rationnelle » quasiment impossible à accomplir seul. Le niveau du pédagogisme, implique l'école comme l'occasion d'une dialectique autogène de l'esprit. Enfin, le « normativisme », niveau du « rationalisme enseignant », se conforme dans l'application d'un esprit sur un autre avec la conviction que se poursuit l'institution d'une « cité scientifique » ; bref : une culture « en marge de la cité sociale »¹⁴⁶ et qui se structure autour de multiples « noyaux

¹⁴³ *Supra*, chap. VI, II.

¹⁴⁴ *Les Recherches Logiques, recherches pour la phénoménologie et la théorie de la connaissance*, (1913), trad. H. Elie, A. L. Kelkel et R. Schérer, 1969, tome 2, I, chap. IV, § 35.

¹⁴⁵ Cf. *Supra*, chap. VI, III.

¹⁴⁶ *Le Rationalisme appliqué*, p. 23.

d'apodicticité »¹⁴⁷ en voie de coordination architectonique. « Les cadres de la science » sont donc « socialisés »¹⁴⁸ et la science à un caractère psychosocial indéniable. La prétention de Husserl nous reconduit donc à une utopie du savoir qui se dérobe aux « rapports sociaux de la science »¹⁴⁹.

L'autre critique, non formulée par Bachelard, irait chercher du côté des structures temporelles du sujet pour rendre compte de la dualité du sujet en « moi empirique » et « moi rationnel », en moi psychologique inscrit dans l'ordre d'un « temps vital », « transitif », et en *ego* pur qui sort de ce temps vital ou y échappe en posant et en reconnaissant la validité intemporelle des « noyaux d'apodicticité ».

Faisons simplement quelques remarques. Là où Husserl voit un flux continu de conscience, Bachelard voit une discontinuité des instants et une continuité métaphorique due à la perspective sur l'épaisseur des temps superposés. Là où Husserl repère une structure, un réseau d'intentionnalités de « *protention* » et de « *réention* », à partir d'un « maintenant » sans cesse renouvelé, qui constitue le temps comme « réseau d'intentionnalités »¹⁵⁰, Bachelard additionne les superpositions temporelles des « rythmes d'instant » sur un « temps vertical » que ne reconnaîtrait pas Husserl¹⁵¹, et qui permet à Bachelard de multiplier les divisions et les dédoublements réflexifs du sujet hors d'une inscription dans le « temps vital ».

Les sciences physiques, chimiques et mathématiques ne trouvent donc pas leur fondement dans un sujet, dans un *ego* pur donné ou atteint par un doute universel¹⁵² ou par une « réduction phénoménologique » opérée sur le monde, et qui offrirait les idées innées ou les structures transcendantales sur lesquelles les sciences physiques et chimiques s'appuieraient pour objectiver les phénomènes. « Le rationalisme n'est nullement solidaire de l'impérialisme du sujet. »¹⁵³ « L'apodicticité de la relation »¹⁵⁴, dont la valeur normative, la nécessité, contraint l'esprit à ne pouvoir penser autrement

¹⁴⁷ *Ibid.*, p. 132.

¹⁴⁸ *La Formation de l'esprit scientifique*, p. 24.

¹⁴⁹ « *De la nature du rationalisme* », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p.54.

¹⁵⁰ Ce serait tout un travail d'entrer dans le détail des convergences et des oppositions de Husserl et de Bachelard concernant leur conception du temps. Disons rapidement que le « diagramme du temps » (cf. *Leçons pour une phénoménologie de la conscience intime du temps* (1905), trad. H. Dussort, P.U.F, 1970, § 10, p.41-43), que propose Husserl, n'admet pas, sur un « instant », un temps vertical sur lequel puisse s'étager *simultanément* des niveaux de temporalités propres dans lesquels le sujet se distribue ontologiquement.

¹⁵¹ Certes, Husserl reconnaît que l'intentionnalité peut franchir des seuils depuis le niveau le plus bas du fondement intentionnel, qui constitue le temps à même la perception, jusqu'au niveau où elle vise et constitue « des transcendances intemporelles telles que le nombre (cf. *Leçons pour une phénoménologie de la conscience intime du temps* (1905), trad. H. Dussort, P.U.F, 1970, supplément XIII, p. 178-184). Les seuils intermédiaires sont la « remémoration », qui reproduit dans la représentation un ensemble d'éléments passés, et l'imagination dont la représentation est encore plus libre à l'égard du passé et de la perception, et qui, dès lors, peut donner à sa représentation « une valeur supratemporelle » (cf. J. English, *Le Vocabulaire de Husserl*, Ellipses, 2009, p.168).

¹⁵² *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 51 : « L'univers cartésien pourrait dire au philosophe : tu ne me retrouverais pas si tu m'avais vraiment perdu. »

¹⁵³ *Ibid.*, p. 8.

¹⁵⁴ *Ibid.*, p. 121.

que ce qu'il pense s'il suit son « essentielle discursivité »¹⁵⁵ et en comprend le sens, ne relève pas de la « simple visée d'un esprit qui prendrait ses lumières dans la seule conscience de l'identité de ses aperceptions. »¹⁵⁶ Ajoutons que cette apodicticité, qui ne se donne pas dans une évidence intuitive, mais dans l'évidente nécessité discursive, n'a rien de statique. Elle peut se renforcer dans une axiomatisation plus large, elle peut se transformer dans une seconde approximation des phénomènes qui complique une constante empirique ou bien fait apparaître de nouveaux phénomènes dans le « détail » qui, préalablement, était écarté comme non signifiant. Bref, elle n'a rien de statique, elle est ouverte sur ses propres rectifications dialectiques. Cette dialectique, en physique et en chimie, se produit dans un contact étroit avec l'expérience, puisque la cohérence rationnelle des noumènes, des relations apodictiques est réalisée techniquement à travers un montage expérimental qui produit des phénomènes sans irrationalité. Les émergences de raison sont des nouvelles structures apodictiques objectivées qui constitue et institue, par leur propre unité fonctionnelle, la figure d'un nouveau sujet rationnel. Nouveau « sujet quelconque », « impersonnel » identifié au fonctionnement d'une structure de relations apodictiques et dont la puissance de calcul pour dégager des « invariants » parvient idéalement à dépasser et à éliminer la perspective spatio-temporelle et l'ancrage corporel de tout observateur. « Par exemple la Relativité [généralisée] donne la certitude d'effacer temps et espace absolu et d'éliminer l'observateur. »¹⁵⁷

Prendre l'exacte mesure de la portée épistémologique de « l'apodicticité de la relation », permet de désigner la pensée scientifique « comme une doctrine des rapports sans supports et sans rapporteur. »¹⁵⁸ En effet, dès lors qu'on prend conscience, particulièrement en physique contemporaine, que les mathématiques ne sont pas un langage, un simple instrument dont le sujet, déjà donné pour lui-même, déjà affirmé, pourrait user comme d'un « moyen d'expression »¹⁵⁹, alors on doit admettre que le « sujet rationnel » lui-même est identifiable et identifié à l'unité fonctionnelle d'une structure mathématique ; de telle sorte que Bachelard, à propos de la Relativité générale, peut acquiescer à l'affirmation de Langevin : « le Calcul tensoriel sait mieux la physique que le physicien lui-même. »¹⁶⁰

IV

Contre l'antipsychisme radical de Cavallès

L'économie du fondement de la science dans un « sujet » au profit de l'autonomie des « apodicticités de relations », dont la nécessité discursive est objectivée par un « matérialisme technique », rapproche la conception de Bachelard de la « philosophie

¹⁵⁵ *Ibid.*, p. 11.

¹⁵⁶ *Ibid.*, p. 9-10.

¹⁵⁷ *Ibid.*, p. 10.

¹⁵⁸ *Ibid.*, p. 10.

¹⁵⁹ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 57.

¹⁶⁰ *Ibid.*, p. 58.

du concept » de Cavaillès. Ce rapprochement n'a jamais donné lieu, chez Bachelard, à une confrontation polémique. Dans l'article « *L'Œuvre de Jean Cavaillès* » (1950), on ne trouve pas d'opposition critique aux thèses de Cavaillès¹⁶¹. Cependant, pour pouvoir dégager le « lieu » de la *fondation* des sciences chez Bachelard, cette confrontation mérite d'être faite. Elle permet de montrer que Bachelard refuse implicitement de fonder les sciences sur le mouvement pur du « système des sciences » qui ferait l'économie de la « psychologie de dépsychologisation » continuée, ainsi que l'économie de la force de l'esprit pour faire émerger un problème scientifique et le résoudre. Deux éléments qui sont inhérents au « rationalisme appliqué » bien compris.

Dans *Sur la logique et la théorie de la science*, Cavaillès reprend l'histoire de la problématique du « système des sciences » au point où il lui paraît correctement posé.

Kant, sans doute, est celui qui a bien posé le problème de l'autonomie de l'apodicticité discursive qui devait caractériser le « système de la science » ; mais, selon Cavaillès, ce dernier a échoué à le résoudre en ancrant la science dans une psychologie des facultés (entendement et raison) productrices de la science, en figeant le développement de la science dans des structures *a priori* immuables ; enfin, en soumettant les formes logiques transcendantales à une extériorité : les données de l'intuition sensible.

Selon Cavaillès, après Kant, « deux possibilités »¹⁶² restaient ouvertes pour exposer, conformément à son essence, un système des sciences : soit la voie « logique »¹⁶³ présentant une « système démonstratif »¹⁶⁴ dans son processus formel ; soit la voie « mathématique » ou « épistémologique de l'immanence »¹⁶⁵ présentant l'auto-développement de « l'organon mathématique »¹⁶⁶ et ses objets.

Ajournant l'examen¹⁶⁷ de la voie mathématique, Cavaillès procède à un « repérage des points de vue »¹⁶⁸ illustrant la voie logique.

Or, dans cette voie logique, si « l'accent » est mis sur la dimension démonstrative du « système des sciences », alors, préoccupé de la seule forme du système, on en évacue tout objet. Cependant l'insuffisance de ce point de vue exclusif se révèle par la réintroduction inévitable de la notion d'objet. En effet, si le système démonstratif s'assure de sa propre non-contradiction, il doit lui-même se prendre pour objet. De plus, il ne peut y avoir ce mouvement de réflexion sans une « thématization » réflexive des règles opératoires ou des actes opératoires immergés dans le système. Bref, en prenant

¹⁶¹ Cf. « *L'œuvre de Jean Cavaillès* », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 178-190.

¹⁶² *Sur la logique et la théorie de la science*, P.U.F, 1947, p. 14.

¹⁶³ *Ibid.*, p. 14.

¹⁶⁴ *Ibid.*, p. 14.

¹⁶⁵ *Ibid.*, p. 15.

¹⁶⁶ *Ibid.*, p. 14.

¹⁶⁷ *Ibid.*, p. 15.

¹⁶⁸ *Ibid.*, p. 15.

la caractéristique formelle de la démonstration intrinsèque au système des sciences, la doctrine de la science exige, — car elle y reconduit, — la réintroduction du point de vue de l'objet sous la forme d'une « ontologie »¹⁶⁹, c'est-à-dire une théorisation « des objets », ou « de l'objet en général » qui fonde un tel recours à la notion d'objet.

Il revient à Husserl, selon Cavaillès, de répondre à cette exigence. Husserl développe une « logique formelle » qui trouve son point d'aboutissement dans une « ontologie formelle », mais celle-ci, comme totalité de significations articulées, trouve son fondement dans le sujet pur, toujours-déjà à l'œuvre au niveau du rapport perceptif, immédiat au monde comme l'établit la « logique transcendantale ». En cela, Husserl échoue théoriquement à rendre compte du « système des sciences » comme parfaitement autonome dans son développement démonstratif : sa totalité suppose une extériorité objective et une subjectivité fondatrice qui l'anime, ce qui ruine son autonomie.

La voie purement logique qui ne prend en compte que la caractéristique « démonstrative » du système des sciences échoue donc en réclamant, d'une part, une « philosophie de la conscience » et, d'autre part, une ontologie fondée sur cette même conscience.

La voie « mathématique » ou des « philosophies épistémologiques » reste celle qu'il faut emprunter pour donner une doctrine de la science adéquate au système même des sciences.

Or, même si cette voie n'est pas explorée par Cavaillès, il semble bien que « l'organon mathématique » bien compris offre un développement auto-suffisant qui ne repose sur aucune conscience fondatrice et qui construit, par des relations apodictiques formellement démonstratives, des objets, des êtres qui n'ont rien d'extérieur à la totalité mathématique elle-même. En d'autres termes : l'ontologie constructive exclut la présupposition d'une extériorité objective, et le mouvement même des concepts et des règles opératoires, qui se prolongent, se combinent et se réfléchissent comme « objets », exclut toute conscience fondatrice à la source même de ce mouvement.

Selon J. Cavaillès « ce n'est pas une philosophie de la conscience mais une philosophie du concept qui peut donner une doctrine de la science. La nécessité génératrice n'est pas celle d'une activité, mais une dialectique. »¹⁷⁰ C'est dire que le développement du « système des sciences », — s'il est vraiment une totalité autosuffisante comme le montrent les mathématiques, — est un développement parfaitement autonome par rapport à l'activité de conscience du sujet mathématicien. Mieux dit : la conscience, dont l'agir ne peut être exclu, est une simple instance par laquelle passe les problématiques et les solutions mathématiques, c'est-à-dire la dialectique même du développement des contenus objectifs du système.

¹⁶⁹ *Ibid.*, p. 43.

¹⁷⁰ *Ibid.*, p. 78.

Ainsi les actes d' « idéalisation »¹⁷¹ et de « thématization »¹⁷² du mathématicien¹⁷³ sont appelés nécessairement par les structures et leurs règles opératoires. L' « idéalisation » consiste, par exemple, à suivre des opérations arithmétiques ou algébriques et à engendrer de nouveaux nombres « idéaux » qui appellent une « extension du corps d'origine »¹⁷⁴, c'est-à-dire de l'ensemble des nombres d'origine dont on procède. L'opération n'est donc pas solidaire des seuls éléments d'origine sur lesquels elle porte. L'opération en est libérée. De même, une opération précise comme l'addition peut être l'illustration d'un signe, d'un symbole élevé au rang de « paradigme »¹⁷⁵, qui désigne de manière plus extensive une « loi de composition » interne à de multiples structures. Quant à la « thématization », elle réfléchit les règles d'une structure et en dégage les caractéristiques. En termes spinozistes, la « thématization » est « l'idée de l'idée »¹⁷⁶. A l'opéré aveugle s'adjoint le sens de l'opération¹⁷⁷. Du coup, s'élabore la *Théorie des groupes*, jusqu'à l'axiomatisation de la « structure algébrique ». Il en irait de même pour la « thématization » des relations de voisinages, de limites et de continuité conduisant à la « structure topologique » ainsi que par la « thématization des relations de succession » conduisant à la « structure d'ordre ».

Ces actes de « thématization » et « d'idéalisation », qui déploient les mathématiques et inventent les êtres et les structures mathématiques, relèvent cependant de la nécessité, en ce sens que les constructions mathématiques ne procèdent jamais de l'arbitraire subjectif. Le sujet mathématicien n'est pas libre, il n'est qu'une configuration stabilisée d'un auto-développement du système, comme le conçoit avec justesse P. Cassou-Noguès à propos de Cavaillès : « le sujet est un système d'opérations, constituées et réfléchies dans le devenir mathématique. »¹⁷⁸ L'initiative de l'esprit ne consiste qu'à énoncer un problème immanent au système et à lui trouver une solution qui lui reste immanente, de telle sorte que l'esprit n'apporte rien d'extérieur au système pour l'enrichir de nouvelles bases arbitraires et le dynamiser dans une direction contingente par une invention qui ne trouverait pas sa source dans un problème nécessité par le système lui-même.

Mais En quoi Bachelard se rapproche-t-il de Cavaillès ? Quelles sont les convergences repérables ?

¹⁷¹ L'expression est de H. Sinaceur. (Cf. « Cavaillès et les mathématiques », *I.R.E.M.*, ellipses, 1996, p. 314).

¹⁷² Ibid., p. 30.

¹⁷³ Pour tout cela, voir le très bel article de H. Sinaceur, « Cavaillès et les mathématiques », in op.cit, pp. 302-316.

¹⁷⁴ *Supra*, Chap. I, III.

¹⁷⁵ *Sur la logique et la théorie de la science*, op.cit, p. 17.

¹⁷⁶ « Une opération est réfléchie lorsque, par thématization, elle est considérée, à son tour comme objet, objet dans une seconde opération. Il y a analogie avec l'idée de l'idée dans le système de Spinoza. Ce que Cavaillès appelle "opération" est comparable à ce que Spinoza appelle "idée". » Cf. P. Cassou-Noguès, « Critiques des philosophies de la conscience : James et Russell, Cavaillès, Lacan et Merleau-Ponty », in *Le Concept, le sujet et la science*, (éd.) P. Cassou-Noguès et P. Gillot, Vrin, 2009, p. 81.

¹⁷⁷ Piaget appelle cela : « l'abstraction réfléchissante » (cf. *Le Structuralisme*, P.UF, « que sais-je », p. 18).

¹⁷⁸ « Critiques des philosophies de la conscience : James et Russell, Cavaillès, Lacan et Merleau-Ponty », in op.cit, p. 81.

Bachelard, critiquant la phénoménologie de Husserl et toute fondation de la science dans les évidences intuitives d'un sujet pur, s'appuie sur « l'apodicticité de la relation »¹⁷⁹ et l'évidence discursive, comme conscience de l'impossibilité de penser discursivement autrement que ce qui est démonstrativement posé ; ce qui lui permet de refuser le recours à un sujet fondateur.

S'il est d'accord avec le « logicisme » de Husserl, en ce que ce dernier reconnaît le statut normatif de l'apodicticité de certains jugements et de l'enchaînement de propositions par rapport aux faits psychologiques, il reste que Bachelard ne s'accorde pas avec Husserl sur la nature même de cette apodicticité. Encore une fois, selon Bachelard, l'apodicticité porte sur des relations conceptuelles et relève d'une « évidence discursive » distincte en cela de l'évidence d'une intuition qui remplit la visée d'une signification isolée.

Or un tel sens de l'apodicticité rapproche l'épistémologie bachelardienne de la conception de l'apodicticité démonstrative du « système des sciences », telle que la prône Cavaillès.

D'autres convergences sont repérables. Tout d'abord, la fondation de la science par une construction axiomatique qui réorganise les bases du savoir. Bachelard, dans son article « *L'Œuvre de Jean Cavaillès* », souligne que Cavaillès voyait le problème du fondement des mathématiques comme un problème interne aux mathématiques et qui, comme tel, pouvait se résoudre par la « création mathématique »¹⁸⁰. Ce que permet, entre autres, l'acte de « thématization » qui dégage les structures fondamentales des mathématiques et qui, sur la voie de l'axiomatisation, pointe les problèmes posés par le fondement des mathématiques jusqu'à la frange ultime de la métamathématique empruntée par Hilbert et Gödel¹⁸¹. Bachelard résume la position de Cavaillès par la proposition suivante : « il faut fonder en créant et créer en fondant. »¹⁸² Proposition qu'il peut faire sienne, lors même que l'on passe des mathématiques à la physique et à la chimie, puisqu'elle s'accorde avec les caractéristiques « d'ouverture », « d'axiomatisation », de « travail » du « rationalisme appliqué », que Bachelard reconnaît, en le couplant avec le « matérialisme technique », comme la philosophie la plus intense et la plus efficace de l'esprit scientifique.

Ainsi Bachelard écrit-il : « en somme, nous croyons qu'on fonde en construisant. La superstructure de la science consolide les fondations. »¹⁸³ Et cela n'est pas seulement vrai lors d'une réorganisation axiomatique qui élargit la base du savoir sur une nouvelle

¹⁷⁹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 121.

¹⁸⁰ « *L'œuvre de Jean Cavaillès* », in op.cit, p. 186.

¹⁸¹ Pour une présentation rapide et pédagogique de ces problèmes rencontrés par le « logicisme », « l'intuitionnisme » et le « formalisme », je me permets de renvoyer à mon petit livre : « *La nature est un livre écrit en langage mathématique* », Pleins feux, 2002, collections variations.

¹⁸² « *L'œuvre de Jean Cavaillès* », in op.cit, p. 187.

¹⁸³ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 121.

cohérence rationnelle, mais cela est vrai d'un phénomène qui est « vraiment *constitué* par les *démonstrations* des sciences physiques »¹⁸⁴ ou chimiques.

Plus rarement soulignée, une autre convergence se découvre dans la conception du sujet épistémique. En effet, chez Cavallès, le sujet n'est qu'une configuration provisoirement stabilisée d'un auto-développement de la systématique mathématique. Ainsi le sujet mathématicien est pluralisé selon des niveaux d'axiomatisation produit par la « thématization » interne au système. À la limite, il faut reconnaître non pas « un » sujet, mais « des » sujets identifiés, à chaque étage de l'abstraction axiomatisante, à un système d'opérations, à la fonctionnalité opératoire d'un système axiomatique. Chez Bachelard, le sujet est également constitué en rationalité, mais cette constitution n'est jamais définitive : elle est continuée. Non seulement l'esprit scientifique doit être vigilant et se surveiller en installant par « dédoublement psychologique »¹⁸⁵ des instances de « surveillance intellectuelle de soi »¹⁸⁶, mais la réorganisation des axiomatiques régionales dépose, à titre d'unité fonctionnelle de ces nouvelles axiomatiques, une nouvelle figure du sujet rationnel. L'être psychique de l'homme est essentiellement voué au progrès s'il convertit ses intérêts vers les valeurs de la rationalité scientifique ; et, sur l'axe de ce progrès, non seulement le sujet se divise en « moi empirique » et en « moi rationnel », mais le « moi rationnel » se pluralise en niveaux ontologiques correspondant à un niveau d'abstraction depuis la constitution des « lois empiriques » jusqu'aux axiomatiques les plus englobantes, fussent-elles limitées à une région du savoir. À l'ontologie du sujet issu de l'intuition du cogito, d'une « déduction transcendantale » à la manière kantienne ou encore d'une « réduction phénoménologique », et qui toutes donnent la figure d'un sujet originaire, unitaire, identique à lui-même et fondateur des sciences, Bachelard substitue, en suivant la leçon des sciences, une « ontologie discursive où l'être se consolide par la connaissance. »¹⁸⁷ A « l'être affirmé dans un cogito initial »¹⁸⁸, il substitue « l'être confirmé par son travail ordonné. »¹⁸⁹ Le sujet épistémique ne cesse donc, au cours du progrès scientifiques, de prendre de nouvelles figures à titre d'unité corrélatrice de la structure rationnelle et apodictique qu'il fait fonctionner. En effet, « comment croire que des connaissances si rationnellement nouvelles qui réclament sans cesse un élargissement et une réforme de la rationalité, ne déterminent pas des modifications psychologiques radicales ? A nos yeux, une ontogénie, du côté du sujet, doit correspondre à la puissance objectivement créatrice de la culture scientifique. »¹⁹⁰

Les convergences de Bachelard avec Cavallès ne doivent pas, cependant, cacher les oppositions, dont la plus importante est le refus de « l'antipsychologisme radical » de Cavallès. Nous sommes là conduits à réitérer les motifs épistémologiques qui

¹⁸⁴ *Ibid.*, p.120.

¹⁸⁵ *Ibid.*, p. 25.

¹⁸⁶ *Supra*, chap. IV, III.

¹⁸⁷ *Ibid.*, p. 46.

¹⁸⁸ *Ibid.*, p. 46.

¹⁸⁹ *Ibid.*, p. 46.

¹⁹⁰ *L'Activité rationaliste de la physique contemporaine*, op.cit, p. 8.

valaient contre la prétention à un dépassement intégral du « psychologisme » par la « réduction phénoménologique » de Husserl. L'épistémologie de Bachelard se propose de « suivre les étapes de la réduction du psychologisme et de l'institution du rationalisme »¹⁹¹ puisqu'on ne saurait vaincre « définitivement le psychologisme »¹⁹². Et, lors même qu'on s'installe dans la normativité de l'apodicticité démonstrative des mathématiques, Bachelard refuse de réduire l'activité de l'esprit mathématicien à être l'instance par où transite le déploiement autonome du système mathématique dans une dialectique immanente et nécessaire de problèmes et de solutions. Ce n'est pas tant qu'il faille sans cesse réassumer, par un effort spirituel, les structures apodictiques qui ont été apprises, et qui constituent le sujet en rationalité, ce dont pourrait rendre compte une « physiologie du psychologisme »¹⁹³ à côté du « l'anatomie des idées »¹⁹⁴ dénombrées. Ce n'est pas tant qu'il faille sans cesse se diviser intérieurement, se dédoubler pour se surveiller intellectuellement. C'est que la dialectique du « rationalisme enseignant » et du « rationalisme enseigné », la dialectique du « rationalisme questionnant » les bases mêmes du savoir, lorsqu'une idée est inadéquate à un fait, suppose une force, un élan de l'esprit, un « tonus rationaliste »¹⁹⁵ pour poser un problème et, plus encore, pour trouver sa solution, provoquant ainsi la promotion d'un nouveau sujet rationaliste, car « la pensée est une force, ce n'est pas une substance. Plus grande est la force et plus haute est la promotion d'être. »¹⁹⁶ En d'autres termes : l'être sujet est le repos de l'esprit scientifique ; le terme d'une tension discursive.

Contrairement à ce qu'affirme Cavaillès, l'esprit scientifique, et donc les esprits scientifiques au sein de la culture qu'est la « cité scientifique », ont une réelle initiative pour poser des problèmes et leur trouver des solutions. L'histoire des sciences physiques et chimiques prend ainsi des allures de progrès moins linéaires et plus fragmentées, plus régionalisées parce que l'esprit scientifique ne reflète pas le déploiement autonome du concept, mais doit procéder par construction de concepts opératoires sur la réalité des phénomènes externes.

En insistant sur ce dernier point, une autre critique de la conception de Cavaillès apparaît. Bachelard ne subordonne pas la physique et la chimie à l'auto-développement de « l'organon mathématique » comme « système des sciences », ce qui serait concevoir cette totalité en mouvement comme leur *instance unitaire fondatrice*, même si celle-ci est en instance de fondation par une « métamathématique » interne au système lui-même.

¹⁹¹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 19.

¹⁹² *Ibid.*, p. 16.

¹⁹³ La « physiologie du psychologisme » « doit faire comprendre la puissance intellectuelle » qui dynamise « la cohérence rationnelle » (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 159), qui « détemporalise » le passé de culture (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 27) et offre une totalité cohérente de pensées apodictiques. Ce qui permet de « penser clair » et surtout de « penser vite » (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 101)

¹⁹⁴ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 101.

¹⁹⁵ « De la nature du rationalisme », in op.cit, p. 48.

¹⁹⁶ « Le problème des méthodes scientifiques », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 36.

Bachelard compare les valeurs apodictiques de la logique, des mathématiques et de la physique, à quoi on ajoutera celles de la chimie. Les valeurs apodictiques sont déclarées de même « espèce »¹⁹⁷, au motif que l'apodicticité dont il est question est « démonstrative », « discursive » ; bref : elle est « apodicticité de la relation »¹⁹⁸. C'est dire que Bachelard ne conçoit pas d'emblée les rapports des mathématiques, de la logique et de la physique ou de la chimie comme des rapports de fondation. En revanche, dans chacun de ces domaines, une même puissance démonstrative est à l'œuvre. L'apodicticité de relation y règne. Et, dans tous ces domaines, elle a même valeur normative pour l'esprit scientifique. Il n'est donc pas nécessaire que la physique et la chimie soient absorbées par le système mathématique, jusqu'à être déductibles de ce même système pour trouver un fondement. Fondement, d'ailleurs, difficilement trouvable puisque le rationalisme de la physique se pluralise en multiples régions sans pouvoir être résumé dans un « rationalisme général ». Selon Bachelard, il suffit, par exemple en physique, fût-ce dans un « rationalisme régional », qu'un phénomène soit « constitué », « démontré »¹⁹⁹ par des concepts opératoires définis relationnellement pour que « le corps des concepts » en question ait valeur de *fondement autonome* pour cette région. Et que ces concepts soient fortement mathématisés, comme ils le sont dans la physique contemporaine, cela ne signifie pas, — contrairement à la prétention de Cavailles, — que la physique ne soit qu'une connaissance ou un département d'un système mathématique en développement autonome.

Cette dernière critique bachelardienne de la « doctrine de la science » de Cavailles nous donne l'occasion de préciser la façon dont Bachelard conçoit les rapports entre la logique, les mathématiques et les sciences physique et chimique. Cette précision nous permettra d'interroger enfin avec vigueur et en toute rigueur la question, sans cesse différée dans ce chapitre : celle du fondement de la physique et de la chimie.

V

Le statut de la logique et des mathématiques

Dans l'article « *Psychologie de la raison* »²⁰⁰, Bachelard présente trois positions épistémologiques sur la nature et le statut de la logique par rapport aux mathématiques et à la physique. La prétention à développer une « logique pure »²⁰¹, en procédant par réduction pour dégager la forme d'un système antérieur, c'est-à-dire les axiomes de ce système, ne peut jamais aboutir à la présentation d'une pure syntaxe de symboles arbitraires qui puisse effacer le moment psychologique de la réduction, de la formalisation. Un « sémantisme psychologique », l'ouverture sur une totalité cohérente d'éléments préalables, une « cohésion psychologique des théorèmes »²⁰², par exemple, œuvre dans l'esprit du logicien, lors même qu'il prétend prendre son point de départ au

¹⁹⁷ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 120.

¹⁹⁸ *Ibid.*, p. 121.

¹⁹⁹ *Ibid.*, p. 120.

²⁰⁰ « *La psychologie de la raison* », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p.27-34.

²⁰¹ Au congrès de 1938 cette position est représentée par monsieur Barzin.

²⁰² *Ibid.*, p. 33.

niveau des axiomes. « Quand un auteur donne la liste des axiomes d'une construction, il a déjà éprouvé la possibilité et la solidité de cette construction. Il mime l'ignorance, mais il n'est pas ignorant. Il prétend être à l'absolu de la réduction, mais il retrouve toujours le terme de cette réduction par une récurrence psychologique. »²⁰³

La deuxième position est celle de Gonseth, qu'il nomme « logique mathématisante », au motif que les mathématiques débordent les cadres stricts de la logique existante pour susciter de nouvelles logiques par ses constructions nouvelles.

Gonseth constate à la fois la nécessité d'une doctrine préalable à la géométrie et l'impossibilité de la définir avant le travail mathématique de construction de cette géométrie. D'où l'idée de procéder *a posteriori* du travail mathématique pour élaborer une logique idoine à la construction mathématique.

Le processus de fondation suit le processus de construction, et donc la logique elle-même n'est jamais définitivement arrêtée pour constituer le fondement des mathématiques dans l'ordre statistique d'un empyrée intelligible ou d'une raison immuable.

Bachelard se déclarera très proche de la position de Gonseth²⁰⁴; mais, en 1938, il croit s'en démarquer en supposant que « l'idonéisme » porte bien plus sur « la recherche »²⁰⁵ présente des mathématiques, que sur « la réduction »²⁰⁶ formalisante. Ce pourquoi Bachelard affirme, pour définir sa propre position, qu'il accepte « aussi bien la réduction barzinienne que l'idonéisme gonsethien. »²⁰⁷

Cependant, il se démarque effectivement de Gonseth, et beaucoup plus sûrement, en ce qu'il met en cause la conception de la logique même de Gonseth comme « physique de l'objet quelconque »²⁰⁸. « Cette physique de l'objet quelconque », portée à un degré poussé d'abstraction, va jusqu'à libérer l'objet de sa propriété de présence spatio-temporelle que la physique moderne a déjà fortement ébranlée²⁰⁹. Or, selon Bachelard, cela limite les occasions de diviser la logique, d'en pluraliser les principes ;

²⁰³ *Ibid.*, p. 33.

²⁰⁴ Cf. *La Philosophie du non*, op.cit, p.50 et p. 104 ; *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 37.

²⁰⁵ « *La psychologie de la raison* », in op.cit, p. 28.

²⁰⁶ *Ibid.*, p. 28.

²⁰⁷ *Ibid.*, p. 28.

²⁰⁸ *Ibid.*, p. 29. Cette expression de Gonseth se trouve dans son ouvrage, *Les Mathématiques et la réalité*, Blanchard, (1936), 1974, chap. VIII, p. 155. De Kant à Gonseth, Bachelard présente, — en citant Kant (cf. Kant *Critique de la Raison pure*, trad. Bami, t.I, p. 91 et sq), — cette conception de la manière suivante : « La logique transcendantale "concerne par conséquent l'entendement, abstraction faite de la diversité des objets aux quels il peut être appliqué". Au contraire, "la logique de l'usage particulier de l'entendement contient les règles à suivre pour penser justement sur certaines espèces d'objets". C'est donc dire que la logique appliquée reste solidaire du principe de l'objectivation. On obtiendra alors la logique le plus générale en retranchant tout ce qui fait la spécificité des objets et c'est en cela que la logique générale est finalement, comme l'a si bien dit Ferdinand Gonseth, *la physique de l'objet quelconque*. »

²⁰⁹ Ce que reconnaît, comme tel, Gonseth. Cf. *Les Mathématiques et la réalité*, Blanchard, (1936), 1974, p. 157.

bref : d'étendre la psychologie de la raison à de multiples logiques, dont la fonction normative se limite à une échelle de phénomène. Gonseth pense, en effet, que toutes les logiques peuvent se ramener à une logique générale et minimale de « l'objet quelconque » ; et ce, en oblitérant le lieu de l'objet et en ne gardant de l'objet que l'idée d'un fait de présence ou d'absence de cet objet²¹⁰. Mais Bachelard s'en tient à un degré moindre d'abstraction. L'objet quelconque, tout d'abord, est particulier, spécifique à la perception macroscopique : « ce qui me frappe c'est que les propriétés de l'objet quelconque s'accordent avec les principes de la localisation des objets »²¹¹, la localisation de la géométrie euclidienne²¹². En passant au niveau microscopique, au niveau du « micro-objet quelconque »²¹³, une autre logique s'élabore : une logique non-aristotélicienne²¹⁴ appliquée à des phénomènes qui se produisent dans un « espace fonctionnel »²¹⁵ distinct de « l'espace de l'intuition ordinaire »²¹⁶. Ce n'est donc pas seulement les mathématiques qui déposent des logiques, mais les progrès de la physique dans l'approximation du réel qui fait apparaître de nouveaux phénomènes à différentes échelles. Et, loin de rechercher une logique générale qui englobe toutes les logiques appliquées, « il est nécessaire de déterminer autant de logiques qu'il y a de types d'objets quelconques »²¹⁷ pour être « idoine » au progrès de la physique et ne pas en arrêter le mouvement par les philosophèmes d'une épistémologie dépassée.

Ainsi la *logique générale* laisse place à une pluralité de *logiques appliquées* qui ne valent pas comme structures fondatrices immuables, mais comme des règles axiomatiques en voie de formalisation ou entièrement formalisées, mais dont la valeur normative est fonctionnelle, c'est-à-dire ouverte sur une révision, et limitée à un « type d'objet quelconque ». Ce pourquoi Bachelard caractérise sa position épistémologique comme « logique psychologisée »²¹⁸ ; en d'autres termes : une syntaxe logique, — il en ira de même pour une axiomatique, — est toujours, en amont, en voie de formalisation, de réduction, et, en aval, toujours spécifiée psychologiquement par le sémantisme de « l'objet quelconque » propre à un niveau de réalité, propre à une certaine échelle de grandeur.

La nature et le statut des mathématiques chez Bachelard ont déjà été abordées. Bachelard s'oppose au « logicisme » qui fonde les mathématiques dans la logique, de même, il s'oppose également au « formalisme » strict. Ne serait-ce qu'en ce qu'il fonde l'arithmétique sur la construction intellectuelle d'une « forme rythmique » et qu'il reconnaît, à la base de toute axiomatique, une totalité cohérente éprouvée psychologiquement, qui offre un contenu sémantique, à titre d'instance exemplaire, de

²¹⁰ Pour la conception des mathématiques et de la logique de Gonseth, voir l'excellent article de M. Panza, « Gonseth et les mathématiques », in *Les Philosophes et les mathématiques*, op.cit, p. 272. 274.

²¹¹ « La psychologie de la raison », in *L'Engagement rationaliste*, op.cit, p. 30.

²¹² Cf. *La Philosophie du non*, op.cit, p. 107.

²¹³ « La psychologie de la raison », in op.cit, p. 30.

²¹⁴ Cf. *La Philosophie du non*, op.cit, Chap. V.

²¹⁵ *Ibid.*, p. 109.

²¹⁶ *Ibid.*, p. 109.

²¹⁷ *Ibid.*, p. 111.

²¹⁸ « La psychologie de la raison », op.cit, p. 28.

cette axiomatique et qui, comme « intuition travaillée », est à la base de « l'effet de réel »²¹⁹ de « l'effort poétique des mathématiciens »²²⁰

Le « constructivisme pré-intuitionniste » de Bachelard, couplé au « réalisme métaphorique », constitue le doublet le plus intense du rationalisme actif du mathématicien. Et celui-ci indique que les mathématiques, transcendant toute l'empiricité de la physique et de la chimie, sont, comme le voyait Cavaillès, dans un mouvement de création qui sert à fonder et un mouvement de fondation qui sert à créer. Cependant, les termes ultimes du côté du fondement et du côté des êtres créés ne pouvant être désignés *a priori*, — la totalité systématique n'étant pas assurée du fait de la fragmentation régionale des mathématiques, — le mouvement de création et de fondation de l'esprit est indéfini et constamment à la recherche de la systématité et du fondement²²¹ propre aux mathématiques.

VI

La fondation des sciences physiques et chimiques

Passons à la physique et à la chimie, quant à leur rapport de fondation avec la logique et les mathématiques. De ce qui précède, nous pouvons retenir que la physique et la chimie ne trouvent pas leur fondement dans la logique. « La logique », pour Bachelard, se pluralise toujours en « logiques appliquées » qui dérivent du type d'objet dont la physique s'occupe. Elles ne trouvent pas non plus leur fondement dans les mathématiques, si on entend par là la possibilité d'une déduction démonstrative d'un « rationalisme général » *a priori* dont les principes unifiés seraient précisément fondateurs de ces sciences. Loin d'être déduit des mathématiques, le « rationalisme général » que prône Bachelard est, comme nous l'avons déjà souligné, un « rationalisme intégral »²²² qui n'est qu'une manière de jouer de « différentes axiomatiques de base » qui structurent fonctionnellement une région du savoir sur un domaine de phénomènes et à une certaine échelle de grandeur. S'il y a fondement, il est à trouver dans chacune des régions du « rationalisme appliqué ».

Mais cette question du fondement des « rationalismes régionaux » de la physique ou de la chimie, est-elle pertinente dans sa formulation ? Est-elle-même recevable ?

A propos de la *fondation directe* de la science électrique, c'est-à-dire d'un « rationalisme régional », Bachelard écrit que « cette question pourra paraître oiseuse au philosophe qui croit que la physique n'est susceptible que d'un fondement délégué et que toute la science du réel s'appuie nécessairement sur la connaissance vulgaire de la

²¹⁹ *Supra*, chap. I, V.

²²⁰ *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 35.

²²¹ On sait, cependant, — ce que n'aborda jamais Bachelard, — que les théorèmes d'incomplétude de Gödel, construits dès 1931, démontrent l'impossibilité pour un système donné de démontrer sa propre non-contradiction. Ce qui frappe d'impossibilité un fondement ultime des mathématiques, fussent-elles unifiées.

²²² *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 132.

réalité. »²²³ Un tel philosophe en effet nie la rupture entre connaissance commune et connaissance scientifique ; il nie les événements de raison par lesquels émergent des « noyaux d'apodicticité » et finalement ne reconnaît pas la puissance démonstrative de « l'apodicticité de relation » dont l'organicité démonstrative ne fait pas qu'*informer* un phénomène, mais le *constitue démonstrativement*.

En revanche, dès lors que sont reconnus ces « noyaux d'apodicticité » autour desquels s'organisent socialement des cantons de la cité scientifique²²⁴, se posent la question du normativisme de ces « noyaux », à savoir leur fondation axiomatique et leur intégration, leurs lieux, dans le corps même du savoir physique ou chimique. C'est dans la mesure même où le « rationalisme régional » repose sur un « corps de concepts »²²⁵ définis par interrelation que se pose « directement »²²⁶ le problème de leur fondation dans une axiomatique qui renforce la dimension démonstrative de leur interrelation.

Mais un tel fondement n'est jamais premier, il est toujours second. Il suit la construction des concepts relationnels d'un domaine de phénomène et ne trouve ses garanties objectives que lorsque le phénomène, déduit par les démonstrations nouménologiques, est, en même temps, constitué, réalisé ou encore créé sur le plan des techniques instrumentales non pas par un « effort du sujet »²²⁷ isolé, mais par les cités « scientifique » et « technique ».

Aussi étrange que cela puisse paraître, la *fondation suit la construction*. « En ce qui concerne l'édifice de la science, on peut bâtir sans le fonder. »²²⁸ Un phénomène nouveau ou inexpliqué dans le cadre d'une théorie déjà fortement axiomatisée peut réclamer une réorganisation des bases du savoir pour recevoir des raisons, pour être informé ou déduit. On peut penser, à titre d'exemple, à l'expérience de Michelson-Morley qui ne peut rendre compte, dans le cadre de la mécanique classique, de la vitesse de la terre par rapport à un prétendu éther fixe. Les principes de la Relativité restreinte, assortis du groupe de transformation de Lorentz, démontrent, en raison, la nécessité de cet échec en généralisant la relativité de deux systèmes de référence en translation l'un par rapport à l'autre, et chacun animé d'un mouvement uniforme, aux phénomènes électro-magnétiques qu'ils contiennent. Ainsi « les principes prennent assez de lumière pour qu'on puisse dire : on aurait dû prévoir ce que nous venons de voir. »²²⁹ Les nouveaux principes réorganisent le savoir et démontrent, avant toute réalisation technique, un phénomène qui sera vérifié, et cette vérification « détermine une véritable récurrence de rationalité »²³⁰ sur les principes. « On *aurait pu*, on *aurait dû* prévoir. »²³¹

²²³ *Ibid.*, p. 121.

²²⁴ Par exemple, « il existe dans la cité scientifique un canton relativiste. » Cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p.133.

²²⁵ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 144.

²²⁶ *Ibid.*, p. 120.

²²⁷ *Ibid.*, p. 137.

²²⁸ « *Le problème philosophique des méthodes scientifiques* », in op.cit, p. 42.

²²⁹ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 154.

²³⁰ *Ibid.*, p. 121.

²³¹ *Ibid.*, p. 123.

Les nouveaux principes prennent alors *valeur de fondement*. Ce « rationalisme récurrent »²³² solidarise « la réciprocité des dialectiques qui vont sans fin, et dans les deux sens, de l'esprit aux choses »²³³ ; il fait refluer la réalisation technique du phénomène sur la rationalité apodictique des concepts rationnels. La vérification expérimentale reflue sur la puissance démonstrative de la rationalité du noumène dont le phénomène vérifié n'est qu'une exemplification réelle d'un « possible » pensé théoriquement dans le « noumène », dont précisément les « relations apodictiques » entre concepts imposent la forme même au réel.

Nous avons pris un exemple qui implique une réorganisation des bases mêmes du savoir, mais nous pourrions rappeler des exemples qui impliquent une « induction transcendante » de deuxième approximation, sans qu'il y ait une réorganisation bousculant les bases du savoir, mais, plutôt, apport de bases plus larges. Ainsi, les équations algébriques qui rendent compte, dans une première approximation, des raies spectrales émises par les atomes, sont intégrées et déduites de l'équation de Schrödinger dont la fonction d'onde donne le comportement d'une particule, notamment autour d'un noyau attractif en quantifiant une orbitale atomique, ce qui permet de rendre compte des raies spectrales ainsi que des périodes et des familles du tableau de Mendeleïev²³⁴. La deuxième approximation, ouvrant le domaine de la chimie quantique, constitue un « corps de concepts » fortement liés, coordonnés par une « nécessité constructive », une « apodicticité de relation » telle que se trouve fondé tout un canton du savoir dont les garanties objectives sont phénoménotechniques. Là, également, apparaît un « rationalisme récurrent » qui peut, — du fait de la clarté récurrente du corps des concepts de seconde approximation, — aller jusqu'à effacer de la formation culturelle la nécessité du processus de première approximation. Du coup, le « corps de concepts » avec ses principes fonctionne comme « fondement ». Que le fondement ne soit pas de l'ordre d'une « structure immuable », mais de l'ordre d'un usage, d'une « fonction fondatrice », d'un *a priori* fonctionnel, c'est dire que le rationalisme est « ouvert » sur des réorganisations incessantes, sur « une fondation incessante »²³⁵. Et, plus encore, puisqu'il y a avant tout des « rationalismes régionaux », ce n'est point d'une fondation et d'un fondement du « rationalisme général » dont il faut parler, mais de *multiples fondations*, de multiples fondements provisoires au sein de chaque région du savoir.

Au problème direct du fondement des sciences physiques et chimiques, — car à la limite « on peut aussi, hélas ! fonder sans bâtir »²³⁶, — Bachelard substitue la problématique de la *construction* de la physique et de la chimie. « Dans le règne de l'esprit, il faut avoir construit pour pouvoir fonder. On fait le toit avant la cave. »²³⁷

²³² *Ibid.*, p. 123.

²³³ *Ibid.*, p.1.

²³⁴ Cf. *Supra*, chap. II, III.

²³⁵ *Le Matérialisme rationnel*, op.cit, p. 7.

²³⁶ « *Le problème des méthodes scientifiques* », in op.cit, p. 42.

²³⁷ « *La psychologie de la raison* », in op.cit, p. 3.

Mais alors comment être certain de la solidité de la *construction* ? D'un côté : lorsqu'elle bénéficie d'une garantie objective par les phénomènes expérimentés, provoqués dans la nature à l'aide d'instruments techniques. D'un autre côté : lorsque les concepts scientifiques sont opératoires, se définissent par interrelations et s'inscrivent dans un « corps de concepts » relationnels. En ce sens précis, il y a bien ce que j'appellerais un « *fondement constructif* » de la physique et de la chimie. Il est dans la « bi-certitude »²³⁸ qui provient des dialectiques réciproques entre le « rationalisme appliqué » et le « matérialisme technique », c'est-à-dire, finalement, dans le lien entre les noumènes, qui lient apodictiquement les concepts en les définissant par leurs relations avec d'autres concepts, et la réalisation technique des phénomènes, dont les noumènes rendent raison démonstrativement. Le fondement des constructions de la physique et de la chimie est donc dans la réciprocité, dans la correspondance entre « l'apodicticité des relations » nouménologiques élaborées par l'esprit scientifique et le « réalisme technique » de ces mêmes relations réalisées par l'expérimentateur. Autre manière de dire le « *fondement* » : si le sujet épistémique n'est pas simplement « *affirmé* », mais « *constitué* » par « l'apodicticité des relations » et par ses dédoublements réflexifs de la « surveillance intellectuelle », alors la *construction* scientifique est *ontogénie réciproque*²³⁹ du sujet épistémique et de l'objet scientifique ; l'émergence solidaire d'une *cohérence rationnelle opératoire* et d'une *cohésion matérielle* sans irrationalité, qui réalise cette cohérence.

Nul besoin, donc, d'activité transcendantale du sujet pour fonder la science²⁴⁰, non plus que de constituer le sujet épistémique comme reflet du processus autonome du « système des sciences ». Bachelard évite l'écueil de l'*antipsychologisme radical* sans tomber sur l'*écueil psychologiste*, puisqu'il fait du sujet le siège d'une dialectique *continué* de psychologisme et de non-psychologisme dans la conscience impersonnelle

²³⁸ *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 3.

²³⁹ « A nos yeux, une ontogénie du côté du sujet, doit correspondre à la puissance objectivement créatrice de la culture scientifique. » Cf. *L'Activité rationaliste dans la physique contemporaine*, op.cit, p. 8.

²⁴⁰ B. Barsotti, dans *Bachelard critique de Husserl*, L'harmattan, 2002, apprécie l'absence de fondation transcendantale de la physique et de la chimie par Bachelard comme une « lacune » ou un « recul » de ce dernier ; ce qui n'a de signification que par rapport à la nécessité conçue d'une fondation transcendantale de la science par la phénoménologie husserlienne. Ce qu'il reconnaît volontiers (cf. *Ibid.*, p. 141). Notamment : Bachelard n'aurait pas su : « exhiber l'articulation temporelle effective des actes et opérations de connaissance nouvelles qu'il avait aperçues. (cf. *Ibid.*, p. 141). Mais si, d'une part, on prend vraiment en compte, en s'appuyant sur des exemples, (*supra*, chap. II, III; chap. II, VI; chap.VI), ce qu'est « l'apodicticité des relations » par lesquelles se définissent les concepts opératoires au sein d'un « corps de concepts », et dont les liens algébriques, hors de toute intuition géométrique, entraînent pour un esprit l'impossibilité de penser autrement ces relations (condition que ne remplit jamais B. Barsotti qui, dès lors, estime que « ce qu'est exactement l'apodicticité de relation... nous ne l'apprenons pourtant guère en détail. » Cf. *Ibid.*, p. 148) ; si, d'autre part, on garantit l'objectivité de cette apodicticité par une réalisation technique des phénomènes démontrés, alors il est parfaitement inutile de recourir à une fondation transcendantale pour « fonder » la physique et la chimie. « La réciprocité des dialectiques qui vont sans fin, et dans les deux sens, de l'esprit aux choses » (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 1) implique « la bi-certitude » (cf. *Ibid.*, p. 3) par laquelle se construisent la physique et la chimie en s'assurant de leur objectivité. Du coup, la fondation purement axiomatique d'un corps de concept relationnels et opératoires est toujours seconde par rapport à cette construction de l'édifice scientifique. Ni pour le fondement constructif, ni pour la fondation axiomatique, nous n'avons besoin d'une « fondation transcendantale ».

et vigilante du sujet rationaliste; puisqu'il distingue finalement « sujet assertorique » et « sujet apodictique ».

La fondation de la science n'est trouvée dans aucun point de départ absolu²⁴¹. Encore une fois, la fondation axiomatique est récurrente, elle est seconde et provient du mouvement de construction progressive des sciences. Si donc l'on veut, à tout prix, conserver le terme de fondation des sciences, en dépit de sa signification première inappropriée, il faut parler d'une « *fondation constructive* » dans la réciprocité des dialectiques du sujet et de l'objet et de leurs ontogénies parallèles.

²⁴¹ Ce en quoi Bachelard s'accorde avec Gonseth, qui rejette tout « fondement prédicatif » pour les mathématiques et, du même coup, pour l'ensemble des sciences (cf. « **L'Idée de dialectique aux entretiens de Zurich** », in *Dialectica*, volume I, n°1, 1947, p. 21-37). Un fondement prédicatif est un fondement *a priori* valable une fois pour toute et à partir duquel se déploie une « science prédicative », c'est-à-dire entièrement déductive. Les principes mêmes de toute science sont donc « dialectisables », « ré-organisables ». La garantie ultime des propositions scientifiques est posée comme étant « la conscience collective de la science » (cf. *Ibid.*, p.36). Or Bachelard trouverait cette garantie insuffisante. Comme nous l'avons vu, ce n'est pas l'intersubjectivité de la cité scientifique qui fonde la vérité. Le *cogitamus verum* s'ordonne à la vérité. L'apodicticité du noumène réalisé techniquement est la production même de la vérité qui fonde l'accord intersubjectif.

Conclusion

Des réflexions sur les réalismes épistémologiques de Bachelard se dégagent des caractéristiques de la philosophie des sciences de Bachelard, qui passent le plus souvent inaperçues aux yeux des commentateurs.

Et, tout d'abord, ce qui est le plus souvent passé sous silence¹ : l'épistémologie des mathématiques de Bachelard et le statut ontologique qu'elle réserve aux êtres mathématiques. Il est vrai qu'il n'a pas consacré d'ouvrages spécifiques aux mathématiques. Mais il leur réserve des chapitres ou bien produit des remarques sur leur rapport à la physique et à la chimie. Sur le plan ontologique, les êtres mathématiques relèvent d'une « réalité métaphorique ». Corrélativement, sur le plan épistémologique, ces êtres procèdent d'une construction de l'esprit. Cette « ontologie constructive », en quoi consistent les mathématiques, est projetée par l'esprit et non extraite du réel ; et le fondement des mathématiques, sur lequel, il est vrai, Bachelard n'a pas réfléchi ; eût été inscrit par Bachelard dans une métamathématique, interne au progrès même des mathématiques, conformément à l'épistémologie de la *fondation par récurrence*. De plus, il eût rendu cette dernière, au sein même de la construction spirituelle, indépendante de la logique et d'un strict formalisme, ou encore, plus subtilement il est vrai, il l'eût rendue indépendante d'un strict intuitionnisme ; comme on a pu le remarquer à propos du fondement de l'arithmétique et de la validité reconnue de la démonstration de l'existence d'ensembles parfaits, ayant la puissance du continu, tel que $\mathbf{R}$ comme ensemble infini indénombrable.

Enfin, chose rarement aperçue², et qui mériterait un travail à part entière : le succès du Calcul tensoriel de la Relativité générale (« science de rapports sans supports »³), — qui constitue un tremplin pour affirmer ontologiquement que « l'essence est une fonction de la Relation »⁴, — reflue sur l'apodicticité des relations algébriques en leur conférant un privilège épistémologique dans la construction de totalités relationnelles apodictiques qui esquissent les possibilités mêmes du réel.

Ce privilège de l'algèbre, associée d'ailleurs à l'arithmétique, n'a rien d'anodin, car, ce qui est en jeu, c'est précisément la compréhension du « réalisme des relations », la compréhension de « l'apodicticité des relations » et, plus encore, l'essence du processus d'objectivation du réel par l'esprit scientifique. Ainsi, s'il est vrai qu'un

¹ A quelques exception près : M. Loi (« **Bachelard et les mathématiques** », in *L'homme du poème et du théorème*, colloque du centenaire Dijon 1984, Editions universitaires de Dijon) ; R. Martin (cf. « **Bachelard et les mathématiques** », in *Bachelard colloque de Cerisy*, Union Générale d'Éditions, 10 /18, 1974 ; J. Vidal-Rosset (« **L'intuitionnisme de Gaston Bachelard** », in *Actualité et postérités de Gaston Bachelard*, 1997, op.cit).

² La raison, selon nous, se trouve dans le fait que le « réalisme des relations » est principalement avancé dans *La Valeur inductive de la relativité*, et que ce texte fait rarement l'objet d'un commentaire suivi. A quelque exception, il est vrai : cf. D. Parrochia, « **La lecture bachelardienne de la théorie de la relativité** », in *Bachelard et l'épistémologie française*, coordonnée par J.-J Wunenburger, P.U.F, 2003.

³ Cf. *La Valeur inductive de la relativité*, op.cit, p. 238.

⁴ Cf. *Ibid.*, p. 208.

noumène de type géométrique peut être schématisé dans une « intuition travaillée » de « l'espace fonctionnel »⁵ comme « lieu » des phénomènes, — ce qui se rapproche analogiquement du schématisme kantien des catégories de l'entendement dans l'intuition, — il reste qu'on ne peut ramener toute l'activité de l'esprit scientifique, fût-ce analogiquement, à une telle schématisation « dans une intuition travaillée »⁶. En effet, si l'algèbre prime la géométrie et que l'algèbre ne recourt pas à l'intuition d'un continu spatial, même selon une modalité « travaillée », c'est-à-dire détachée de l'intuition sensible, alors on ne peut faire du non-kantisme fonctionnel de l'esprit scientifique, revendiqué par Bachelard, une simple transposition analogique, à un autre niveau d'appréhension des phénomènes (microphysiques par exemple), de la schématisation conçue par Kant. Le réalisme des relations algébriques échappe à l'intuition spatiale, échappe au « voir ».

Pour être complet, il faudrait alors étudier une schématisation dont les règles de construction ne finissent pas nécessairement dans une figure spatiale. Dit négativement : une schématisation temporelle qui ne se rapporte pas à un temps donné comme « continuité infinie », non plus qu'à un espace donné comme infini dans une intuition pure. Continuité qui, d'ailleurs, pour ce qui concerne le temps, contredit l'affirmation ontologique, fondée sur la Relativité, du temps comme discontinu, puisque seul l'instant demeure comme absolu après la critique relativiste. Dit positivement : une schématisation qui s'appuierait sur « le réalisme d'un rythme » temporel analogue à celui de la série ordonnée de nos décisions dans un « temps psychique », — dont la forme est un « schème temporel » ou un « canevas temporel », — et qui produit le « rythme temporel » de nos actes dans le « temps vital » et le « temps des choses ». Plus précisément, par analogie avec « l'algèbre des actes »⁷, il s'agirait de suivre un phénomène, — sur un mode intuitif non moins travaillé que l'intuition spatiale de notre perception, — selon toutes ses variables en évolution, avec leurs rythmes propres, dans un système complexe qui lui-même possède un rythme propre.

Si le réel est fait de formes temporelles stabilisées rythmiquement, que nous ne saisissons comme telles que par une coïncidence stroboscopique avec nos propres instruments non moins rythmés par l'énergie qu'ils mettent en œuvre pour sensibiliser le réel et faire apparaître un phénomène, alors c'est moins le « voir » qui doit être privilégié que « l'écoute ». Idées nouvelles et fortes que nous apporte Bachelard : le vrai est de l'ordre d'une correspondance rythmique et le réel lui-même se dessine, se structure sous l'effet d'une émission énergétique quantifiée qui le sensibilise. Allons plus loin : le réel lui-même n'est-il pas la concrétion du rythme d'une énergie ? Voire : de : L'Energie fondamentale ?

⁵ Cf. « *L'espace de l'intuition ordinaire où se trouvent les objets n'est qu'une dégénérescence de l'espace fonctionnel où les phénomènes se produisent.* » Souligné Par Bachelard lui-même. Cf. **La Philosophie du non**, op.cit, p. 109.

⁶ Ce que prétend cependant B. Barsotti dans un article très stimulant : « le "non-kantisme" de Bachelard ; vers le sens transcendantal de la rupture épistémologique », in **Bachelard et l'épistémologie française**, op.cit.

⁷ Expression que Bachelard emprunte à P. Valéry. Cf. **La Dialectique de la durée**, op.cit, p. 69.

Des seules réflexions sur les mathématiques nous voilà transportés vers la métaphysique, au sens d'un dépassement de la science, vers une cosmologie et qui n'a rien de critique. Certes, mais si le philosophe ne prend pas de risques métaphysiques, qui en prendra ? De plus, de telles anticipations n'ont rien qui contredit les sciences en acte. Comme anticipations nourries des sciences non seulement ces affirmations métaphysiques se soumettent à leur verdict, mais encore elles stimulent les sciences à leurs frontières internes.

D'ailleurs, de tels risques sont assumés par Bachelard lorsqu'il fonde sa conception du temps pluralisé en multiples « rythmes d'instant » sur le seul absolu qui reste après la critique de la « simultanéité » et de la « durée », opérée après la Relativité restreinte et étendue à plus de généralité par la Relativité générale ; à savoir : l'instant, le point-événement. De cette pluralité des « rythmes d'instant », relatifs les uns aux autres, Bachelard élabore non seulement une métaphysique, qui permet de penser les diverses strates ou les divers « feuillets » du réel, que les approximations successives opérées par les sciences découvrent, mais il permet de fonder le réseau des structures dialogiques du sujet épistémique au-delà même du sujet empirique ou du moi naturel. Réseau que, précisément, une « nouménologie du sujet » met en exergue, et dont une phénoménologie du sujet peut pointer les manifestations.

Les figures du « réalisme du rythme » ne sont donc pas toutes métaphysiques, au sens péjoratif du terme. Le niveau qui, selon Bachelard, n'est pas du tout fondé sur une science, est le niveau biologique⁸. En revanche, le niveau physique et microphysique, de même que le niveau psychologique peuvent recevoir une légitimité héritée des sciences.

Cet héritage n'équivaut pas à une déduction ou démonstration interne aux sciences. Il s'agit d'une dérivation avec une prise de risque ontologique, assumée comme telle. En ce sens le « réalisme du rythme » se partage entre une « métaphysique risquée » et une « métaphysique positive ». En effet, distincte de cette métaphysique solidaire d'une prise de risques, Bachelard reconnaît une « métaphysique positive » interne aux sciences. Comme nous l'avons vu : la métaphysique positive, de même que la métachimie, porte sur des noumènes du niveau microphysique dont les réalisations métatechniques ne laissent aucun doute sceptique quant à leur statut objectif.

L'expression de « métaphysique positive », employée par Bachelard, indique qu'il passe outre à l'interdit positiviste hérité de Comte, selon lequel la science ne doit pas formuler de propositions sur la cause profonde des phénomènes et qui soient explicatives des phénomènes. Elle indique également que, contre le criticisme kantien, la science n'est pas limitée aux seuls phénomènes spatio-temporels de notre intuition sensible.

Cela signifie, comme nous l'avons indiqué, que le « réalisme technique » ou le « matérialisme technique » des sciences physiques et chimiques, — comme réalisme de réalisation dans une « phénoménotechnique » des noumènes mathématiques dont

⁸ Cf. *Supra*, Chap. V, I et II.

l'apodicticité est relationnelle, — a une portée ontologique. Il réalise des concepts relationnels en provoquant techniquement la nature, en forçant ses possibilités à se réaliser dans un phénomène qui appartient à un « feuillet de l'Être », à une certaine strate ontologique du réel constitué de relations. Le « réalisme des relations » est donc chez Bachelard, un « réalisme ontologique ». « Réalisme ontologique » faisant refluer les garanties objectives de l'ontogénie technique, c'est-à-dire le succès ontologique de la science, vers la pensée mathématisée. Ainsi Bachelard peut inverser le vecteur épistémologique, qui va habituellement du rationalisme au réel, et affirmer de manière provocante, par un renversement de l'ontologie *a posteriori* en ontologie *a priori* : « Au commencement est la Relation, c'est pourquoi les mathématiques règnent sur la réel. »⁹

Tous les « réalismes épistémologiques » de Bachelard, jusqu'à l'ontologie du « réalisme des relations » qui en est une conséquence, s'articulent entre eux pour caractériser principalement la philosophie des sciences de la physique et de la chimie, puisque « le réalisme métaphorique » des êtres mathématiques ne confère aux mathématiques pures aucune portée ontologique.

Ces caractéristiques articulées entre elles définissent la philosophie des sciences de Bachelard comme étant un « réalisme » : « réalisme scientifique », qui se distingue de tout « réalisme immédiat » ainsi que du « réalisme philosophique » de Meyerson, et qui confère à la science une portée ontologique (le réel créé sur le plan expérimental est sans irrationalité) en ce qu'elle atteint les relations mêmes l'Être.

Parmi ces caractéristiques, celles du « réalisme instruit », du « matérialisme technique » est essentielle. Elle est le pôle du réel scientifique. Mais, précisément, comme « raison réalisée »¹⁰, comme réalisation de la raison, elle indique le pôle même de la raison, de l'information rationnelle, c'est-à-dire le « rationalisme appliqué », comme l'autre caractéristique essentielle de la philosophie des sciences de Bachelard. Ces deux pôles du « champ de pensée » de l'esprit scientifique rendent compte, dans leur couplage dialectique de l'intensité maximale de l'activité scientifique. Et, en ce sens, cette « philosophie dialoguée »¹¹ est la philosophie des sciences la plus adéquate au progrès même des sciences. Les autres pôles de philosophies symétriques et contraires constituent des couples tels que ceux du « formalisme » et du « positivisme », du « conventionalisme » et de l'« empirisme » ou encore du « réalisme » et de l'« idéalisme »¹². Ceux-ci sont de moins en moins opérants, de moins en moins actifs dans la science en acte. Par exemple, le « formalisme » affaiblit le rôle du « rationalisme appliqué » en limitant l'activité de l'esprit scientifique à la mise en ordre de ses « résultats »¹³, alors que le rationalisme actif est ouvert sur l'inadéquation de la rationalité à l'expérience, de l'idée au fait, pour se faire questionnant et élaborer de nouveaux noumènes. Quant au « positivisme » avec lequel il se couple, il affaiblit non

⁹ Cf. « Noumène et microphysique », in *op.cit.*, p. 19.

¹⁰ Cf. *Le Nouvel esprit scientifique*, *op.cit.*, p. 9.

¹¹ Cf. *Le Rationalisme appliqué*, chap. I.

¹² Cf. *Le Rationalisme appliqué*, *op.cit.*, pp. 4-7.

¹³ Cf. *Ibid.*, p. 5.

moins le rôle de l'expérimentation du « matérialisme technique » en ce qu'il ne voit plus le « réalisme technique » de seconde position comme une réalisation de noumènes. Il perd de vue « l'apodicticité des relations » mathématiques par laquelle un phénomène se démontre sur le plan théorique et sur le plan technique. De tels couples de philosophies symétriques peuvent éventuellement servir¹⁴ dans les processus de dépsychologisation des notions, et donc dans le processus de surveillance intellectuelle de soi, mais ils sont inadéquats à la science en acte. Le « spectre »¹⁵ du rayonnement de l'esprit scientifique en acte étage hiérarchiquement les « philosophèmes » selon le niveau énergétique de leur activité depuis un centre où les deux rayonnements sont, pourrait-on dire, en poursuivant la métaphore, de la plus haute fréquence. Le « rationalisme appliqué » et le « matérialisme technique » sont les deux rayonnements du spectre qui témoignent de la plus haute énergie de l'esprit, de la force la plus active de l'esprit scientifique.

Mais, objectera-t-on, cette philosophie des sciences est-elle « adéquate » aux sciences physiques et chimiques en acte ? N'y-a-t-il pas contradiction dans la prétention à établir une telle philosophie, au motif qu'elle serait déjà périmée au moment où elle s'énonce ? En 1974, D. Lecourt soutenait que Bachelard n'avait, contrairement à ses vœux, jamais produit une philosophie des sciences adéquate aux sciences physiques et chimiques en acte. Et ce, parce qu'une telle philosophie réellement adéquate ne peut avoir « lieu »¹⁶, car cette prétention est « au cœur de toutes les philosophies idéalistes bourgeoises »¹⁷ qui pratiquent ce faisant un « détournement »¹⁸ des sciences pour justifier des « valeurs » idéologiques. Or, selon D. Lecourt, cette prétention, Bachelard la reprend et l'assume comme pouvant être remplie au même titre que les philosophies de la science passée, qui, aux yeux mêmes de Bachelard, remplirent ce projet d'adéquation à la science de leur temps.

Mais, toujours selon D. Lecourt, Bachelard ne remplira jamais son projet, qui relève d'une illusion idéologique, au motif que Bachelard lui-même refuse le « détournement » des sciences par la philosophie de la connaissance ; détournement qui est implicitement inhérent au projet de « l'adéquation » d'une philosophie de la connaissance avec les sciences.

¹⁴ Encore qu'on puisse fortement en douter pour ce qui concerne « l'idéalisme » et le « réalisme » puisque l'idéaliste « se contente de mettre en ordre les images qu'il se fait de la nature, en s'adonnant à ce que ces images ont d'immédiat. Il ne dépasse pas les limites d'un sensualisme éthéré. » (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, pp. 5-6). Quant au « réalisme », il postule le réel à partir d'une rencontre avec l'opacité irrationnelle des faits, ce qui est aux antipodes du centre actif de l'esprit scientifique qui affirme le réel scientifique comme raison réalisée dans des phénomènes sans irrationalité. « Le matérialisme actif » a précisément pour fonction de juguler tout ce qui pourrait être qualifié d'irrationnel dans ses matières et ses objets. (cf. *Le Rationalisme appliqué*, op.cit, p. 7).

¹⁵ Cf. *Ibid.*, p. 7.

¹⁶ D. Lecourt écrit : « si l'avènement de cette philosophie n'a jamais lieu, peut-être est-ce justement parce que cette philosophie n'a pas de lieu. Peut-être l'épistémologie de Bachelard se déploie-t-elle à l'ombre portée d'une véritable utopie philosophique. Un leurre, une utopie qui aurait la persistance – et la consistance – d'un fantasme. » cf. Bachelard, *Le Jour et la nuit*, Grasset, 1974, p. 30.

¹⁷ Cf. *Ibid.*, p. 52.

¹⁸ Cf. *Ibid.*, p. 53.

Contre une telle objection, on fera valoir que l'épistémologie de Bachelard est, selon la belle expression de C. Alunni, une « épistémologie poïétique »¹⁹ qui, précisément, s'élabore dans la science en acte, s'opposant en cela à ce « qu'on devrait qualifier de "contre-épistémologie" (ou de pseudo-histoire des sciences), abordant l'écriture de la science tout armé d'un "système philosophique *a priori*". »²⁰

Mais il reste à savoir si cette « épistémologie poïétique » reste pertinente pour rendre compte de l'activité d'un physicien ou d'un chimiste de notre époque ?

Or il me semble que l'épistémologie bachelardienne est toujours d'actualité, notamment en ce que « l'apodicticité des relations » propres aux mathématiques débouche, via le « réalisme technique », sur un « réalisme des relations ». Relations ontologiques qui se pluralisent en « feuillets » ou en « niveaux de réalité », qui correspondent à des ordres de grandeur, à une échelle, et dont les réalités de type relationnel apparaissent avec des caractéristiques propres à l'échelle ; caractéristiques qui sont fonction du niveau énergétique que ces réalités impliquent pour être sensibilisées et pour que, par cette sensibilisation, émergent les propriétés en quoi elles se résolvent substantiellement.

Ainsi la *Théorie de la relativité d'échelle*, qu'a créée le physicien-théoricien L. Nottale²¹, peut-elle trouver dans le « réalisme des relations », — comme ontologie *a posteriori* pluralisée en multiples « feuillets » de l'Être et solidarisée objectivement à « l'apodicticité des relations » de la nouménologie mathématique par le « réalisme technique », — un *philosophème* qui fonde le projet de cette théorie sur le mode du « pourquoi pas ? »²². Car rien ne s'oppose à cette théorie. Bien plutôt, tout semble appeler son formalisme mathématique comme « métaphysique de la science », à l'instar de ce que le Calcul Tensoriel de la Relativité générale avait pu réaliser ou encore, pour nous limiter à un exemple précis de Bachelard, de ce que J.-L. Destouches avait réalisé dans sa thèse²³ en réunissant « en un seul ensemble cohérent les principes d'une mécanique ponctuelle générale, puis ceux d'une mécanique ondulatoire générale »²⁴ ;

¹⁹ Cf. « Relativités chez Bachelard », in *Revue de synthèse*, tome 120, 4e S. N° 1, janvier-mars 1999, Albin Michel, p. 97.

²⁰ Cf. *Ibid.*, p. 97.

²¹ Cf. L. Nottale, *La Relativité dans tous ses états*, op.cit. J. Merker dans la *Revue de synthèse*, T. 120, 4^e S, N° 1 ; janvier-mars 1999, donne un compte rendu remarquable du livre de L. Nottale, *La Relativité dans tous ses états*. « Dans la lignée Galilée-Einstein, au quadri-vecteur d'espace-temps qui constitue en relativité restreinte le véritable invariant physique des systèmes de coordonnées, Nottale ajoute un nouvel élément, L'échelle, c'est-à-dire la résolution spatiale et temporelle à laquelle on observe un objet. » Cf. p. 166. À quoi on peut ajouter le passage suivant : « Le nouveau cadre consiste à considérer le continuum de toutes les résolutions spatiales possibles, sous la forme d'un espace des échelles. La résolution, c'est l'intervalle linéaire d'erreur avec lequel une mesure est faite. Une résolution très fine fait intervenir des échelles très profondes. L'échelle des échelles dans la Nature s'étend de l'échelle de Planck ($1.6 \cdot 10^{-35}$ m) à l'échelle cosmologique (10^{26} m). Le rapport est de plus de 10^{60} . Les lois physiques dépendent des échelles comme d'une cinquième dimension. Le principe de relativité d'échelle exigera la covariance des lois sous n'importe quelle transformation d'échelle. » Cf. p. 169.

²² Cf. *Le Nouvel esprit scientifique*, op.cit, p. 13.

²³ *Principes fondamentaux de la physique théorique*, préface de L. de Broglie, Paris, Hermann, 1942.

²⁴ Cf. *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, op.cit, pp. 136-137. Cité par C. Alunni, in « relativités chez Bachelard », op.cit, p. 110.

c'est-à-dire une « métamécanique » que Bachelard n'hésite pas à qualifier de « métaphysique de la science contemporaine. »²⁵

On ne peut ici entrer dans les détails. Mais deux commentateurs de Simondon ont montré avec justesse que cette *Théorie de la relativité d'échelle* suppose une conception de l'Être comme Relation²⁶. Or, historiquement, le « réalisme des relations » s'enracine chez Bachelard et, de plus, son caractère ontologique est foncièrement *a posteriori* et donc critique. Ce qui ne semble pas être le cas chez Simondon²⁷.

Quoi qu'il en soit, cela n'entame en rien l'actualité de l'épistémologie de Bachelard que, précisément, révèlent ses « réalismes épistémologiques ».

En travailler l'actualité, consisterait, dans une fidélité au « rationalisme appliqué », moins à répéter qu'à « ré-actualiser » l'épistémologie bachelardienne dans le « champ de la pensée » du physicien de notre époque, en préservant l'essentiel de son épistémologie ; à savoir, l'ontogénie réciproque et dialectique du sujet et de l'objet.

A toute émergence d'un feuillet de la pensée vient correspondre un feuillet de l'Être. Et ce processus indéfini a pour principe régulateur l'Idée d'un absolu qui, en un point, synthétiserait la discontinuité de tous les points-événements en un ensemble continu, ou bien encore, dans les termes de Cantor : un ensemble parfait.

²⁵ Cf. *Ibid.*, p. 137.

²⁶ J.H. Barthélémy et V. Bontems écrivent : « Le travail de Laurent Nottale, qui promeut un constructivisme fondé sur le principe de relativité et qui est destiné à réunifier la science physique, offre la perspective d'un dépassement vers une position tendanciellement réaliste. Ce dépassement ne va pas sans poser des difficultés d'ordre philosophique : le réalisme de Nottale ne porte point sur des entités matérielles mais sur des relations physiques. Nous proposons de chercher le fondement métaphysique de cette théorie dans la philosophie du réalisme des relations de Gilbert Simondon et de rendre ainsi raison de l'épuisement de la querelle du réalisme. » Cf. « Relativité et réalité », in *Revue de synthèse* : T. 122, 4^oS. N° 1, janvier-mars 2001, Albin Michel, p. 29.

²⁷ Le processus d'individuation hérité des sciences physiques, et, plus précisément, du processus de cristallisation, constitue le paradigme d'une ontologie cosmique, comme le souligne dans leur article J.-H. Barthélémy et V. Bontems (cf. « **Relativité et réalité** », in *op.cit.*, pp. 42 et sq.). Or Bachelard se serait défié d'une telle cosmologie qui ordonne la totalité d'un univers à partir d'un seul principe. Car, en ce cas, « l'univers est l'infini de mon inattention » (cf. « **Univers et réalité** », in *L'Engagement rationaliste*, *op.cit.*, p. 104) ; ce qui conduit Bachelard à se méfier, — au nom même du criticisme, — de la cosmologie de la Relativité (cf. *Ibid.*, pp. 104 et sq.)

BIBLIOGRAPHIE

1. Œuvres épistémologiques de Gaston Bachelard

1.1 Livres :

Essai sur la connaissance approchée, (1928), Vrin, 1968, seconde édition.

Etude sur l'évolution d'un problème de physique : la propagation thermique dans les solides, (1928), Vrin, 1973, seconde édition, préface d'A. Lichnerowicz.

La valeur inductive de la relativité, Vrin, 1929.

L'intuition de l'instant, (1931), Editions Stock, 1992.

Le pluralisme cohérent de la chimie moderne, (1932), Vrin, 1973, seconde édition.

Les intuitions atomistiques, (1933), Vrin, 1975, seconde édition.

Le nouvel esprit scientifique, (1934), P.U.F., 1978, quatorzième édition.

La dialectique de la durée, (1936), P.U.F., Quadrige, 2001, troisième édition.

L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine, Félix Alcan, 1937.

La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective, Vrin, 1980, onzième édition.

La philosophie du Non. Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique, (1940), P.U.F., 1981, huitième édition.

Le rationalisme appliqué, (1949), P.U.F., 1975, cinquième édition.

L'activité rationaliste de la physique contemporaine, (1951), Union Générale d'Edition, 10/18, 1977.

Le matérialisme rationnel, (1953), P.U.F., 1980, quatrième édition.

1.2 Articles épistémologiques principaux (Ces articles sont réunis pour la plupart en deux volumes) :

Etudes, présentation par Georges Canguilhem, Vrin, 1970, (cinq articles) :

-**Noumène et microphysique**, in *Recherches Philosophiques*, I, (1931-1932).

-**Le monde comme caprice et miniature**, in *Recherches Philosophiques*, III, (1933).

-**Lumière et substance**, in *Revue de métaphysique et de morale*, (1938).

-**Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique**, in *Actes du 8^e congrès international de philosophie*, (2-7 septembre 1934), Prague, Orbis, 1936, pp.3-9

-**Idéalisme discursif**, in *Recherches Philosophiques*, IV, (1934).

L'Engagement rationaliste, préface de Georges Canguilhem, P.U.F., 1972 :

-**Un livre d'un nommé René Descartes**, *Archéion*, XIX, Rome, 1937.

-**La psychologie de la raison**, (Entretiens d'été, Amersfoort, 1938), coll. « *Actualités scientifiques et industrielles* », n°849, Hermann, 1939.

-**Le problème philosophique des méthodes scientifiques**. Discours au congrès international de philosophie des sciences, Paris, (octobre 1949), coll. « *Actualités scientifiques et industrielles* », n°1126, Hermann, 1951.

-**De la nature du rationalisme**, *Bulletin de la Société française de Philosophie*, séance du samedi 25 mars 1950.

-**Le nouvel esprit scientifique et la création des valeurs rationnelles**, *Encyclopédie française*, t. XIX, Société Nouvelle de l'Encyclopédie française, 1957.

-**Univers et réalité**, *travaux du II^e congrès des sociétés de philosophie française et de langue française*, Lyon, 13-15 avril 1939, Paris, Neveu, 1939.

-**La richesse d'inférence de la physique mathématique**, *Scientia, Revue internationale de synthèse* n°8, Bologne, 1931.

-**La dialectique philosophique des notions de la Relativité**, in Albert Einstein, *philosopher-scientist*, 1949.

-**L'actualité de l'histoire des sciences**. Conférence faite au Palais de la Découverte, le 20 octobre 1951.

-**La vie et l'œuvre d'Edouard Le Roy (1870-1954)**, séance du 15 février 1960 à l'Académie des Sciences morales et politiques.

-**La philosophie scientifique de Léon Brunschvicg**, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1945.

-**L'œuvre de Jean Cavaillès**, in Gabrielle Ferrières, *Jean Cavaillès philosophe et combattant (1903-1944)*, P.U.F., 1950.

-**L'idonéisme ou l'exactitude discursive**, in *Etudes de philosophie des Sciences*, (mélanges Ferdinand Gonseth), Neuchâtel, Edition du Griffon, 1950.

2. Textes philosophiques classiques cités ou consultés

Bergson :

- *Essai sur les données immédiates de la conscience*, (1889), P.U.F., Quadrige, 1985, 156^e édition.

- *Matière et mémoire*, (1896), P.U.F., Quadrige, 1985, 94^e édition.

- *L'évolution créatrice*, (1907), P.U.F., Quadrige, 1983, 155^e édition.

- *Durée et simultanéité*, (1922), P.U.F., Quadrige, 2009, 4^e édition.

- *La pensée et le mouvant*, (1934), P.U.F., 91^e édition.

Brunschvicg :

- *La modalité du jugement*, Alcan, 1897.

- ***Ecrits philosophiques***, tome 2, l'orientation du rationalisme, textes réunis par M^{me} Weill-Brunschvicg et M. C. Lehec, P.U.F., 1954

- ***L'Idéalisme contemporain***, Alcan, 1905.

Cassirer :

- ***Substance et fonction***, (1910), Les Editions de Minuit, traduit de l'allemand par Pierre Caussat, 1977.

- ***La philosophie des formes symboliques*** : 1. Le langage, (1953), Les Editions de Minuit, traduit de l'allemand par Ole Hansen-Love et Jean Lacoste, 1972.

- ***La philosophie des formes symboliques*** : 3. La phénoménologie de la connaissance, (1957), Les Editions de Minuit, traduction de l'allemand et index de Claude Fronty, 1972.

Cavaillès :

- ***Sur la logique et la théorie de la science***, préface de G. Canguilhem et Ch. Ehresmann, P.U.F., 1947.

Gonseth :

- ***Les fondements des mathématiques***, préface de J. Hadamard, Blanchard, 1926.

- ***Les mathématiques et la réalité***, (1936), Blanchard, réédition 1974.

- ***Philosophie mathématique***, in *Actualités scientifiques et industrielles* n°837, Hermann, 1939.

- ***L'idée de dialectique aux Entretiens de Zurich***, in *Dialectica* n°1 Neuchâtel, 1947.

Husserl :

- ***Leçons pour une phénoménologie de la conscience intime du temps***, (1905), traduit de l'allemand par H. Dussort, P.U.F., 1964.

-Recherches Logiques :

- ***Prolégomènes à la logique pure***, (1913), tome 1, traduit de l'allemand par H. Elie, A.L. Kelkel et R. Scherer, P.U.F., 1969.

- ***Recherches pour la phénoménologie et la théorie de la connaissance***, (1913), tome 2 : Recherches I et II, traduit de l'allemand par H. Elie, A.L. Kelkel et R. Scherer, P.U.F., 1969.

- ***Recherches pour la phénoménologie et la théorie de la connaissance***, (1913), tome 2 : Recherches III, IV et V, traduit de l'allemand par H. Elie, A.L. Kelkel et R. Scherer, P.U.F., 1972.

- ***Eléments d'une élucidation phénoménologique de la connaissance***, (1921), tome 3 : Recherches VI, traduit de l'allemand par H. Elie, A.L. Kelkel et R. Scherer, P.U.F., 1974.

- ***Idées directrices pour une phénoménologie et une philosophie phénoménologique pure*** :

- ***Livre premier, Introduction générale à la phénoménologie pure***, (1913), traduit de l'allemand par P. Ricoeur, Gallimard, Tel, 1985.

- ***Livre second, Recherches phénoménologiques pour la constitution***, (1913-1917), traduit de l'allemand par E. Escoubas, P.U.F., 1982.

- ***Livre troisième, La phénoménologie et les fondements des sciences***, (1913-1928), traduit de l'allemand par D. Tiffeneau, P.U.F., 1993.

- ***Logique formelle et logique transcendantale***, (1929), traduit de l'allemand par S. Bachelard, P.U.F., 1984.

- ***La crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale***, (1936-1936), traduit de l'allemand par G. Granel, Gallimard, Tel, 1976.

- ***Méditations cartésiennes***, (1929), traduit de l'allemand par G. Peiffer et E. Levinas, Vrin, 2008.

Kant :

Critique de la Raison pure, traduit de l'allemand par A. Tremesaygues et B. Pacaud, P.U.F., 1975, 8^e édition.

Meyerson :

- ***Identité et Réalité***, (1908), Vrin, cinquième édition, 1951.

- ***La déduction relativiste***, (1925), réédition Jacques Gabay 1992.

- ***De l'explication dans les sciences***, (1927), Fayard, réédition 1995.

3. Ouvrages scientifiques :

- Atkins. P et Jones. L, ***Chimie***, traduction de la 3^e édition américaine par A. Pousse, De Boeck université, 1998.

- Bass. J, ***Cours de mathématiques***, tome 1 et tome 2, Masson & Cie, 1968.

- Borel. E, ***Leçons sur la théorie des fonctions***, quatrième édition, Réédition Jacques Gabay, 2003.

- Bouvier. A et George. M, ***Dictionnaire des mathématiques***, direction F. le Lionnais, P.U.F., 3^e édition, 1992.

- Einstein. A, ***La relativité***, Payot & Rivages, 2001.

- Godeaux. L, ***Les géométries***, Armand Colin, 1960.

- Hecht. E, ***Physique***, traduction de la 1^{ère} édition américaine par T. Becherrawy, révision par J. Martin, De Boeck université, 1999.

- Reinhardt. H et Soeder. H, ***Atlas des mathématiques***, Le livre de poche, la pochothèque, 2002.

- Kostrikin. A, *Introduction à l'algèbre*, traduit du russe par V. Koliméev, édition Mir, 1981.

- Nottale. L, *La relativité dans tous ses états*, Hachette littératures, collection pluriel, 1998

4. Sites internet :

- Langevin. P, *L'évolution de l'espace et du temps*, in Scientia, 1911, volume 10, page 50, biblioteca digitale dell' università di bologna, Alm@DL

5. Ouvrages cités ou consultés :

5.1 Revues scientifiques

- Bruter. C.-P, *La fabrique des nombres*, *sciences et avenir*, hors-série n°138, avril/mai 2004 :

- Delahaye. J.-P, *L'irréalité des nombres réels*, *sciences et avenir*, hors-série n°138, avril/mai 2004 :

- Dubucs. J, *Des nombres transfinis*, *sciences et avenir*, hors-série n°138, avril/mai 2004

- Gayon. J, *La fabrique des phénomènes*, *sciences et avenir*, hors-série n°140, octobre/novembre 2004

- Houzel. C, *L'invention des réels*, *sciences et avenir*, hors-série n°138, avril/mai 2004 :

- Parrochia. D, *La volonté d'intellectualité*, *sciences et avenir*, hors-série n°144, octobre/novembre 2005 ; *Einstein-Bergson : à chacun son temps*, *La recherche*, hors-série n°5, avril 2001

- *Revue de synthèse*, pensée des sciences, t.120, 4^e s. n°1, janvier-mars 1999, Albin Michel.

- *Revue de synthèse*, objets d'échelles, t.122, 4^e s. n°1, janvier-mars 2001, Albin Michel.

- *Revue de synthèse*, science et philosophie au XXe siècle, l'Ecole de Zurich et le programme surrationaliste, t.126, 5^e s., 2005, Albin Michel.

- Chirollet. J.-C, *les nombres inaccessibles dans l'œuvre d'Emile Borel*, *Les cahiers philosophiques* n°91, juin 2002, Delagrave

5.2 Commentaires de l'œuvre de Bachelard :

5.2.1 Ouvrages collectifs et articles:

- Desanti. J.-T, *Gaston Bachelard ou « la surveillance intellectuelle de soi »*, *Revue internationale de philosophie*, Bachelard n°150, 38^e année, P.U.F., 1984

- Gaston Bachelard, du rêveur ironiste au pédagogue inspiré**, sous la direction de J. Libis, CRDP, Dijon, 1984.
- Bachelard, *L'Arc*, n°42.
- Loi. M, **Bachelard et les mathématiques, l'homme du poème et du théorème**, colloque du centenaire Dijon 1984, édition universitaire de Dijon
- Loi. M, **Bachelard et les mathématiques**, in *Gaston Bachelard, profil épistémologique*, sous la direction de G. Lafrance, Presse de l'Université d'Ottawa, 1987
- Granger. G. G, **Le rationnel selon G. Bachelard**, in *Gaston Bachelard, profil épistémologique*, sous la direction de G. Lafrance, Presse de l'Université d'Ottawa, 1987
- Pariente. J.-C, **Rationalisme et ontologie chez G. Bachelard**, in *Gaston Bachelard, profil épistémologique*, sous la direction de G. Lafrance, Presse de l'Université d'Ottawa, 1987
- Vidal-Rosset. J, **l'intuitionnisme de Gaston Bachelard**, in *actualité et postérités de Gaston Bachelard*, sous la direction de P. Nouvel, P.U.F., préface J. Gayon, P.U.F., 1997
- Bachelard dans le monde**, sous la direction de J. Gayon et J.-J. Wunenburger, P.U.F., 2000.
- Dagognet. F, **Sur une seconde rupture**, in *Bachelard et l'épistémologie française*, coordonné par J.-J. Wunenburger, P.U.F., 2003 Bachelard et l'histoire des sciences,
- Barsotti. B, **Le « non-kantisme » de Bachelard : vers le sens transcendantal de la rupture épistémologique**, in *Bachelard et l'épistémologie française*, coordonné par J.-J. Wunenburger, P.U.F., 2003
- Beaune. J.-C, **Bachelard et la physique**, in *cahiers Gaston Bachelard* n°7, 2005.
- Fichant. F, **L'épistémologie en France**, in *La philosophie au XXe siècle*, sous la direction de F. Châtelet, Hachette, collection marabout université, 1973
- Gayon. J, **Bachelard et l'histoire des sciences**, in *Bachelard et l'épistémologie française*, coordonné par J.-J. Wunenburger, P.U.F., 2003
- Hyppolite. J : **Gaston Bachelard ou le romantisme de l'intelligence**, in *Figures de la pensée philosophique*, tome 2, P.U.F., 1971 ; **L'épistémologie de Gaston Bachelard**, in *Figures de la pensée philosophique*, tome 2, P.U.F., 1971 ; **L'imaginaire et la science chez Gaston Bachelard**, in *Figures de la pensée philosophique*, tome 2, P.U.F., 1971

- Martin. R, **Bachelard et les mathématiques**, in Bachelard, *colloque de Cerisy*, Union Générale d'Édition, 10/18, 1974

-Parrochia. D, **Lecture bachelardienne de la théorie de la relativité**, in *Bachelard et l'épistémologie française*, coordonné par J.-J. Wunenburger, P.U.F., 2003 ; **Temps bachelardien, temps einsteinien : la critique de la durée bergsonnienne** , in *Bachelard et Bergson continuité et discontinuité ?*, acte du colloque international de Lyon, septembre 2006, sous la direction de F. Worms et J.-J. Wunenburger, P.U.F.

5.2.2 Livres cités ou consultés :

- Barsotti. B, **Bachelard critique de Husserl**, préface de J. Gayon, l'Harmattan, 2002.
- Dagognet. F, **Gaston Bachelard**, P.U.F., coll. "philosophes", 1965.
- Fabre. F, **Bachelard éducateur**, P.U.F., 1995.
- Fabre. F, **Gaston Bachelard la formation de l'homme moderne**, Hachette, 2001
- Gayon. J, **Bachelard : le rationalisme appliqué**, CNED, 1994.
- Gil. D, **Autour de Bachelard**, préface de F. Dagognet, Encre Marine, 2010. ; **Bachelard et la culture scientifique**, P.U.F., 1993.
- Lecourt. D, **L'épistémologie historique de Gaston Bachelard**, avant-propos de G. Canguilhem, (1969), Vrin, 2002.
- Lecourt. D, **Bachelard, le jour et la nuit**, B. Grasset, 1974.
- Pariente. J.-C, **Le vocabulaire de Bachelard**, ellipses, 2001.
- Schotte J.-C., **La science des philosophes**, De Boeck, 1998.

6. Ouvrages épistémologiques et philosophiques généraux cités ou consultés :

6.1 Ouvrages collectifs.

- **Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences**, sous la direction de D. Lecourt, P.U.F., Quadrige, 2003.
- **Logique et connaissance scientifique**, sous la direction de J. Piaget, encyclopédie de la Pléiade, 1967.
- **Le concept, le sujet et la science, Cavaillès, Canguilhem, Foucault**, édité par P. Cassou-Noguès et P. Gillot, Vrin, 200
- **Annales bergsonniennes III**, Bergson et la science, édité par F. Worms, P.U.F., 2007.
- **Mathématisation du sensible, sur l'œuvre de Daniel Parrochia**, textes réunis par J.-C. Beaune et G. Chazal, Edition Universitaire de Dijon, 2009.
- **Les grands courants de la pensée mathématique**, présenté par F. Le Lionnais, Blanchard, 1962.
- Cohen-Tannoudji. G et Spiro. M, **La matière-espace-temps**, Gallimard, 1990.

- Dahan-Dalmedico. A et J. Peiffer. J, *Une histoire des mathématiques*, Seuil, collection sciences, 1986.
- Davis. P. J et R. Hersh. R, *L'univers mathématique*, traduit de l'américain par L. Chambadal, Gautier-Villars, 1985.
- Hairer. E et G Wanner.G , *L'analyse au fil de l'histoire*, Springer, 2000.

6.2 Articles

- Desanti J.-T., **Husserl et les mathématiques**, in *Les philosophes et les mathématiques*, coordonné par E. Barbin et M. Caveing , IREM ellipses, 1996.
- Martin M-E, **Géométrie**, in *Philosophie de l'image*, m'éditer, 2010
- Panza. M, **Gonseth et les mathématiques**, in *Les philosophes et les mathématiques*, coordonné par E. Barbin et M. Caveing , IREM ellipses, 1996.
- Seidengart. J : **Cassirer et les mathématiques**, in *Les philosophes et les mathématiques*, coordonné par E. Barbin et M. Caveing , IREM ellipses, 1996.; **Kant et les mathématiques**, in *Les philosophes et les mathématiques*, coordonné par E. Barbin et M. Caveing , IREM ellipses, 1996.

6.3. Livres :

- Blanché. R, *L'axiomatique*, P.U.F., Quadrige, 1990.
- Bachelet. B, *L'espace*, P.U.F., Que sais-je, 1998.
- Balibar. F, *Galilée, Newton, lus par Einstein*, P.U.F., collection philosophie, 1984.
- Belna.J.-P, *La notion de nombre chez Dedekind, Cantor, Frege*, Vrin, Mathésis, 1996.
- Belna. J.-P, *Cantor*, Les belles lettres, 2000.
- Belna J.-P, *Histoire de la Théorie des Ensembles*, Ellipses, 2009.
- Boniface. J, *Les constructions des nombres réels*, Ellipses, 2002.
- Brenner. A, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, P.U.F., collection science, histoire et société, 2003.
- Bruter. C.-P, *La construction des nombres*, Ellipses, 2000.
- Couderc. P, *La Relativité*, P.U.F., Que sais-je, 1977, seizième édition.
- Couturat. L, *La philosophie des mathématiques de Kant*, Editions Manucius, collection le philosophe, 2004.
- Dagognet. F, *Tableaux et langages de la chimie*, Champ Vallon, 2002.
- Dastur. F, Husserl, *Des mathématiques à l'histoire*, P.U.F., collection philosophie, 1995.
- Desanti J.-T : *Introduction à la phénoménologie*, Gallimard, 1976. ; *Les idéalités mathématiques*, Seuil, l'ordre philosophique, 1968.

- Deschoux. M, **Brunschvinctg**, Editions Seghers, 1969.
- Dhombres. J, **Etude épistémologique et historique des idées de nombre de mesure et de continu**, tome 1 (l'analyse), IREM, Nanta Iremica, volume 3.
- Dugac. P, **Histoire de l'analyse**, Vuibert, 2003.
- Dumoncel. J.-C, **Philosophie des mathématiques**, Ellipses, 2002.
- Emery. E, **Ferdinand Gonseth**, L'âge d'Homme, Dialectica, 1985.
- Eisenstaedt. J, **Einstein et la relativité générale**, CNRS Editions, 2003.
- English. J, **Le vocabulaire de Husserl**, Ellipses, 2009.
- G. Juvet, **La structure des nouvelles théories physiques**, Alcan, 1933.
- Hawking. S, **Une brève histoire du temps**, traduit de l'américain par I. Naddeo-Souriau, Flammarion, 1989.
- Hoffmann. B, **La relativité, histoire d'une grande idée**, Belin, collection pour la science, 1999.
- Largeault. J : **Intuition et intuitionisme**, Vrin, collection Mathésis, 1993. ; **L'intuitionisme**, P.U.F., Que sais-je, 1992.
- Martin. M.-E, **La nature est un livre écrit en langage mathématique**, Pleins Feux, collection variations, 2002.
- Mavridès. S, **La relativité**, P.U.F., Que sais-je, 1988.
- Mourélos. G, **L'épistémologie positive et la critique meyersonnienne**, P.U.F., 1962.
- Piaget. J, **Le structuralisme**, P.U.F., Que sais-je, 1974.
- Parrochia. D, **Le réel**, Bordas, collection philosophie présente, 1991.
- Paty. M, **La physique du XX^e siècle**, E.D.P. Sciences, 2003.
- Salanskis. J.-M, **Husserl**, Les belles lettres, 1998.
- Salanskis. J.-M, **Philosophie des mathématiques**, Vrin, 2008.
- Schérer. R, **La phénoménologie des « Recherches logiques » de Husserl**, P.U.F., Epiméthée, 1967.
- Stanguennec. A, **La dialectique réflexive, Lignes fondamentales d'une ontologie du soi**, Presses Universitaires du Septentrion, 2006 ; **Etre, soi, sens, Les antécédences herméneutiques de la dialectique réflexive**, Presses Universitaires du Septentrion, 2008.

Résumé

La philosophie des sciences de Bachelard est une « philosophie dialoguée ». Sur le plan épistémologique, « rationalisme appliqué » et « matérialisme technique » sont indissociables pour rendre compte de la physique et de la chimie en acte.

En reprenant l'ensemble des réalismes épistémologiques que revendique Bachelard, et en les articulant, on peut caractériser cette philosophie des sciences, comme étant un « réalisme scientifique » tout à fait inédit et, malheureusement, le plus souvent inaperçu.

L'ensemble de ces « réalismes épistémologiques » confèrent aux sciences contemporaines une portée ontologique, parce que, pour la plupart, ils ont une portée qui dépasse leur seule fonction méthodologique.

Notre commentaire de l'œuvre épistémologique de Bachelard est une mise à jour de ces « réalismes épistémologiques » et de leur articulation non seulement entre eux, mais également avec le « rationalisme appliqué », pour rendre compte de l'ontogénie dialectique et parallèle du sujet et de l'objet, en quoi consiste le mouvement de construction des sciences.

Le but de ce commentaire n'est pas seulement historique : restituer un pan inaperçu de l'épistémologie de Bachelard. Il en précise toute l'actualité, puisque, entre autres, le « réalisme des relations » semble pouvoir constituer le soubassement de la *Théorie de la Relativité des Echelles*. Quant au « réalisme du rythme », par exemple, il ouvre une nouvelle manière d'*entendre* le réel.

Mots clés :

Réalisme philosophique	Réalisme du rythme	Rationalisme appliqué
Réalisme technique	Réalisme ontologique	Matérialisme technique
Réalisme des relations	Nouménologie	Réalisme scientifique