

Jean Cavailles aux prises avec le « problème de la coordination »

PAUL CORTOIS

Résumé. Dans cet essai, je propose une nouvelle clé d'interprétation du « testament philosophique » de Cavailles, *Sur la Logique et la théorie de la science* (1942/47), ou du moins de l'un de ses principaux motifs philosophiques : trouver une réponse de principe au problème de la coordination entre les mathématiques pures et la théorie physique (et donc aussi clarifier, en premier lieu, le statut de la physique mathématique). Le manifeste de Cavailles, qui, comme on le sait, aboutit à une "philosophie du concept", n'articule pas seulement les idées centrales d'une nouvelle philosophie des mathématiques autour de la dynamique du "paradigme" et de la "thématisation" ; il contient également le projet d'une nouvelle "doctrine de la science" en général. Cela devrait expliquer la possibilité de concevoir une connaissance du monde qui incorpore la dialectique intrinsèque des concepts mathématiques, mais qui, en même temps, complète ce développement conceptuel interne par quelque chose de radicalement différent : une action guidée par la raison qui consiste à expérimenter et à parier sur les événements du monde. Je développe ce point de vue de Cavailles à la lumière des idées de certains des principaux penseurs du problème de la coordination : Mach, Poincaré, Schlick, Reichenbach, Carnap, Brunschvicg, Gonthier, Suzanne Bachelard, Bas van Fraassen.

Mots-clés. Cavailles, Brunschvicg, Carnap, problème de coordination, statut épistémique de la physique, conventionnalisme, concaténation vs. événement, nécessité d'un développement interne vs. contingence de l'histoire.

§ 1. — Introduction.

Un historien de la philosophie des sciences examinant le demi-siècle entre 1890 et 1940 ne manquera pas de remarquer que nombre des échanges dans ce domaine ont été consacrés au « problème de la coordination ». Une solution à ce problème aurait même pu sembler décisive pour quiconque voulait construire une solide théorie générale de la science. Pour s'en convaincre, il suffirait de citer quelques noms de philosophes qui ont œuvré pour poser puis résoudre la question : Poincaré, Duhem, Le Roy, Mach, Reichenbach, Carnap, Schlick, Brunschvicg. Or bien que cela soit resté à peu près inaperçu, ce problème est également décisif si l'on veut comprendre le projet de « théorie de la science » de Jean Cavaillès.⁽¹⁾

De nos jours, ce problème n'apparaît guère dans les traités et peu de philosophes auraient une réponse toute faite à la question de savoir ce qu'il faut entendre exactement sous ce vocable. En effet, dès la Seconde Guerre mondiale avec le mot le problème lui-même semblait avoir disparu de la scène. Il faudrait donc, dans une première approche, rappeler tout d'abord son sens intuitif, entendu sous le signe d'un « air de famille » (à la Wittgenstein), dans les multiples usages de la notion et de la question, et tâcher ensuite de préciser ce sens en examinant ces divers usages qui ont été faits dans la période envisagée. Y a-t-il, par exemple, une seule notion et un seul problème bien définis qui sont visés quand en philosophie des sciences on parle de « coordination » ? Et finalement, quel en serait le sens pertinent visé dans le « testament philosophique » de Cavaillès ?

À titre préliminaire, rappelons brièvement la notion intuitive de coordination ici en jeu. Le problème de la coordination ici visé aurait, sous ses apparitions diverses, comme noyau commun la question de quelle façon une théorie purement mathématique peut devenir une théorie au contenu empirique ; comment des concepts et propositions appartenant à une théorie mathématique abstraite peuvent-ils devenir des concepts et propositions possédant un contenu qui les rend aptes à représenter des grandeurs physiques (de préférence sous forme de quantités mesurables) ? Pour prendre un exemple classique, comment une géométrie abstraite se traduit-elle en géométrie physique, et quel est le rôle des conventions dans le choix d'une géométrie si celle-ci vise à représenter des phénomènes observables ?

(1) *Sur la Logique et la théorie de la science*. P.U.F. 1947, Vrin, 1962, 1976, 1984, 1997 (la 5^e édition comprenant une Postface de Jan Sebestik), 2000.

Ensuite, il convient de survoler certains aspects de la pensée d'auteurs qui ont donné chacun à des degrés divers une interprétation plus spécifique aux questions de coordination. Ce détour passera par deux figures exemplaires d'une époque fondatrice de la philosophie des sciences : Ernst Mach et Henri Poincaré (§2), qui sont à l'origine d'une vision conventionnaliste. Passeront ensuite la revue deux représentants de l'empirisme logique, qui veulent définir le problème de la coordination dans le même sens d'un conventionnalisme, mais de façon plus rigoureuse : Hans Reichenbach et Moritz Schlick (§3). Entretemps, dans un courant épistémologique plus typiquement français, représenté ici par Léon Brunschvicg, on trouvait au contraire la recherche d'une interprétation plus large qui se rattachait plutôt à l'inspiration kantienne de Poincaré, en replongeant sa pensée dans la perspective d'une « philosophie de la conscience » ou « analyse réflexive » (§4). Ici, on peut se demander dans quelle mesure cette notion psychologisante de la coordination relève d'un même concept que les tentatives des « logiciens ». Dans le projet de Cavaillès, les deux tendances s'entre-croiseront et feront l'objet d'une critique plus ou moins prononcée. Or l'examen de sa propre alternative (qui n'est formulée que sous une forme très embryonnaire) nécessitera un nouveau passage à travers l'empirisme logique. On verra plus particulièrement comment Cavaillès s'est confronté avec le conventionnalisme de Carnap afin de définir « son » problème de la coordination (§ 5).

Mais tout d'abord, s'il est vrai que ce problème a été oublié, il se pourrait qu'il s'agisse d'un problème révolu, sinon résolu ? Dans ce cas, quel intérêt aurait-on à le ressusciter, autre qu'un intérêt historique ? Or, une première raison pour laquelle l'intérêt devrait dépasser celui de l'historien de la pensée pourrait être que la question aurait refait surface. Et en effet, assez récemment, le problème a été remis sur le devant de la scène par Michael Friedman dans *Dynamics of Reason* (2001)⁽²⁾ et par Bas van Fraassen dans son *magnum opus* de 2008 : *Scientific Representation : Paradoxes of Perspective*.⁽³⁾ Et comme pour beaucoup de questions philosophiques et scientifiques, avec le temps on peut parler d'une seconde vie : en particulier, après et autour du travail de van Fraassen (2008), on pourrait bien voir renaître le « problème de la coordination » de ses cendres.⁽⁴⁾

(2) Stanford Kant Lectures. CSLI Publications, 2001.

(3) Clarendon Press, Oxford, 2008, xiv + 408 p.

(4) En partie cet intérêt renouvelé concerne l'histoire des sciences ainsi que de la philosophie des sciences ; en partie il concerne la philosophie de la mesure ; en

En conséquence, dans une section finale (§6), je tente de montrer non seulement quelle aurait pu être la voie choisie par Cavailles dans sa tentative de résoudre ce problème mais, en plus, comment cette voie peut être rattachée à de nouvelles tentatives, plus récentes, de remettre la coordination à l'ordre du jour philosophique.

Une seconde raison qui dépasse l'intérêt historique est encore plus substantielle pour mon propos. Elle se laisse résumer sous la forme d'une conjecture : une fois qu'on s'est rendu compte du rôle important que ce « problème de la coordination » y joue, l'enjeu de *Sur la Logique et la théorie de la science* [désormais : *S*] devra être vu sous cet angle. Cette relecture obligera à repenser l'ensemble — ou du moins un aspect essentiel — du projet. En quoi donc affecterait-elle l'interprétation du « testament philosophique » de Cavailles ? Mon propos est de montrer que l'intention de ce dernier écrit n'était pas seulement de léguer à la postérité une philosophie des mathématiques qui pouvait ou non se trouver en rupture avec les écrits antérieurs. Certes, on a beaucoup dit et écrit que ce livre devait être lu comme l'inauguration d'un nouveau programme épistémologique aux implications plus larges que celles concernant les fondements des mathématiques. Sous l'égide d'une « philosophie du concept » ce programme serait appelé à mettre un terme aux tentatives de fonder la connaissance scientifique dans une « philosophie de la conscience ». ⁽⁵⁾ Mais la formule invoquant

troisième instance, une partie de la littérature traite du sort de courants spécifiques comme le postkantisme ou le conventionnalisme ; et enfin, une dernière partie traite du lien établi chez van Fraassen entre la coordination et l'émergence du « programme structuraliste » en théorie des sciences (lien qui se reflète donc aussi dans les variantes réalistes et celles antiréalistes de ce structuralisme). Voir par exemple Hasok Chang, *Inventing Temperature. Measurement and Scientific Progress*. Oxford U.P., 2004 ; H.S. Barwich & H. Chang, "Sensory Measurements : Coordination and Standardization", in *Biological Theory* 10(2015), p. 200–211 ; E. Tal, "Old and New Problems in Philosophy of Measurement" in *Philosophy Compass* 8(2013), p. 1159–1173 ; Id., "Making Time : A Study in the Epistemology of Measurement", in *British Journal for the Philosophy of Science* 67(2016), p. 297–335 ; Matthias Michel, "The Mismeasure of Consciousness. A Problem of Coordination for the Perceptual Awareness Scale," in *Philosophy of Science* 86(2019), 1239–1249 ; Flavia Padovani, "Coordination and Measurement : What We Get Wrong About What Reichenbach Got Right", in M. Massimi, J.-W. Romeijn, G. Schurz (eds.), *EPSA 15 Selected Papers*. European Studies in Philosophy of Science 5, 2017, p. 49–60 ; Id., "Measurement, Coordination, and the Relativized A Priori", in *Studies in History and Philosophy of Science Part B : Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 52(2015), p. 123–128 ; Anouk Barberousse, "Les conditions de possibilité de la mesure", in *Cahiers philosophiques* 135(2013)4, p. 7–22.

(5) La référence classique est la fameuse formule de Foucault évoquant ce contraste, dans son introduction à la traduction américaine de G. Canguilhem, *The*

une philosophie du concept se prête à toutes les interprétations et à tous les usages pour autant qu'on ne réussit pas à en spécifier les termes et à la mettre en rapport avec des domaines caractérisables du savoir où elle s'appliquerait. Sur quel fond de choix théoriques et de trajets historiques faut-il entendre cette opposition entre « philosophie de la conscience » et « philosophie du concept » ? Mon ambition n'est pas d'apporter une réponse à cette question dans le cadre limité de cet essai. Toutefois, le but primaire de cette étude est bien de préparer une telle réponse en mettant le doigt sur le rôle de la notion de coordination dans la perspective d'une doctrine de la science entendue au sens où l'entendait Cavallès.

Car Cavallès avait bel et bien l'ambition d'esquisser un programme pour une « doctrine de la science » (S 14, 24, 41, 52, 64f, 69, 78). Déjà le choix de l'expression quelque peu archaïque « doctrine de la science » ne semble pas arbitraire : il s'agit d'une analyse qui vise une pertinence non seulement descriptive mais aussi normative de la science, autrement dit de ce qui fait qu'une connaissance puisse être qualifiée de science. Ainsi l'expression évoque le sens d'une « *Wissenschaftslehre* » telle qu'elle était conçue surtout par Bolzano et Husserl. Par ailleurs, le rapport entre mathématique et physique — plus précisément, ce rapport tel que défini par Kant et hérité de lui — reste déterminant si l'on veut comprendre quelles seront, selon Cavallès, les tâches à remplir par une théorie de la science. En même temps, il convient de souligner que rien n'a été enlevé de la place centrale de la pensée mathématique au sein de ce programme. D'ailleurs, sans cela le problème de la coordination n'aurait aucun sens.

§ 2. — Émergence d'un problème.

Regardons de plus près quelques interventions de Mach, de Poincaré, d'Einstein, et ensuite de Reichenbach et de Schlick, afin d'apercevoir à la fois l'unité derrière les apparences d'une multitude de problèmes interconnectés, et l'évolution conceptuelle d'une question qui n'a pas reçu d'interprétation invariante.

On retrouve chez **Ernst Mach** ce qui pourrait bien être la première apparition explicite de la notion de coordination dans un

Normal and the Pathological. Zone Books, 1991, p.8-9. Cf. aussi « La vie : l'expérience et la science », in *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1985/1, 90e Année, p. 3-14.

sens épistémologique et technique, spécialement dans l'expression « principe de coordination ». Notons qu'une expression même d'une telle généralité se comprend d'abord dans le contexte d'une théorie particulière et d'expériences spécifiques : en l'occurrence la théorie de la *chaleur*, et celle-ci spécialement du point de vue de la *mesure* de la chaleur. C'est évidemment par la possibilité d'une mesure que des données dont l'accès restait qualitatif deviennent des grandeurs physiques. Depuis l'apparition d'une notion précisée de coordination, on a à faire avec des relations entre propriétés physiques bien spécifiées dans une théorie où il s'agit de rendre mesurable une de ces propriétés, donc d'en produire l'évaluation dans un langage quantitatif. ⁽⁶⁾

« Le nombre qui, d'après un quelconque principe de coordination, est coordonné de façon univoque à une indication de volume du thermoscope et donc avec un état de chaleur (*Wärmezustand*), est appelé température. Nous désignons ci-après généralement cet état par t . Au même état de chaleur sera alors attribué un nombre de température très différent en fonction du principe [choisi] de coordination $t = f(v)$, dans lequel v signifie le volume thermoscopique. » (*Principien der Wärmelehre*, 1^{ère} édition, 1896) ⁽⁷⁾ (emphase dans l'original ; ma traduction).

Mach souligne en outre avec beaucoup d'emphase le caractère conventionnel du choix d'un principe de coordination, et il rapporte cette emphase à une certaine attitude philosophique :

« Il est remarquable combien de temps il a fallu pour que l'idée s'enracine que l'indication de l'état thermique par un nombre repose sur une *convention* (*Übereinkunft*). Il y a des états thermiques dans la nature ; le concept de température, quant à lui, n'existe que grâce à notre *définition* arbitraire, qui aussi bien aurait pu s'avérer très différente » ;

ce qui suscite une réflexion assez ironique de sa part :

« Jusqu'aux temps les plus modernes les travailleurs dans ce domaine semblent s'être occupés à chercher plus

(6) Qui bien sûr doit permettre d'aller au-delà des comparaisons qualitatives et des imprécisions qui y sont attachées.

(7) Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, p. 46 § 11. Pour cet exemple, voir aussi van Fraassen, *o.c.*, p. 116 ff.

ou moins inconsciemment une mesure naturelle de la température, une température réelle, une sorte d'idée platonique de température, de laquelle les températures qu'on lit au thermomètre ne seraient qu'une expression imparfaite, imprécise » (*ibid.*, p. 48 § 14 (ma traduction).)

De la chaleur passons au *temps*. Dans une célèbre analyse de la notion d'égalité d'intervalles de temps, **Henri Poincaré** déploie à peu près les mêmes éléments épistémologiques : contexte d'abord d'une théorie physique (ou physico-mathématique) particulière — ici, la conception du temps — mais bientôt généralisée (du temps à l'espace : la géométrie physique, ensuite la physique entière). Or, ces exemples invitent à une prise de position encore plus générale : s'il y a « un » problème de la coordination, il concerne tout simplement la possibilité d'appliquer les concepts des mathématiques pures aux phénomènes physiques ou plus globalement empiriques ; ou inversement, il concerne la possibilité de traduire des problèmes empiriques en problèmes mathématisés (et de créer la possibilité de leur résolution par cette voie). Ensuite et surtout, se retrouve la caractéristique soulignée par Mach en 1896 : ce problème d'applicabilité ou de traduction se présente comme problème de mesure. Il s'agit de développer des instruments de mesure, et ces instruments incarnent à leur tour des théories physiques souvent encore en plein développement. Bien plus, celles-ci interagissent avec la théorie dont on veut rendre mesurables les paramètres : comme celle qui pose les interdépendances des variables volume — pression — température dans le cas déjà envisagé par Mach : ce qu'est, par exemple, la pression doit déjà avoir une signification indépendante avant d'être susceptible d'être mis en œuvre pour la mesure (dans ce cas) de la température. Et enfin, même focus chez Poincaré sur le rôle essentiel de la convention et du choix, mais suppléé par un qualificatif — la commodité — qui devrait soustraire celui-ci à l'arbitraire de la simple décision.

À la suite d'une fameuse discussion des difficultés rencontrées dans les tentatives d'en arriver à une détermination non-circulaire et une mesure du temps (*La Valeur de la science*, chapitre II, section 3 à 6), voici la conclusion de Poincaré :

« il n'y a pas une manière de mesurer le temps qui soit plus vraie qu'une autre ; celle qui est généralement adoptée est seulement plus *commode*. De deux horloges, nous n'avons pas le droit de dire que l'une marche bien et

que l'autre marche mal ; nous pouvons dire seulement qu'on a avantage à s'en rapporter aux indications de la première »⁽⁸⁾ (emphase dans l'original).

Traduit dans les termes qui nous occupent ici : il faut coordonner la notion abstraite du temps avec les phénomènes temporels à mesurer de telle façon que les valeurs assignées par nos procédures soient traduction fidèle et application empirique de cette notion. Cette coordination est affaire de conventions. C'est, bien sûr, le conventionnalisme de Poincaré, qui bientôt va être confronté à la nouvelle situation créée par la théorie de la relativité. Mais dès avant cette confrontation il faut se rendre compte qu'il y a ici deux forces en jeu qui ne sont pas forcément en harmonie préétablie : celle qui fait simplement appel à la convention comme définition en principe arbitraire et interchangeable entre plusieurs alternatives — position encore renforcée dans le conventionnalisme d'Édouard Le Roy — et celle invoquant la valeur pragmatique, fournissant un principe justifiant un choix entre ces définitions. Bien qu'occultée dans le sous-texte de Poincaré, on peut remarquer rétrospectivement l'annonce d'une tension entre deux interprétations possibles de cette pensée mettant le doigt à la fois sur la nécessité de principes de coordination et de leur relativité.⁽⁹⁾ On sait bien que cette tension a pu rester sous le radar en interprétant la commodité spontanément comme préférence pour « la théorie la plus simple » — donc en la traduisant dans le langage des « vertus épistémiques » entretemps bien connues. Mais dans tout cet édifice constitué par la théorie et les expériences censées la mettre à l'épreuve, c'est quel aspect exactement qui doit être optimisé en termes de simplicité ?

Par analogie, en géométrie il n'y aura pas un seul système vrai d'axiomes (pas de synthétique *a priori* comme en arithmétique). Mais le système euclidien est le plus simple, donc il est privilégié, pour autant qu'il est empiriquement équivalent aux systèmes alternatifs. En tout cas, il faut une coordination, donc un choix. **Einstein** a bien apprécié ce point de vue de Poincaré :

« Afin d'être en mesure de faire des affirmations [empiriques] [sur le comportement de ce qu'on appelle corps pratiquement rigides] la géométrie doit être dépouillée

(8) Poincaré, *o.c.*, p.44.

(9) Tension qui a probablement refait surface dans la dispute entre Carnap et Quine.

de son caractère purement logique et formel par la coordination d'objets accessibles à l'expérience aux schémas conceptuels vides de la géométrie axiomatique ». ⁽¹⁰⁾

Einstein a donc adopté pour son compte la distinction de Poincaré entre d'une part l'affirmation empirique avancée par une théorie et d'autre part le *cadre* de référence (ou « schéma de représentation ») à partir duquel cette affirmation peut être faite ; et ce faisant, il reprenait aussi la terminologie de la « coordination ». Or, il semble bien qu'il a détourné les conclusions de Poincaré de leur but en retournant le conventionnalisme en un principe de choix qui privilégiait sa nouvelle mécanique par rapport à celle classique, newtonienne. C'est qu'il a pu convertir le privilège accordé au *cadre* le plus simple en privilège pour l'affirmation la plus simple formulée dans un tel cadre (toujours sous réserve de l'équivalence empirique des deux théories) : comme on verra plus loin avec Schlick concernant la relativité restreinte, le cadre de référence le plus simple peut bien nécessiter des formulations extrêmement complexes pour décrire le réel.

§ 3. — La notion de coordination dans l'empirisme logique (1^{re} étape).

C'est bien Hans Reichenbach qui de façon explicite a fait de la coordination son thème. Prolongeant les approches qu'on vient de voir, il reprend dans *Relativitätstheorie und Erkenntnis A Priori* de 1920 la discussion sur l'interprétation de la nouvelle mécanique. À cette époque, sous l'influence entre autres de Cassirer, il voit cette théorie sous l'angle d'une revalorisation partielle du point de vue néokantien. Ce qui, en rétrospective, le rapprochait des philosophes des sciences que nous examinerons plus loin : Brunschvicg et Cavallès — du moins dans la manière dont eux aussi ont formulé la question.

Pour Reichenbach, le concept de connaissance synthétique *a priori* ne doit pas être abandonné mais réinterprété : et cela doit se faire en termes d'un *a priori* relativisé ou historisé. Il n'y a pas de principes ou de catégories qui valent une fois pour toutes mais une théorie installe chaque fois un cadre *a priori* permettant de concevoir et de mettre à l'épreuve des affirmations empirico-théoriques.

(10) « Geometry and Experience » (1921), in *Ideas and opinions*. Transl. Sonja Bargmann, New York, 1982, p. 234-235.

En ce sens il appelle ces cadres « constitutifs »⁽¹¹⁾ : c'est l'aspect de Kant qu'il faut sauvegarder — et non l'exigence de partir d'énoncés nécessairement vrais. Dans ce contexte, ce sont les principes de coordination qui jouent un rôle fondamental. Or il faut reconnaître que

« ... la coordination établie dans une proposition physique est bien particulière. Elle diffère indéniablement de toute autre sorte de coordination. Par exemple, quand deux ensembles de points sont donnés, on établit une correspondance entre eux en coordonnant à chaque point d'un ensemble un point de l'autre. À cette fin, *les éléments de chaque ensemble doivent être définis*; ce qui veut dire que pour chaque élément il doit exister une autre définition en plus de celle qui définit la coordination avec l'autre ensemble. Mais de telles définitions [indépendantes] manquent du côté de la coordination qui porte sur la connaissance de la réalité. Si les équations, c'est-à-dire le côté conceptuel de la coordination, sont bien uniquement définies, il n'en est rien pour « le réel ».

(11) Il sera suivi à cet égard beaucoup plus tard par Michael Friedman (*Dynamics of Reason, o.c.*) qui, contrairement à Cassirer, veut lui aussi garder la valeur constitutive (et non seulement régulative) de l'*a priori* relativisé. Friedman se rapproche ici du premier Reichenbach. Laurens Vanderstraeten décrit ainsi ce projet de Friedman : « [il] élabore la notion de principes *a priori* relativisés, qui ne peuvent pas être testés directement dans l'expérience, mais *définissent plutôt l'espace de possibilités empiriques pour une certaine théorie*. Cette notion est illustrée pour le cas de trois théories de l'espace-temps : la mécanique newtonienne, la relativité restreinte et la relativité générale. Dans ces théories, trois parties fonctionnant de manière asymétrique peuvent être distinguées. La première est celle des théories *mathématiques*, des représentations ou des structures, décrivant le cadre spatio-temporel en question (respectivement espace euclidien, espace-temps de Minkowski, et variétés riemanniennes). La partie *physique* ou empirique (respectivement gravitation universelle, équations de Maxwell, équations d'Einstein) utilise ces structures pour formuler des lois physiques précises pour les phénomènes empiriques. Mais, pour que ces lois mathématiques acquièrent une valeur empirique précise, *il faut une troisième partie* (respectivement les lois newtoniennes du mouvement, le principe de la vitesse de la lumière, le principe de l'équivalence) *afin de pouvoir établir une correspondance générale ou une coordination entre les parties mathématique et empirique. Cette partie est constituée de principes de coordination qui sont relativisés mais a priori.* » (*Ernst Cassirer and a Transcendental Approach Towards Contemporary Physics*. RUG01-002349275_2017_0001_AC.pdf. Mémoire de maîtrise, Ghent University/Université de Gand, 2017, p. 19 (ma traduction; emphase ajoutée).) En schématisant l'exemple :

| | | | |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>mathématique</i> | espace euclidien | espace-temps de Minkowski | variétés riemanniennes |
| <i>mécanique rationnelle</i> | axiomes de Newton | vitesse de la lumière | principe d'équivalence |
| <i>physique</i> | gravitation universelle | équations de Maxwell | équations d'Einstein |

Au contraire, « le réel » est défini par la coordination avec ces équations. »⁽¹²⁾

Ce qui veut dire que la notion de coordination à thématiser ici est bien particulière. Il paraît probable que Reichenbach se soit rendu compte aussi d'une tension possible entre convention et commodité. Ainsi, après s'être détourné dans une seconde phase de toute interprétation kantienne au profit du nouveau courant — l'empirisme logique — il finit par évoluer vers une position plus proche à bien des égards du pragmatisme (américain) que de Schlick, Carnap et Neurath. « Coordination of language and physical circumstances replaces his earlier coordination of Kantian concepts and sensation ». ⁽¹³⁾ Du premier au dernier Reichenbach, on pourrait donc dire en simplifiant qu'une attitude pragmatique (combinée avec un empirisme qui tente en même temps de ne pas sacrifier toute forme de réalisme) a remplacé l'attitude postkantienne. Le pas qu'il franchit à ce moment doit aussi être associé à la volonté de prendre ses distances vis-à-vis d'un fondamentalisme épistémologique, un éloignement qui pour lui était lié à ses tentatives de développer une épistémologie probabiliste. ⁽¹⁴⁾ Il n'est pas certain que Cavaillès, qui connaissait Reichenbach surtout pour son interprétation des probabilités, ⁽¹⁵⁾ ait encore pu prendre connaissance de tous ces développements, mais ces tensions auraient pu susciter son intérêt, comme on verra.

Plus vite que Reichenbach, **Moritz Schlick** s'est détaché des pré-supposés kantien de cette épistémologie de la physique contemporaine. C'est surtout lui qui par son interprétation philosophique de la relativité força l'admiration d'Einstein — en distinguant entre affirmation empirique d'une théorie et schéma de représentation. ⁽¹⁶⁾ Cela veut dire, quant au choix entre théories, qu'il plaide

(12) Ma traduction, d'après la traduction anglaise par Maria Reichenbach : *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*. Berkeley, 1965, p. 37-38. Voir aussi pour la coordination d'après le jeune Reichenbach van Fraassen 2008, p. 118-121.

(13) Clark Glymour & Frederick Eberhardt, « Hans Reichenbach », *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (article de 2008).

<https://plato.stanford.edu/entries/reichenbach/>

(14) Notons au passage que pour Reichenbach les principes du calcul des probabilités se laissaient également interpréter comme des principes de coordination. Cf. Padovani, *o.c.*

(15) Voir « Du Collectif au pari » (*passim*), où il rejette l'interprétation fréquentialiste de Reichenbach.

(16) Dans le sens défini ci-dessus, dans le commentaire à la citation d'Einstein mentionnée en note 10.

pour le rôle décisif de la simplicité de l'affirmation, donc des calculs en fonction de la prévision.⁽¹⁷⁾ Ainsi, utilisant la distinction initialement introduite par Poincaré, il la retourne contre celui-ci, donc contre Euclide et Newton, et en faveur d'Einstein. Parmi les principes de coordination c'est donc celui qui simplifie les formulations des prévisions qui doit être favorisé : comme on l'a déjà noté, le schéma de représentation qui apparaissait comme le plus simple peut bien exiger des formulations excessivement complexes avant d'arriver à une description du réel.

Dans son *Allgemeine Erkenntnislehre* de 1926 Schlick s'est livré à des analyses élaborées des rapports entre intuition et concept (problématique dérivée de ses débuts post-kantiens). Or en fin de compte il en est venu à remplacer cette opposition par le thème russellien de l'opposition entre *acquaintance* et *knowledge by description*. En cours de route, en analysant la genèse et la portée (empirique, notamment) des concepts, il lance également une nouvelle approche de la question de la coordination, en discutant spécialement la coordination des différents cadres spatio-temporels correspondant aux différentes modalités sensibles et à leur intégration ; ce qui lui semble essentiel en vue de la « construction d'un ordre transcendant », c'est-à-dire de la validité objective — et réaliste — de la connaissance⁽¹⁸⁾.⁽¹⁹⁾ Mais alors, comment passer ensuite de cette « coordination » entre les modes sensibles au réel ? On pourrait dire : en faisant la coordination entre le résultat de cette première coordination et l'objet là-dehors. C'est ici qu'intervient la notion d'« acquaintance ». Cela se fait, comme Michael Friedman l'exprime, « ... by coordinating intuitive singularities in

(17) « The Philosophical Significance of the Principle of Relativity » (1915), in H. L. Mulder and B. F. van de Velde-Schlick (eds.), *Philosophical Papers* (Volume I). Dordrecht : D. Reidel, 1979, p. 153-189.

(18) Ce qui donne un point de comparaison — en même temps qu'un beau contraste ! — avec ce qu'en dit Brunschvicg (à peu près au même moment) : il s'agit du même aspect « organique » de la coordination. Voir ci-dessous.

(19) Si je m'attarde là-dessus, c'est que Cavaillès n'a sans doute pas bien compris la démarche de Schlick sur ce point — s'il en a encore pris connaissance ; puisqu'il parle du « pragmatisme de Schlick » (S 40) en le distinguant du « réalisme naïf de Wittgenstein ». Une rectification qui n'exclut pas la possibilité de lire en même temps une tendance pragmatique dans Schlick dont celui-ci n'admettra peut-être pas qu'elle s'oppose à son orientation réaliste. (En effet, les plaidoyers du sens commun ont souvent tendance à vouloir cumuler les avantages de leur pragmatisme avec ceux d'un réalisme autoproclamé). En outre, pour ce qui est de Cavaillès en ceci, une hypothèse qui pourrait s'avérer plausible (en tenant compte, en plus, des circonstances de rédaction qu'on connaît) serait, qu'il aurait confondu ici le cas de Schlick avec celui de Reichenbach (bien qu'il connaissait mieux l'œuvre de celui-ci).

my subjective sensory fields (for example, the perceived coincidence in my visual field of the point of my pencil with the tip of my finger) with objective or « transcendent » points in the space-time world of mathematical physics ». ⁽²⁰⁾ En fait, dans les années 1930, Schlick s'est tourné vers le concept d'une base empirique — aussi bien pour le sens commun que pour la science — consistant en ce qu'il appelle des « *Konstatierungen* » (au lieu des « *Protokollsätze* » de Carnap en de Neurath). Ces affirmations de base sont ensuite également mises en œuvre dans sa défense d'une théorie de la vérité comme correspondance ; celle-ci s'est d'ailleurs heurtée à l'opposition farouche de Carnap et de Neurath : ils n'y voyaient qu'occasion rêvée de pousser leur cri : « *Metaphysik!* ». Pour Carnap on devra revenir sur cette histoire des protocoles, en la confrontant aux critiques de Cavallès.

Mais ce qui nous intéresse encore pour notre reconstruction actuelle, c'est une discussion qui a eu lieu dans une correspondance entre Schlick et Reichenbach. ⁽²¹⁾ Elle avait précisément comme sujet ledit statut des principes de coordination. Là où le jeune Reichenbach aurait voulu sauvegarder un dernier reste du synthétique *a priori*, dans une lettre de 1920 (très tôt donc), Schlick lui lance comme défi la question de savoir si la convention (entendue au sens de Poincaré) doit être considérée ou non comme *constitutive*. Il sait que Reichenbach la considère comme telle, ⁽²²⁾ mais sa réponse à lui commence par un : distinguons ! « Constitutif », c'est-à-dire constitutif pour l'objet, comme Reichenbach le voudrait ? Non ! Constitutif pour le concept de l'objet ? Peut-être. Voyons : des principes que Reichenbach appelle « *a priori* » ou « synthétiques *a priori* », on peut dire qu'ils « constituent » une mesure ou une observation. Mais alors ; quelle différence entre un tel principe et une convention ? C'est clairement à l'encontre de tout apriorisme que Schlick pose son conventionnalisme.

(20) M. Friedman, *A Parting of the Ways. Carnap, Cassirer, and Heidegger*. Open Court, 2000, p. 113.

(21) Cette correspondance aurait eu lieu à la demande d'Einstein. Cf. Thomas Oberdan, « Moritz Schlick », *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (article révisé en 2017). <https://plato.stanford.edu/entries/schlick/>

(22) Ce qui voudrait dire, dans la terminologie que nous employons ici et qui est aussi celle de Michael Friedman (voir texte correspondant à la note 11), que les principes de coordination sont constitutifs. Voir aussi L. Vanderstraeten, *o.c.*, p. 22.

§ 4. — Pendant ce temps, en France...

1. Un passage par l'analyse réflexive. Puisque le but est de nous rapprocher pas à pas de Cavallès au sujet de toutes ces questions, jetons, avant de passer au conventionnalisme radical de Carnap, un coup d'œil sur ce qui au même moment occupe l'autre extrémité du spectre : la pensée du maître, **Léon Brunschvicg**. « Analyse réflexive », c'est un des titres préférés par Brunschvicg pour le courant philosophique dans lequel il voulait se situer. Aujourd'hui, on se souvient de ce courant plutôt sous des dénominations comme « spiritualisme français », « idéalisme critique », « kantisme spiritualiste », voire « positivisme spirituel ». De toute façon, cette tradition appartient bel et bien au passé ; mais il en est resté des traces, parfois inattendues. ⁽²³⁾ L'analyse réflexive, d'ailleurs, ne représente pas une doctrine, mais bien plus une méthode — la méthode qui correspond à ce qu'on a aussi appelé une « philosophie de la conscience ». Pour comprendre ce qui la motivait, il faut remonter aux sources d'une inspiration à la fois kantienne et cartésienne, non à un quelconque système qui en serait issu.

La base de l'analyse réflexive se situe dans l'idée de la pure activité de la conscience et de son expression dans le jugement ; non pas dans le sujet comme substance ni même dans le jugement comme entité logique ou comme faculté, mais précisément comme *acte* de juger. De ce mouvement on peut désigner **Jules Lachelier** (1832-1918) comme le premier grand représentant. Pour faire vite, on peut dire que chez lui, la méthode s'achève en métaphysique. Ce ne sera plus le cas pour ce successeur de Lachelier — par Emile Boutroux interposé — que fut Brunschvicg. Pour celui-ci l'analyse *réflexive* en tant que méthode va se présenter ni comme préambule à une métaphysique, ni comme analyse d'une intuition immédiate (contre Bergson), mais comme interprétation et commentaire épistémologique de l'analyse *mathématique*. Le *tertium comparationis* de cette analogie était le fait que l'énoncé mathématique est un jugement de relation, tout comme, pour lui, tout jugement digne du titre de connaissance est relationnel et non prédicatif.

On peut dire que Brunschvicg tire une morale épistémologique de toute l'histoire de la pensée scientifique, dans laquelle beaucoup

(23) Traces mises en évidence par exemple dans l'ouvrage de Xavier Roth, *Georges Canguilhem et l'unité de l'expérience. Juger et agir 1926-1939*. Vrin, 2013 ; ou dans des études sur Ricoeur.

d'attention est portée aux penseurs français tels Cournot, Comte, Lachelier, Duhem, les Boutroux, son propre opposant Meyerson... Mais comme d'habitude, il veut aller jusqu'au bout du récit, et en récolter les récompenses les plus récentes. Dans *L'Expérience humaine et la causalité physique* (1922), à la recherche des dernières leçons de l'histoire, c'est bien sûr auprès de Poincaré mais aussi d'Einstein qu'on aboutit. Dans *Les Âges de l'intelligence* (1934), inspiré par son disciple quelque peu dissident Bachelard, même Louis de Broglie nous accompagne vers le dernier palier, évidemment toujours provisoire, de l'aventure scientifique.

Nonobstant la tendance radicalement historicisante de cette épistémologie, ce que Brunschvicg nous apporte pour l'idée de coordination renvoie en même temps à l'exigence fonctionnelle de comprendre les conditions de possibilité de la mathématisation des sciences, à commencer donc par le cas de la physique. Car la science est mathématique mais ne coïncide pas avec les mathématiques. Bien qu'il se veuille « mathématicien », il n'est pas « mathématisé », comme certains l'avaient étiqueté après la synthèse magistrale des *Étapes de la philosophie mathématique* de 1912. Brunschvicg gardait évidemment la place centrale pour les mathématiques dans l'histoire des sciences et de la raison : ce sont elles qui nous ont donné la norme de la vérité ; mais cette place n'est plus exclusive. C'est l'exigence de « connaître le monde » qui est en cause (expression qui se trouvera appliquée au « programme » de Brunschvicg dans le dernier écrit de Cavallès (S 19).) ⁽²⁴⁾

La théorie des sciences de Brunschvicg reste proche de celle de Kant : les deux questions initiales de *l'Analytique transcendantale* sont restées les mêmes : comment la mathématique pure, comment la physique théorique sont-elles possibles ? Traduites dans le système des sciences : de la géométrie il faut passer à la physique par le moyen terme de la mécanique rationnelle. C'est bien le lien entre les deux qui constitue le problème de la coordination. (Et en anticipant, ma suggestion serait : sur ce point précis, pour Cavallès, les questions de départ du dernier écrit sont restées les mêmes ; mais les réponses ne le sont pas.) Or, dans une « philosophie de la conscience » comme Brunschvicg voulait en élaborer une, toutes ces notions devaient pouvoir se traduire en termes d'une « analyse réflexive ».

Afin de montrer que la question de la coordination joue un rôle chez Brunschvicg, d'ailleurs pas trop perceptible ni trop perçu,

(24) Voir aussi *infra*, note 36.

je me limiterai à un commentaire d'un passage de *L'Expérience humaine*, la seconde de ses études monumentales⁽²⁵⁾. En plus, je citerai *Les Âges de l'intelligence* (1934), un des « petits » ouvrages.⁽²⁶⁾ Examinons sur un exemple concret — celui de la géométrie dans son rapport au réel — comment cette attitude réflexive, on l'a vu, exprimée dans un langage tout sauf technique, pouvait néanmoins se traduire en une philosophie des sciences contemporaines qui se montrait à la hauteur de son objet :

« Dans la philosophie de la science classique l'espace était le médiateur unique et nécessaire grâce auquel la raison débouchait dans la réalité. Une fois rompus leur connexion, la mathématique devait paraître refoulée du côté du formalisme abstrait. La liberté même avec laquelle l'esprit créait des groupes de relation qui sont spécifiquement géométriques sans cependant impliquer de représentation correspondante, s'interprétait comme si dans la science l'esprit se faisait simplement écho à lui-même, ne signant de « convention » qu'avec soi et dans le seul intérêt de sa « commodité ». Aussi Henri Poincaré n'hésitait pas à prédire que la géométrie euclidienne, en vertu de son privilège de simplicité (...) « n'a rien à craindre d'expériences nouvelles ». ⁽²⁷⁾ Mais cette présomption a été démentie par les théories de la relativité généralisée. De la liberté reconquise vis-à-vis de l'espace, l'esprit fait participer la nature ; il lui apporte le moyen de décider elle-même entre les types de coordination analytique que le mathématicien lui propose (...) Le système einsteinien du monde est une *cosmométrie* où la coordination analytique se moule directement sur les données de l'observation, en fonction des coefficients qu'elles fournissent. » ⁽²⁸⁾

Comme Pietro Terzi l'a montré de manière convaincante dans sa récente monographie⁽²⁹⁾, Brunshvicg, dans *L'Expérience humaine*, ainsi que dans ce passage des *Âges de l'intelligence*, se présente

(25) Après *Les Étapes de la philosophie mathématique* de 1912 (Paris, Alcan).

(26) Qui se prêtent le plus à être encore savourés (circonstance probablement liée au fait qu'ils sont tout sauf monumentaux).

(27) Une citation de *La Science et l'hypothèse*, o.c., p. 93.

(28) *Les Âges de l'intelligence*. Alcan, 1934, p. 117-118.

(29) P. Terzi, *Rediscovering Léon Brunshvicg's Critical Idealism. Philosophy, History and Science in the Third Republic*. Bloomsbury, 2022.

comme un fervent opposant au conventionnalisme de Poincaré. Cependant, ajoute Terzi, cela ne veut pas dire une preuve qu'il rejetterait le rôle de notre notion de coordination. On trouve, en effet, dans *L'Expérience humaine*, ce passage où Brunschvicg avait expliqué en détail — et réinterprété! — la contribution de Poincaré (après celle de Klein) comme un indice involontaire vers la solution du problème :

« La véritable interprétation de la géométrie (...) a été donnée par Félix Klein dans le *Programme d'Erlangen*. Elle consiste à considérer une géométrie comme l'étude des propriétés invariantes par rapport à un groupe fondamental de transformations du plan ou de l'espace. C'est à travers l'œuvre de Klein que la pensée de Poincaré (...) rejoint l'inspiration critique : « Ce qui est l'objet de la géométrie, c'est l'étude d'un « groupe » particulier ; mais le concept général de groupe préexiste dans notre esprit au moins en puissance. Il s'impose à nous, non comme forme de notre sensibilité, mais comme forme de notre entendement. »⁽³⁰⁾ Le progrès sur Kant est d'ailleurs notable d'avoir transposé la synthèse *a priori* du plan de l'intuition dans le plan de l'intelligence, et il est décisif pour le passage à la physique. Du moment que l'intuition spatiale cesse de se fermer sur soi, imposant et commandant un type unique, exclusif, de représentation de l'univers, le physicien cesse d'être ballotté de l'absolu newtonien, qui est contradictoire en soi, à la relativité cartésienne, qui ne devait pas se révéler moins embarrassante (...) Or, si l'on s'est condamné à l'alternative insoluble de l'espace absolument absolu et de l'espace absolument relatif, c'est d'abord *parce qu'on a déraciné l'espace de l'activité coordinatrice*, que l'homme est sans doute capable d'étendre à l'infini, mais *qui a dans l'organisme son origine*, son centre de perspective. *L'espace est relatif à notre corps, et relativement à ce corps il est un donné.* »⁽³¹⁾

Ceci est tout de même remarquable : l'« analyse réflexive », après s'être traduite en analyse des démarches scientifiques, est ensuite

(30) Une citation de *La Science et l'hypothèse*, o.c., p. 90.

(31) *L'Expérience humaine et la causalité physique*. Alcan, 1922, p. 487-488. (Emphase ajoutée).

capable de transformer et de retraduire ces thèmes épistémologiques en considérations annonçant des analyses phénoménologiques (en l'occurrence de l'espace). Ainsi, nonobstant la référence cruciale à l'origine kantienne de la coordination du mathématique au physique, on peut se demander si ce mouvement psychologisant ne représente pas une dérive par rapport à un concept de coordination possédant encore une quelconque unité. Non seulement l'espace mais ainsi aussi l'activité coordinatrice sont relégués à une origine humaine perceptuelle et organique — coordination des différents sens dans la constitution d'un monde vécu.⁽³²⁾ Elle semble représenter la base subjective ou réflexive de cette coordination du physique au mathématique par le biais du corps humain. Clairement, dans cette perspective on s'engage dans la voie des théories de la perception et de la psychologie philosophique et génétique, qui intéressait Brunschvicg. Ce n'est pas un hasard si Jean Piaget élève de Janet l'aït aussi été de Brunschvicg; et ce n'est pas non plus un hasard si Merleau-Ponty s'est encore reporté à Brunschvicg (malgré les critiques acerbes sur son « intellectua-lisme ») dans ses derniers Cours consacrés à la philosophie de la nature.⁽³³⁾

2. Du Maître au disciple. Celui des élèves qui avait plus de scrupules envers la possible dérive vers un psychologisme ne s'appelait certes pas Bachelard, mais bien Cavailles. En effet, plutôt qu'à la psychologie, celui-ci était allé se ressourcer à la logique philosophique et mathématique. En ce sens, il est d'autant plus intrigant qu'avant 1940, on puisse néanmoins trouver chez lui des échos de cette influence brunshvicgeoise, et plus spécifiquement dans un contexte qui implique la coordination. Il est des passages qui, sans prendre en compte cette influence, resteraient assez mystérieux. Ils apparaissent dans la conclusion de sa thèse principale,⁽³⁴⁾ là où il oppose l'expérience mathématique à l'expérience physique. Ils apparaissent également dans la Discussion avec Albert Lautman sur « La Pensée mathématique »,⁽³⁵⁾ et surtout dans « Du Collectif

(32) Comme aurait dit Merleau-Ponty — duquel Cavailles, rappelons-le, avait été agrégé-répétiteur à l'École Normale.

(33) *La Nature. Notes du Cours au Collège de France* (suivi des Résumés de Cours correspondants). Etabli et annoté par Dominique Ségald. Paris, Editions du Seuil, 1995, p. 47-57.

(34) *Méthode axiomatique et formalisme*. Hermann, 1938, 1981.

(35) *Bulletin de la Société française de philosophie* 40(1946) n° 1, p. 1-39.

au pari »⁽³⁶⁾ de 1939. Là, il termine en rattachant son interprétation du jugement de probabilité comme pari à une caractérisation plutôt suggestive de l'expérience physique. La périphrase qu'il en donne évoque plutôt une analyse anthropologique.

« Connaître le monde,⁽³⁷⁾ c'est parier — parier que certains actes réussiront, expériences de laboratoire ou techniques industrielles (...) C'est la loi d'intérêt qui guide : s'insérer dans la nature, vivant au sein du devenir, inventer les mouvements qui réussiront, l'invention elle-même étant partie du devenir, élément d'un dialogue, comme les gestes du corps dans l'escalade. Il semble qu'une explicitation fidèle de l'intention du physicien devrait suivre cette ligne — l'intention cosmogonique, la valeur de description et de connaissance des théories physiques paraissant ne pouvoir s'accorder, ni avec l'utilisation des probabilités, ni d'ailleurs avec d'autres caractères de la physique moderne (par exemple, les analyses de l'espace et du temps faites par Einstein). *L'élaboration mathématique des théories représenterait une coordination systématique de gestes efficaces, procès de retardement, amélioration de l'action qui, suivant l'observation des psychologues, peut se prendre lui-même pour but, oublier la finalité qui lui donne un sens.*⁽³⁸⁾ Mais, même les théories fines — sans valeur pratique au sens habituel — ne trouvent leur justification que dans un acte effectivement réalisé, l'accord constaté entre deux résultats de mesures. L'expérience physique est un événement dans l'histoire ; son pronostic, un pari ; son succès, la possibilité de nouveaux actes. »⁽³⁹⁾

Cette caractérisation à moitié psychologique — une fois n'est pas coutume — se justifie par la distance entre ce qui appartient à l'intrinsèquement mathématique et tout ce « complexe de

(36) *Revue de métaphysique et de morale* 47(1940), p. 139-163.

(37) Expression que l'on retrouvera (comme déjà signalé dans la note 24) dans S : S 19, dans un court passage qui réclamerait un commentaire *ad litteram* ; passage, à propos, justement, de Brunshvicg.

(38) (Mon soulignement.) Il est probable qu'en faisant cette observation, Cavallès avait en tête Janet et sa « psychologie des tendances », qu'il avait mentionné dans son article « Education morale et laïcité », in *Foi et vie* n° 20(1928), 1er décembre 1928, p. 1166-1175.

(39) « Du Collectif au pari », *o.c.*, p. 160-161. (Emphase ajoutée.)

beaucoup d'éléments hétérogènes »⁽⁴⁰⁾ qui composent ce qu'on appelle l'expérience physique. Cavailles insiste sur ce point; cette distance explique le fait, par ailleurs remarquable, qu'une pareille approche anthropologique ou psychologique ne tombe pas sous le coup de ses interdits. N'empêche que se dessine déjà à l'horizon une problématique de coordination entre ces deux types d'expérience. Cependant, il semble possible d'être encore plus puriste sur l'expérience mathématique et donc, par contrecoup, encore plus sévère sur l'expérience physique — comme dans ce passage de la Conclusion de *Méthode axiomatique* :

« ... séparation entre expérience véritable qui est connaissance, donc ne peut être que celle qui régit les mathématiques et l'expérience au sens courant ou expérience physique, superposition d'éléments hétérogènes. Sans prétendre analyser ceux-ci, on peut se contenter, pour éviter toute confusion, de marquer que s'il n'y a rien à penser en physique que la mathématique qui s'y trouve,⁽⁴¹⁾ l'intention technique — au sens sociologique : affirmation de la vie humaine dans le monde, ou mise en présence de l'homme, en tant qu'être individuel, avec les choses — intervient pour arrêter le processus dialectique normal, fragmenter ou coordonner des expériences diverses, à leur premier stade (privilegié pour le vivant) (...) Dans cet enchevêtrement la notion d'expérience pure ou conscience disparaît. Quant à l'application des mathématiques à la « réalité », c'est-à-dire au système d'interactions vitales entre homme et choses, il est visible (...) qu'elle n'intéresse plus le problème du fondement des mathématiques : l'enfant devant son boulier⁽⁴²⁾ est mathématicien, et tout ce qu'il y peut faire n'est que mathématique; mais l'ordre suivi, la liaison aussi avec d'autres expériences peuvent être dirigées par une intention technique de rôle d'abord négatif : *arrê*

(40) « La Pensée mathématique », *o.c.*, p. 9.

(41) Une allusion à la fameuse formule de Kant : « Il n'y a de science que la mathématique qui s'y trouve ».

(42) Une allusion à la critique adressée par Abraham Fraenkel (*Einleitung in die Mengenlehre*. Berlin, Springer, 3^e éd., 1928, p. 383) au formalisme, qui ne saurait justifier pourquoi les lois arithmétiques s'appliquent au réel; une remarque que Cavailles avait cité dans cette même Conclusion, p. 168.

de l'approfondissement de conscience réclamé par chaque expérience séparément ». ⁽⁴³⁾

Ici, deux choses sautent à l'œil. D'abord le fait qu'ici Cavaillès n'a pas quitté le cadre d'une « philosophie de la conscience » ; ainsi, même pour les mathématiques, ce n'est toujours pas le concept qui domine. Ensuite, l'impression que Cavaillès semble se vouloir encore plus saint que le pape, prêt à pousser à l'extrême ladite tendance au « mathématisme » du maître — ou plutôt à se faire qualifier par l'étiquette qui ne se laissait pas vraiment appliquer à celui-là. Mais ce que je veux suggérer, d'autre part, c'est que Cavaillès se trouvera ainsi confronté à une perspective qui se présenterait comme un échec : la perspective de devoir en conclure à l'impossibilité de la physique comme connaissance véritable ; c'est-à-dire d'en arriver à une réponse négative au questionnement qui lui semblait toujours le sien : « Je cherche, au moyen des Mathématiques à savoir ce que cela veut dire de connaître, penser ; c'est au fond (...) le problème de Kant ». ⁽⁴⁴⁾ Voilà le dilemme : on ne voit pas si tout ceci ne conduira pas à poser, pour la physique théorique, ses conditions d'impossibilité, plutôt que ses conditions de possibilité.

Face à un échec possible devant une question incontournable, face en plus aux critiques qu'une telle prise de position avait provoqué de la part de son ami **Albert Lautman**, ⁽⁴⁵⁾ ainsi que de la part d'au moins un autre intervenant (le mathématicien renommé

(43) *Méthode axiomatique*, o.c., p. 179-180. (C'est moi qui souligne.) « Réclamé par chaque expérience séparément » semble évoquer l'idée qu'en tant que mathématique chaque expérience exige une élaboration de ce que, purement mathématiquement, elle implique, donc un prolongement qui reste à l'intérieur des questions mathématiques qu'elle soulève. Dans ce sens aussi, des conceptualisations mathématiques ultérieures dans le temps — le « temps logique », on serait tenté de dire — représenteraient des « approfondissements de la réflexion » ; « approfondissement » qui sera toujours évoqué à la page finale de *S*, mais sans l'associer au terme de « réflexion ». Par ailleurs, signalons que l'expression « approfondissement de [la] réflexion » apparaissait littéralement 1° dans le compte-rendu des *Agès* (o.c., p. 406) par Cavaillès en 1935 – donc comme caractérisation de la pensée du maître ; 2° dans la Discussion, surtout, avec Gonthier dans les *Entretiens d'Amersfoort*. Actualités Industrielles et Scientifiques n° 850, Paris, 1939, p. 42.

(44) « La Pensée mathématique », o.c., p. 34.

(45) En ce sens que Lautman voyait dans sa propre version du platonisme une réponse aux principales questions du fondement des mathématiques, y compris celle du rapport du mathématique au physique.

Maurice Fréchet)⁽⁴⁶⁾ à la Société française de philosophie en février 1939, mieux valait ne pas se profiler par une position qui rendrait vaines les ambitions cognitives des sciences naturelles... Mais il y a plus : il y avait eu le débat polémique avec **Ferdinand Gonseth** aux Entretiens d'Amersfoort,⁽⁴⁷⁾ qu'on peut considérer comme le berceau du mouvement « *Dialectica* ». À cette occasion Cavailles avait abordé la thèse idonéiste de Gonseth, qui semblait réclamer une idée unitaire de vérité scientifique — unifiant vérité mathématique et vérité physique dans une vision où la totalité du savoir est soumise à un ensemble de critères qui expriment une dialectique entre *objectivité expérimentale* (rapport au monde extérieur), *structure axiomatique*, et *contenu intuitif*. En somme, Gonseth avait sa solution à lui pour le problème de la coordination — et ce n'est pas un hasard si ses exemples privilégiés sont géométriques. Cavailles est bien d'accord pour ce qui est de l'idée d'une soumission de tout prétendu *a priori* à l'expérience et aux exigences de l'évidence rationnelle ; mais il revient encore à cette question de la spécificité de l'expérience mathématique (et de l'autonomie du savoir mathématique). Il conteste l'idée qu'expérience physique et expérience mathématique se laissent homogénéiser sous un même concept — celui de la vérité comme soumission aux faits, au « réel ». Pour l'expérience mathématique, il y a bien « appréhension d'un résultat imprévisible », ce qui fonde une objectivité, comme pour l'expérience physique. Mais en mathématique cette appréhension « se produit à la rencontre de gestes réglés dont l'accomplissement, parce que réglé, n'est pas un événement » ;⁽⁴⁸⁾ tandis que dans le cas de l'expérience physique, on retrouve ce caractère familier et

(46) Maurice Fréchet (1878-1973, un des fondateurs de la théorie des espaces abstraits) s'était nettement opposé à l'idée de l'autonomie du développement mathématique accordée par Cavailles face à celui de la physique.

(47) Conférence (tenue en septembre 1938, et interrompue pour cause de mobilisation) qui peut être considérée comme une étape importante dans la tentative de fonder un mouvement en philosophie des sciences qui constituerait une alternative à l'École de Vienne en rejetant aussi bien un empirisme ou positivisme radical qu'un logicisme. À ce titre, cette rencontre peut être vue comme anticipant la naissance de la revue *Dialectica*, qui fut finalement fondée en 1947 par Ferdinand Gonseth, Gaston Bachelard et Paul Bernays.

(48) *Entretiens, o.c.*, p. 42 ; formule qui jette aussi une lumière sur la fameuse « définition » de l'expérience mathématique dans « La pensée mathématique » (*o.c.*, p. 9) : « un système de gestes, régi par une règle et soumis à des conditions indépendantes de ces gestes (...) chaque procédé mathématique se définit par rapport à une situation mathématique antérieure dont il dépend partiellement, par rapport à laquelle aussi il entretient une indépendance telle que le résultat de ce geste doit être constaté dans son accomplissement. »

« *sui generis* d'appréhension d'un événement, et si difficile qu'il soit de le formuler exactement, d'*indication* vers quelque chose, qui n'est pas la pensée (...) L'activité des physiciens ne prend toute sa signification que prolongée par celle de l'ingénieur : le vrai est là, en fin de compte, ce qui « marche ». » (*ibid.*; emphase dans l'original).

Quant à la divergence entre les « deux expériences », Cavallès, profitant de sa familiarité avec les discussions au sein de l'École de Vienne, dont notamment leur différend avec Popper,⁽⁴⁹⁾ ajoute une « différence essentielle » :

« [L'expérience physique est *négative*, ne peut qu'infirmier en bloc une théorie sans rien dire sur son contenu, [l'expérience mathématique] est *positive*, elle est l'accomplissement même de la théorie. »⁽⁵⁰⁾

Suit encore une remarque discrète, presque entre parenthèses, qui, cependant, ne peut nous laisser indifférents. Non seulement elle aussi semble refléter une influence « viennoise », mais en plus elle rappelle et renforce une certaine politique « protectionniste » envers la psychologie qui nous avait déjà frappés :

« Issues toutes deux [les deux expériences, *p.c.*] de l'activité intuitive sensible, elles représentent (...) chacune le point d'arrivée de deux évolutions diamétralement opposées. La description de ces évolutions (...) me sembl[e] plutôt ressortir à l'anthropologie générale qu'à l'épistémologie » (*ibid.*).

Somme toute, dans le feu de la discussion, Cavallès avait poussé à l'extrême la dualité entre expérience mathématique et expérience physique dans leur rapport au savoir et au vrai :

« Je ne crois pas possible d'unir sous un même concept expérience mathématique et expérience physique. Il y a un savoir mathématique autonome qui se satisfait lui-même, exige donc une idée de vérité sans rapport avec la vérité physique. » (*Entretiens*, p. 41)

Mais il sentait déjà qu'un contraste aussi radical allait le mettre en difficulté, notamment « du fait que, dans l'activité du physicien, il n'y

(49) Ainsi, sans doute, qu'avec les complications associées au processus de falsification qui avaient déjà été soulevées par Pierre Duhem.

(50) *Ibid.*, p. 43.

a rien — y compris les mesures et l'utilisation d'appareils — qu'on puisse noter comme extra-mathématique » (*ibid.*, 41-42). Cette concession va l'amener à formuler ce qui paraît être sa première tentative explicite de poser le problème de la coordination et en même temps d'esquisser dans quelle direction il faudra chercher une réponse :

« ...d'une part la majorité des disciplines mathématiques sont activités authentiques présentes du savant et actuellement extérieures à toute activité physique; d'autre part, celle-ci en tant que coordonnant des opérations mathématiques diverses — empruntées à des théories mathématiquement indépendantes — est orientée toute entière par son caractère *sui generis* d'appréhension d'un événement » (*ibid.*).

À noter que Cavallès semble formuler ici son propre problème de coordination. Cette coordination-ci concerne différentes théories mathématiques qu'il faut faire converger ou au moins coopérer (en combinaison avec d'autres éléments, par exemple expérimentaux) au sein d'une même théorie physique : cette question n'est certes pas identique au problème tel qu'il est défini chez Reichenbach, Schlick ou Carnap, c'est-à-dire, comment remplir un système formel de contenu ? (*Infra*, §5.2). En même temps il diffère aussi de l'idée de la coordination entre différents ordres sensoriels (Schlick) ou de l'origine organique de l'espace (Brunschvicg). De toute façon, la formulation de 1942 excédera de loin ce qu'on trouve en 1938, qui en constitue comme un préliminaire.

Quoi qu'il en soit, ce problème de la coordination s'impose maintenant de toute urgence : si l'idée de vérité n'est pas « donnée dans une détermination antérieure au savoir acquis », comme Gonsseth avait lui-même souligné, elle devient, dit Cavallès, « relativ[e] au système des actes du chercheur dans une discipline donnée ». Mais ceci doit « entraîner pour elle un polymorphisme essentiel »;⁽⁵¹⁾ ce qui ne pourra être le dernier mot en la matière — sinon la connaissance physique, une fois de plus, menace de s'évaporer. L'urgence de ce problème semble donc liée au fait de se retrouver — de s'être manœuvré, et notamment par cette attaque envers Gonsseth — en position défensive !

§ 5. — Un problème de la « doctrine de la science ».

(51) *Ibid.*, p. 41.

1. Le texte de base. Voyons maintenant comment se pose la question de la coordination, à première vue presque en filigrane du raisonnement complexe de la deuxième partie de *Sur la Logique*. Ici la figure iconique de l'« adversaire » est celle de Carnap. Après l'exposition de ses propres concepts fondamentaux pour comprendre le développement historico-logique des sciences formelles — paradigme et thématization; sens posé et sens posant⁽⁵²⁾ — Cavaillès entame l'examen critique des « deux difficultés » majeures qui se posent selon lui pour cette variante de ce que tout au long de l'essai il appellera « le logicisme ». D'abord, un examen des difficultés associées selon lui à la tentative de fonder les *mathématiques* — en même temps que la logique elle-même — par la voie d'une formalisation radicale. Ensuite, Cavaillès va poser la question plus ou moins analogue à propos de la *physique* : l'épistémologie physique peut-elle être fondée par le logicisme, en prenant celui-ci dans sa version viennoise? Autrement dit, dans le cas exemplaire de Carnap, la question critique se pose : l'épistémologie mathématique et l'expérience physique peuvent-elles être constituées moyennant une formalisation en profondeur telle que la *Logische Syntax der Sprache* la réalisait en principe?

Pour la « première difficulté », la relation entre *logique et mathématique*, on trouve ces quelques pages (S 36-39) où la densité autrement légendaire du texte est poussée à son point culminant — des pages nécessitant un commentaire littéral qui ne saurait nous occuper ici. (D'ailleurs l'exposé n'en est qu'indirectement lié à notre problème.) Pour en donner tout de même déjà une idée sommaire : c'est d'abord l'idée des systèmes logico-mathématiques conçus comme langages formels avec leur syntaxes respectives, telles que déployées dans la *Logische Syntax*, qui est mise à l'épreuve de la critique. Dans ce cadre Cavaillès prend comme cible entre autres l'idée de l'auto-suffisance de l'approche syntaxique, ainsi que le conventionnalisme prononcé de Carnap, exprimé dans le fameux « principe de tolérance » de la syntaxe (*infra*, 5.3). Est ensuite soumise à une critique pareillement profonde et intransigeante, l'idée qui devrait restaurer un équilibre avec ce principe, celle d'une syntaxe *générale*, avec sa caractéristique — selon Cavaillès — d'une

(52) *Sur la Logique*, p. 27-33. Pour une analyse de ces notions, voir entre autres H. Benis Sinaceur, *Cavaillès*. Les Belles lettres, 2013 (*passim*); Id., *Cavaillès Philosophie mathématique*. P.U.F., 1994; G. G. Granger, *Pour la connaissance philosophique*. Odile Jacob, 1988, p. 70-88; P. Cortois, « The Structure of Mathematical Experience According to Cavaillès », *Philosophia mathematica* 4(1996), p. 18-41.

abstraction totale des contenus où la mathématique ne deviendrait qu'un ensemble d'énoncés analytiques.

Tout cela est décisif si on veut saisir l'essence de la réflexion ultime de Cavailles sur les mathématiques. Mais ce qui nous occupe maintenant, c'est donc bien « la deuxième difficulté du logicisme » (S 40) : celle qui concerne le rapport entre cette logico-mathématique et la *physique*. On pouvait s'attendre à la critique de cette conception logiciste qui implique l'image d'une séparation entre forme et matière⁽⁵³⁾ ou contenu empirique de la connaissance : cette conception ne serait que le prolongement de la conception tautologique ou purement analytique des mathématiques. Mais la critique est plus subtile, et constitue en fait un nouvel élément dans l'expression de la pensée de Cavailles : nulle part ailleurs dans ses textes publiés ne retrouve-t-on sous une forme aussi explicite cette idée concernant l'exigence de fonder la pensée physique. Mais même ici, en des pages à leur tour hypercondensées (S 40-43), l'expression de cette pensée ne se trouvera pas sous la forme élaborée qu'elle réclamerait — et c'est sans doute une raison de plus pour laquelle dans les commentaires ce point est si souvent passé sous silence.

Voici donc ce fragment — mon texte « de base » — que nous devons par la suite analyser de plus près :

« ... la deuxième difficulté du logicisme, le problème posé par la physique. La notion de coordination n'est pas en effet plus directement utilisable que celle de description mais au contraire la suppose : on ne coordonne que ce qui à même titre fait partie d'un ensemble supérieur, il n'y a coordination du physique au mathématique qu'après une mathématisation du physique c'est-à-dire un travail descriptif que le logicisme est impuissant à définir. Les « énoncés protocolaires » inventés par son réalisme naïf supposent ce qui est la question, savoir des relations mathématiques qui soient traduction ou réduction de l'expérience physique. Mais l'enchaînement physique, pas plus que l'enchaînement mathématique ne connaît de commencement absolu : d'une part en tant que relations mathématiques, les énoncés ne prennent leur sens que dans un système déjà posé

(53) Critique qu'on trouvait déjà lors de l'exposition de la « première difficulté », où il ne s'agissait évidemment pas de contenus empiriques. C'est d'ailleurs dans le sens de cette critique d'une séparation radicale entre forme et contenu, généralisant l'application du terme à la plupart des formalistes, que Cavailles semble utiliser le vocable de « logicisme » dans *Sur la Logique*.

et possédant de façon plus ou moins précisée une signification expérimentale ; d'autre part l'expérience elle-même comme système d'actes est intérieurement organisé de sorte qu'il est impossible d'en interrompre le déroulement, sinon par abstraction superficielle : les actes expérimentaux en engendrent de nouveaux par un enchaînement sui generis qui, au moins en tant que tel, est indépendant — parce que d'autre essence — de l'enchaînement mathématique. À l'entrecroisement de ces deux procès apparaît la relation physique ; de leur coordination plus ou moins complète naît la théorie physique, dont la doctrine de la science doit déterminer le site et donner le sens » (S 40).

Deux remarques préliminaires déjà : en premier lieu, il faut signaler la co-occurrence de l'expression « *coordination* » avec celle de « *description* ». Celle-ci peut surprendre quand elle se trouve appliquée à Carnap, au vu de sa tendance au « syntactisme ». Or, elle renvoie bien à l'analyse précédente (de la « première difficulté ») et qui était fondamentale pour la question du fondement des mathématiques, mais qui nous servait ici comme simple préambule à notre lecture concernant l'épistémologie physique.

Ceci m'oblige toutefois à commenter un aspect de cette analyse précédente. Elle commençait (S 36) par un constat : la notion de *description* n'est pas apte à effectuer le travail que Carnap attendait d'elle.⁽⁵⁴⁾ La notion de description apparaissait dans la *Logische Syntax* (de même que dans le texte de Cavaillès (S 36f)) dans le contexte tout d'abord de ce que Carnap appelait des « syntaxes descriptives », juxtaposées à la notion de « syntaxes pures » ou « proprement logiques » : se rendant compte — selon l'interprétation de Cavaillès — de la nécessité non seulement de délimiter les règles opératoires d'un système formel mais d'en définir concepts et objets, Carnap n'avait tout d'abord considéré cette tâche descriptive que dans le prolongement et comme complément de la tâche fondamentale, elle « purement logique » ou syntaxique. En effet, il faut être en mesure non seulement de formaliser syntaxiquement ce qui est exprimé dans un langage mais aussi de se référer à certaines expressions figurant dans un texte formulé en ce langage : « à telle ligne de telle page de tel livre on trouve l'expression ... » ; et cela aussi sans s'en reporter à des « sens » (par exemple frégréens)

(54) Je précise : déjà avant que lui aussi, après Tarski, n'embrasse l'approche sémantique.

mais en utilisant seulement des moyens syntaxiques.⁽⁵⁵⁾ En ce sens, selon Carnap, on ne doit pas et on ne peut pas quitter le point de vue syntaxique en introduisant l'étude de la fonction descriptive. C'est à propos de ce point de vue que Cavailles se demande : mais, dans ce cas, « que signifie⁽⁵⁶⁾ décrire pour un système intelligible ? », c'est-à-dire que signifie « décrire » un système logique, un système formel ; comment le décrire à l'intérieur d'une approche à proprement parler syntaxique ? On s'imagine que Cavailles ne se résignera pas au point de vue exprimé ; on devra y revenir.

Deuxième remarque : la notion de description, pas plus d'ailleurs que celle de coordination, n'est mentionnée par Cavailles dans le but de l'écartier. En lisant que « la notion de coordination n'est pas (...) plus directement utilisable » (S 40), au premier abord on pourrait craindre qu'il ne s'agisse chaque fois d'impasses : par exemple en se manifestant comme des problèmes insolubles voire mal posés. Mais il est tout à fait légitime d'aborder les problèmes de la coordination et de la description. Avant l'exposition de « la deuxième difficulté », on lisait déjà : « à la vérité le problème de la description [dans ce cas, d'un système formel] n'est pas résolu » (S 38). Le fait, en d'autres termes, qu'il n'y a pas de solution évidente et immédiate ne signifie pas qu'ils sont intraitables. En fait il faut lire que l'approche par la notion de coordination ne permet pas de se débarrasser de celle de description « mais au contraire la suppose » ; et la phrase se terminait : la « coordination du physique au mathématique » *suppose effectivement* une « mathématisation du physique c'est-à-dire un travail *descriptif* que le *logicisme* est impuissant à définir » (italiques ajoutées). Il y a donc bien une tâche épistémologique — ou plutôt deux tâches interdépendantes — à remplir.

Or, au sujet de la *coordination* elle-même, Cavailles ne nous laisse pas dans le doute : il proclame comme une des tâches primordiales celle de comprendre le rapport entre l'« enchaînement mathématique » et l'« enchaînement physique », par la voie précisément de la notion qu'il nous faut éclaircir : « À l'entrecroisement de ces deux procès apparaît la relation physique ; de leur coordination plus ou moins complète naît la théorie physique » (S 40). Ceci est dit avec insistance : « théorie physique dont la doctrine de la science doit

(55) Ce n'est qu'avec Tarski que la tâche de la sémantique est apparue en sa spécificité (d'ailleurs reconnue ensuite par Carnap).

(56) C'est-à-dire, « que peut signifier, de ce point de vue de Carnap, décrire », etc. ? Et sans doute aussi du point de vue de Cavailles, puisqu'il utilise une terminologie qui ne convient pas très bien à Carnap : « système intelligible ».

déterminer le site et donner le sens » (S 41). Propos négligés dans les commentaires? Propos négligeables, en ce qu'ils débordaient le cadre de ce qui se laisse développer dans une pure philosophie des mathématiques, cadre de « l'expérience mathématique » dans laquelle on croyait pouvoir enfermer les projets de leur auteur? Malgré les pages (d'ailleurs les plus précieuses qui soient : S 27-33) au sujet du *paradigme* et de la *thématisation*, n'oublions pas que sans doute, en 1942, « l'expérience mathématique dort » toujours, comme il écrivait l'année précédente⁽⁵⁷⁾ — au moins en tant que projet indépendant considéré comme réalisable à court terme.⁽⁵⁸⁾ En tout cas, il est déjà important de lever le malentendu que la philosophie de la physique intéressait peu Cavaillès — comme le malentendu que les problèmes à discuter, coordination et description, auraient été écartés par lui comme pensées confuses. Pour autant que le titre posthume du livre s'avère adéquat aux thèmes abordés — logique et théorie de la science — il faut tout au moins apporter une réponse (qui, bien sûr, reste programmatique dans ce cas) à la question du statut de la physique mathématique, sans oublier celui de la science expérimentale; ce qui justement, dans le cadre de l'actualité de l'épistémologie développée dans la première moitié du siècle, suppose une réponse aux questions qui persistent : notamment à celle dite de la coordination.

Cavaillès prend son point de départ dans les réponses données par l'empirisme logique. On a déjà vu comment le problème a été abordé par Schlick et Reichenbach. Mais c'est surtout par rapport à Carnap que Cavaillès se définit.⁽⁵⁹⁾ La première démarche à faire

(57) Lettre à Brunschvicg de 1941, publiée dans G. Ferrières, *Jean Cavaillès. Un philosophe dans la guerre*. Le Seuil, 2^e édition, 1982, p.158 (sans date mais apparemment, vu le contexte dans cette biographie, écrit en 1941); la phrase sur « l'expérience mathématique » se poursuit ainsi : « je n'en suis qu'à moitié fâché. Auparavant j'aurais voulu essayer une vieille querelle contre la logique transcendantale, spécialement celle de Husserl (...) Il y a dans la *Krisis* une utilisation un peu exorbitante du *cogito* ». Il est clair que ce qu'il envisage déjà d'« essayer » ici se rapporte à *Sur la logique*. La référence à la *Krisis* n'est pas sans pertinence, puisqu'à côté de *Logique formelle et transcendantale*, c'est aussi le Husserl de la *Krisis* qui reviendra dans S : 54, 57, 66-69, 76-77; et cela précisément concernant la relation entre mathématiques et physique.

(58) Une autre lecture possible serait que dans l'urgence et l'incertitude de la situation, Cavaillès ait finalement fait une tentative de fusionner les deux projets (« expérience mathématique » et « théorie de la science ») dans un seul essai.

(59) Lettre du 4/11/1942 à Lautman depuis le camp de Saint-Paul d'Eyjaux (Ferrières, *o.c.*, p. 164) : « ... ton offre [d'apporter] des livres tombe admirablement (...) As-tu aussi notre vieille ennemie, la *Logische Syntax der Sprache*? » Il est peu probable que Lautman ait pu répondre à la demande en ce qui concerne Carnap (et

est donc de se reporter pour cette question à la réception de Carnap chez Cavaillès. Ici, il s'agit de l'aspect de la *Logische Syntax* ayant rapport à l'épistémologie physique. Sans entrer dans les détails du projet syntaxique de Carnap en son rapport avec les sciences empiriques, on va voir de quelle façon Cavaillès a compris l'idée décisive et y a réagi.

2. Le conventionnalisme de Carnap (empirisme logique, 2^e étape).

Pour **Rudolf Carnap**, la question de la coordination joue obligatoirement un rôle crucial dans son épistémologie physique et sa philosophie de la science totale (*Einheitswissenschaft*), puisque dans sa conception il est impératif de trouver le pont entre logique (énoncés analytiques) et science « du contenu » (énoncés synthétiques). Et ce, pour la simple raison que les deux y étaient d'abord radicalement séparées. On a déjà vu comment Carnap avait mis en œuvre la notion de description dans une tentative d'injecter une pseudo-sémantique dans le projet de la syntaxe. Le but en était de jeter un pont entre la pure syntaxe et les fragments discursifs qui — après élimination des énoncés en mode « matériel »⁽⁶⁰⁾ — étaient inévitablement et formellement utilisés dans les traités scientifiques. Mais pour Carnap, c'est aussi et surtout un premier pas vers la solution de la question de l'applicabilité de la logique aux contenus de l'expérience; application sans laquelle la logique ne se distinguerait guère d'un jeu formel⁽⁶¹⁾.

C'est un pas vers le but désiré, puisqu'une fois définie la syntaxe *descriptive* pour un langage formel on voit l'analogie avec le rapport entre *géométrie et physique*. En effet, la transition de la forme abstraite au contenu synthétique se fait dans le même sens dans le cas de la géométrie : d'abord il y a pour Carnap une géométrie « arithmétique » c'est-à-dire purement formelle dont les symboles et énoncés se laissent arithmétiser selon la procédure gödelienne,

plusieurs autre ouvrages techniques), vu l'absence de citations dans *S* : il y en a beaucoup de Kant, de Husserl surtout, mais pas de Carnap, ni de Brouwer, de Brunschvicg, de Leibniz, Bolzano...

(60) Le mode, selon Carnap, au sein duquel le langage fonctionne couramment d'après les règles dictant l'utilisation (*use*) au sens descriptif et référentiel — comme dans « Fido est un chien » — en opposition avec le « formal mode » où les mots sont mentionnés plutôt qu'utilisés (« « Fido » est un nom de chien »).

(61) La comparaison avec le jeu des échecs se trouve bien aussi chez Carnap (et pas seulement chez Husserl).

amplement mise à l'œuvre dans l'ouvrage entier;⁽⁶²⁾ ensuite, il y a une *première* géométrie descriptive, c'est-à-dire formelle et axiomatique qui part de concepts primitifs comme « point » et « droite » dont la seule interprétation est donnée par des axiomes; et finalement, il y a la géométrie descriptive *physique*, qui détermine quels symboles de la langue physique correspondent à quels symboles du système axiomatique. Dans ce but il y a les *Zuordnungsdefinitionen* ou « définitions coordinatives ». Parallèlement il y a le même développement en syntaxe : après la syntaxe pure et arithmétisée il y a deux formes consécutives de syntaxe descriptive : celle axiomatique et celle physique ! Puisqu'il paraît possible de développer les deux géométries descriptives, il résulte qu'on peut déployer aussi deux syntaxes descriptives : comme un exemple standard appartenant à la géométrie physique est donné « une segment physique est dit avoir la longueur 1 s'il est congruent avec le segment entre deux marques faites sur la jauge à Paris », ⁽⁶³⁾ comme exemple parallèle en syntaxe physique « un symbole constitué de deux marques horizontales se trouve à la place *c* dans ce livre ». ⁽⁶⁴⁾ On voit bien dans quelle direction on est entraîné : si la transition de formules analytiques à formules synthétiques est possible et justifiée en un cas moyennant des règles ou définitions de coordination, elle l'est aussi dans l'autre cas. Et on aura « justifié » la physique comme science qui traite du contenu sans vraiment quitter le terrain syntaxique.

On pouvait s'y attendre : c'est bien la fameuse notion de *Protokollsatz* qui s'annonce ici. Après avoir décidé d'abandonner le langage des « Erlebnisse » du *Logische Aufbau*, et de le remplacer par le langage physicaliste ⁽⁶⁵⁾ comme base de l'épistémologie de la connaissance empirique — un langage, en plus, où la notion de description est utilisée dans un sens très idiosyncratique — il n'y a qu'un pas avant d'en arriver à la notion de protocoles. Complétez

(62) Cf. aussi S 35, à propos de Carnap : « c'est un résultat obtenu dans l'acte effectif du formalisme que tout système contenant l'arithmétique peut formaliser sa propre syntaxe. »

(63) *Logical Syntax, o.c.*, p. 80.

(64) *Ibid.*, p. 81.

(65) Afin, bien sûr, d'éviter toute dérive métaphysique, dans ce cas probablement « constructiviste », de même que Carnap et Neurath se sont d'autre part fortement opposés à la proposition dite « réaliste » de Schlick de remplacer les protocoles par des *Konstatierungen*, qui permettraient une conception de la vérité comme correspondance. Mais pour Neurath en Carnap, les protocoles ainsi que les autres énoncés de la langue unitaire n'étaient rien de plus que des séquences de signes (acoustiques ou graphiques), leurs relations des relations syntaxiques, leur vérité la cohérence avec d'autres séquences de signes.

la phrase du « symbole constitué de deux marques... » ci-dessus, et vous obtenez la forme particulière que les phrases exprimant une observation scientifique devront acquérir selon Neurath et Carnap : « observateur *O* a noté un symbole constitué de deux marques horizontales se trouvant à la place *c* dans ce livre », ou dans l'exemple formulé par Cavallès : « la phrase matériellement écrite sur le carnet d'un astronome « à telle heure telle étoile passe au zénith » » (S 41). Que faire du coup auquel Carnap se livre ici ? Se pourrait-il donc que des phrases de ce genre devraient constituer la base observationnelle de la science de la nature ? Que ce sont ces énoncés-là qu'il faudrait coordonner par des règles et des définitions à l'ensemble des énoncés physiques et en fin de compte à la langue totale de la science, y compris les langages logiques ? Selon Cavallès, si l'idée de coordination aboutit ainsi, c'est qu'elle est tombée dans l' « absurde » (S 41) : un tel énoncé

« n'a aucun rapport avec une proposition physique, pour la raison que le livre fût-il désigné comme un exemplaire déterminé situé dans l'espace et le temps, les autres éléments qui interviennent (ligne, énoncé, composition) sont des objets culturels qu'aucune expérience physique ne prétend atteindre. Il est tout aussi absurde de « coordonner » celle-ci avec la phrase matériellement écrite sur le carnet d'un astronome... » (*ibid.*)

En 1935, Cavallès publiait un rapport assez détaillé sur l'intervention de la nouvelle école au 8^e Congrès Mondial de Philosophie à Prague (1934).⁽⁶⁶⁾ Il n'y faisait qu'une allusion discrète à la question des énoncés protocolaires,⁽⁶⁷⁾ mais il discutait bien la coordination entre différents types d'énoncés qui devrait garantir l'unité de l'édifice linguistique de la science et en particulier l'applicabilité des langages logiques à la physique ; processus dans lequel on voit bien la place accordée aux énoncés protocolaires. Après avoir présenté l'ensemble du projet de la *Logische Syntax*, il fait spécialement mention d'une « critique particulièrement vigoureuse » de la part de Roman Ingarden, le phénoménologue disciple de Husserl :

(66) « L'École de Vienne au Congrès de Prague », *o.c.*, p. 137-149. Le congrès a eu lieu au mois de septembre, la *Logische Syntax* avait été publiée (à Prague) au mois de mars.

(67) *O.c.*, p. 145f.

« Si l'on admet que toute proposition est ou tautologique ou physique (...) les propositions métalogiques ne pourront être que des non-sens ou des contre-sens⁽⁶⁸⁾ puisque leur coordination avec des taches sur du papier ou des ondes sonores n'a rien à voir avec ce qu'elles prétendent dire : "Il faut donc distinguer entre vérifi[a]bilité d'une proposition et son sens (...) le sens d'une proposition n'a rien de physique". » (*Ibid.*, p. 145).

Il semble que Cavallès ait retenu ces remarques et que, sept ans plus tard, il s'exprime (on vient de le voir) dans un esprit très voisin de celui d'Ingarden sur ce point. Dans son essai de 1935, il poursuivait :

« En fait, on sait, d'après M. Carnap, que les propositions métalogiques sont coordonnées à des propositions arithmétiques ou physiques ; *resterait peut-être à préciser davantage la signification de cette notion de coordination* (qui n'est pas une traduction puisque, avant elle, il n'y a pas de proposition syntaxique),⁽⁶⁹⁾ notion qui intervient aussi pour la mise en rapport des propositions physiques avec le concret vécu »⁽⁷⁰⁾ (*ibid.*, emphase ajoutée).

Ici, le jeune Cavallès s'exprimait d'une manière beaucoup plus prudente qu'au moment où il sera contraint de clarifier sans équivoque son point de vue ; toutefois, on sent déjà en quelle direction il se dirige.

3. Le principe de tolérance. En ce qui concerne Carnap et l'interprétation hypothétique de sa réception dans *Sur la logique*, il restait à clarifier un aspect important : le rôle important joué par le principe de tolérance. Le principe est paraphrasé⁽⁷¹⁾ par Cavallès de

(68) Une allusion à la distinction faite dans la logique de Husserl entre *Unsinn* et *Widersinn*.

(69) Il me semble qu'il faut interpréter ceci dans le sens du passage de Reichenbach : « ... la coordination établie dans une proposition physique est bien particulière. (...) À cette fin, *les éléments de chaque ensemble doivent être définis* » (cité ci-dessus (texte correspondant à la note 12).)

(70) En effet, Carnap répète à plusieurs reprises que ses analyses ne doivent pas s'appliquer exclusivement au langage de la science mais aussi à celui du « sens commun ».

(71) Le seul écho textuel de Carnap — à propos du « principe de tolérance » (S 33-34) — n'est pas textuellement correct, comme le remarquaient les éditeurs

la façon suivante : « En logique il n’y a pas de canon mais seulement possibilité illimitée de choix parmi les canons ». ⁽⁷²⁾ Dans « L’École de Vienne au Congrès de Prague », là où il disposait des textes en question, il s’était tenu à une traduction littérale : « en logique, il n’y a pas de morale : chacun peut construire sa forme de langage comme il l’entend » (*ibid.*, p. 142). Là où par exemple les intuitionnistes introduisent leurs critères et principes sous forme d’interdictions, pour Carnap le choix entre langages formels utilisés tour à tour en mathématiques et en science est conventionnel. Il n’y a pas de place pour des principes logiques de caractère « métaphysique », il n’y a que règles de jeu dans un *calcul* — c’est-à-dire dans *des* calculs. Appliqué à notre question générale, cela veut dire que les règles de coordination sont des choix de conventions — de définitions (*Zuordnungsdefinitionen*). Bien sûr, ce seront toujours des choix imposés par l’utilité d’un certain langage en fonction d’un certain but (comme le choix pour un langage appelé par Carnap « indéfini », ⁽⁷³⁾ par exemple si l’on veut reconstruire l’analyse classique) ⁽⁷⁴⁾ — donc la valeur pragmatique joue un certain rôle. La tension entre convention et commodité (et la discussion qui s’ensuit à propos de différents types de simplicité), signalée déjà à propos

(Canguilhem et Ehresmann) dès 1947, et la formule en question est probablement écrite de mémoire d’après une phrase que Cavailles avait citée dans « L’École de Vienne au Congrès de Prague » (*Revue de métaphysique et de morale* 42(1935), p. 142 (*cf. infra*)). (Voici la formule exacte de Carnap : « In der Logik gibt es keine Moral. Jeder mag seine Logik, d. h. seine Sprachform, aufbauen wie er will. Nur muß er, wenn er mit uns diskutieren will, deutlich angeben, wie er es machen will, syntaktische Bestimmungen geben anstatt philosophischer Erörterungen »). D’autre part, notons que l’expression « possibilité illimitée de choix parmi les canons » (S 34) est sans doute un renvoi, de mémoire, à une image qui se trouve dans le Prologue de Carnap, voir *The Logical Syntax of Language* (trad. Amethe Smeaton, Kegan Paul 1937, Routledge 2000), p. xv. : « The first attempts to cast the ship of logic off from the *terra firma* of the classical forms were certainly bold ones (...) But they were hampered by the striving after ‘correctness’. Now, however, that impediment has been overcome, and before us lies the boundless ocean of unlimited possibilities. »

(72) La terminologie de « canons » invoquée ici ne doit pas surprendre : elle renvoie à un aspect non explicité du plan général de S : la tension entre deux conceptions traditionnelles de la logique (au moins depuis Descartes et Port-Royal, et plus explicitement chez Kant) (voir S 11, 13, 14, 17, 18) : celle d’un *canon* opposée à celle d’un *organon*.

(73) Appelé par Carnap « *die indefinite Sprache II* », qui naît d’une extension des capacités expressives de la « *definite Sprache I* » plus restreinte (disons intuitionniste) en admettant des quantificateurs à portée illimitée.

(74) Et ensuite si l’on veut atteindre la théorie physique pour autant que celle-ci a besoin d’un langage apte à exprimer l’entière de cette analyse classique.

de Poincaré, reparaît. Cependant ici l'idée est que tous les langages, pour autant que leur syntaxes sont formalisés, sont en principe équivalents. Mais dans ce cas, qu'en est-il du but proclamé de construire une langue unitaire de la science ? Or, Cavaillès en 1935 ne semble pas en faire grand cas. Au contraire, il semble apprécier les solutions techniques apportées par Carnap :

« Il n'y a pas (...) simple juxtaposition entre les langages. Ici interviennent deux notions particulièrement importantes (...), celles de langue partielle et de traduction. S_2 est dite langue partielle de S_1 si : 1° toute proposition de S_2 est proposition de S_1 ; 2° toute relation de consécution entre classes de S_2 est conservée dans S_1 . On appelle de même L-application (univoque ou bi-univoque) d'une langue sur une autre une mise en correspondance conservant le relation de consécution entre classes de propositions. S_1 est dite traduisible dans S_3 s'il existe une L-application de S_1 sur une langue partielle S de S_3 . (...) Dès lors, le principe d'unité qui semblait être tenu en échec par le principe de tolérance pourra se trouver satisfait si toutes les langues différentes sont traduisibles dans une langue universelle. Cette langue universelle sera la langue physique ». ⁽⁷⁵⁾

Bref, on peut dire que c'est la notion de traduction — avec celle d'hierarchie — qui sauve la perspective globale. « Il y a bien une langue unique, mais subsumant sous elle une hiérarchie de langues aux syntaxes diverses, répondant aux besoins de recherches scientifiques spéciales » (*ibid.*).

En 1942 il n'y a, à première vue, aucun changement majeur dans l'attitude de Cavaillès à l'égard du principe de tolérance :

« ... « possibilité illimitée de choix » (...) d'où la solution au problème du rapport avec mathématique et physique ⁽⁷⁶⁾ : les mathématiques sont tous les systèmes

(75) « L'École de Vienne... », *o.c.*, p. 142-143.

(76) On peut se demander si Cavaillès n'a pas voulu parler ici du rapport *entre* mathématique et physique (une question aussi de contrôle du manuscrit de $S!$) ; mais les deux lectures sont compossibles : il peut s'agir en effet du rapport entre mathématique et physique (on le verra immédiatement), mais en même temps ce qui est visé ici, c'est le rapport entre la logique (ou métalogue comme étude des syntaxes des langages formels) et d'autre part ces systèmes formels eux-mêmes — à commencer par ceux qui constituent les mathématiques, et en prenant ensuite ceux qui entre les premiers sont choisis pour faire la physique.

formels, la physique certain système privilégié grâce au principe de choix que constitue l'expérience. *Il y a coordination entre relation formelle et phénomènes sensibles* » (S 34; emphase ajoutée).

Dans « l'océan de possibilités illimitées » tout semble calme à ce niveau; et Cavaillès enchaîne — mais sur un ton soudain sensiblement plus spéculatif — au sujet de cette coordination, en posant qu'elle se réalise « au moyen d'une évidence qui appartient à l'autre sorte distinguée de démonstration, la démonstration adhérente au démontré : *la théorie physique est celle qui se trouve par là formellement déterminée* » (emphase ajoutée). À première vue, tout semble bien se régler — sauf qu'il paraît extrêmement difficile de saisir ce que Cavaillès a bien pu penser en rédigeant les dernières lignes citées — et donc de quelle façon le problème évoqué aurait été réglé.⁽⁷⁷⁾

Or, quelques pages plus loin (S 40), on l'a vu, il est dit que c'est bien là que se situe le vrai problème (plutôt qu'immédiatement dans la question de la pluralité comme telle). Dans ce cas, ce

(77) Je ne m'aventurerai pas ici dans le commentaire littéral qui serait requis afin de décoder ces lignes, mais si on fait une lecture conséquente du chapitre II de S (au sein duquel nous évoluons) depuis son début, on doit conclure que Cavaillès a fait la tentative de toucher au fond de la distinction entre types démonstratifs de la science même, types qui doivent être identifiés par la « doctrine de la science »; et qui justement concernent la différence profonde entre mathématiques et physique : dès le début (S 26) on tombe sur le passage qui doit éclairer les lignes qu'on est en train de commenter :

« le démonstratif, sous l'identité d'essence, peut revêtir des aspects multiples. En particulier il est possible de situer en regard l'une de l'autre une zone de singularités où le démontré adhère à la démonstration au point d'en être indiscernable et caractérise un moment unique de la science, et d'autre part l'ensemble des enchaînements proprement dits qui, bien qu'ils ne s'imposent que dans la mesure où ils démontrent effectivement quelque chose et par suite ne sont pas renouvelables dans leur intégrité, présentent par groupes une parenté de type, marque de l'unité de mouvements et manifestable dans l'abs-trait. ».

En opérant la liaison entre les deux passages (S 26 et S 34), on est mesure de déchiffrer l'un par l'autre : la « zone de singularités ... moment unique de la science », c'est en premier lieu la physique dans son aspect démonstratif, où (dans son unicité, sa singularité) « la démonstration adh[ère] au démontré »; « les enchaînements proprement dits », ce sont évidemment ceux des mathématiques. Autrement dit, il y a deux grands genres démonstratifs, un desquels est chaque fois singularisé par la visée d'objets extra-mathématiques : il caractérise les enchaînements en physique; tandis que l'autre, puisqu'indépendant de ces singularités, s'organise en « types », et caractérise la pensée mathématique comme telle.

n'est pas le pluralisme logique en soi qui pose problème, mais bien la thèse conventionnaliste dans le cadre duquel il figure, et qui se présentait comme solution au problème de la coordination. La pluralité de langages formels est un phénomène construit dans l'acte de la formalisation, qu'il faut tout juste ne pas méprendre pour la réalité entière des actes mathématiques eux-mêmes. Ce n'est qu'au moment où l'on commet cette confusion que se perdrait ce que Cavaillès appelle « la nécessité des enchaînements », ce moment du devenir qui se soustrait au choix et qui définit pour lui la spécificité du développement des mathématiques. En 1935, en citant la réponse de Carnap, Cavaillès s'était contenté de décrire l'état des choses au sein de la théorie logique *anno* 1934, comme but élaboré et affirmé dans le projet de la syntaxe logique. En 1942, on tombe sur le refus de cette affirmation. La réponse conventionnaliste de Carnap n'était qu'une solution illusoire.

§ 6. — Une nouvelle perspective sur une question ancienne ?

1. Temps du concept et temps historique. On connaît maintenant les critiques de Cavaillès vis-à-vis des principaux acteurs en ce qui concerne notre sujet. Mais dans quelle direction pourrait s'orienter une réponse affirmative ? Le texte de *S* contient des indications inexploitées, qu'on découvre en le mettant en rapport avec une source inattendue : le Cours enseigné par Cavaillès en Sorbonne, au printemps de 1941. Notre approche sera déterminée par la question de ce qu'en phénoménologie on appellerait des modalités spécifiques d'intentionnalité temporelle respectivement de la part du mathématicien et du physicien. Le rapport des deux à l'événement dans l'histoire est différent ; si on appelle ce rapport un type d'intentionnalité, cela suggère que s'il y a un problème de coordination, il concerne en premier lieu la coordination entre ces deux intentionnalités.

Reprenons d'abord une fois de plus notre texte de base (*S* 40), marqué cette fois par rapport à un passage qui le précède immédiatement. L'enchaînement mathématique ne connaît pas de commencement absolu, est-il dit, en évoquant l'illusion carnapienne de fonder les mathématiques à partir de leur seule syntaxe. Cavaillès a conclu qu'une telle tentative revenait à postuler un

début absolu de l'intelligibilité mathématique, « création *ex nihilo* d'un univers intelligible » (S 38), point zéro de la genèse du logique, base identifiée, en fin de compte, avec le signe (S 39). Or voilà une imagination qui n'est pas recevable :

« Le signe n'est pas un objet du monde, mais s'il ne renvoie pas à autre chose dont il serait le représentant, il renvoie aux actes qui l'utilisent, l'indéfini de la régression étant ici d'essence » (*ibid.*).

La pratique mathématique ne connaît pas de point de départ en dehors de la totalité des actes toujours déjà mathématiques, le

« caractère fondamental du symbole mathématique, chiffre, figure, même bâton [étant] de n'être là qu'en tant que partie intégrante ou base d'application d'une activité déjà mathématique : le symbole est intérieur à l'acte, il n'en peut être ni le départ, ni le véritable aboutissement (qui est engendrement d'autres actes) (...) [et ce que le logicisme]⁽⁷⁸⁾ prend pour commencement absolu n'est qu'évocation subreptice d'enchaînements antérieurs » (S 38-39)

Je ne veux nullement entrer ici dans les complexités des rapports entre syntaxe et sémantique en mathématiques selon la description rapide qu'en donne Cavallès. Je note seulement que le même caractère — de résistance à toute tentative de trouver un commencement absolu — est attribué aux enchaînements *physiques* :

« d'une part en tant que relations mathématiques, les énoncés ne prennent leur sens que dans un système déjà posé et possédant de façon plus ou moins précisée une signification expérimentale; d'autre part l'expérience elle-même comme système d'actes est intérieurement organisé de sorte qu'il est impossible d'en interrompre le déroulement » (S 40).

Même dénonciation de l'illusion du « départ absolu »; et cela en dépit du fait que la nature et le déroulement de l'expérience physique — l'enchaînement physique — sont d'un caractère essentiellement hétérogène au développement au sein des mathématiques pures :

(78) Dans ce stade de son développement qu'on peut aussi qualifier de radicalement formaliste.

« les actes expérimentaux en engendrent de nouveaux par un enchaînement *sui generis* qui, au moins en tant que tel, est indépendant — parce que d'autre essence — de l'enchaînement mathématique » (*ibid.*); et d'ailleurs, « [l]e procès expérimental véritable est (...) dans les visées, les utilisations, et constructions effectives d'instruments, tout le système cosmico-technique où son sens se révèle et dont l'unité aussi bien que la relation avec le déroulement mathématique autonome posent le problème fondamental de l'épistémologie physique » (S 41).

Si on voulait déjà utiliser — dans un sens à préciser — le mot « historique » pour évoquer le caractère « dialectique », intérieurement organisé, sans début en sans fin, des enchaînements mathématiques,⁽⁷⁹⁾ il faudrait *a fortiori* l'appliquer dans l'épistémologie physique dont les enchaînements se déroulent en dehors de cette dialectique interne. La connaissance physique, si elle existe, se situe entièrement dans l'histoire. Le thème « nécessité et contingence » sera associé au rapport avec l'histoire. Pour commencer, l'objet visé par la connaissance physique est extérieur aux concepts et théories utilisés pour le viser : dans le Cours sur « Causalité, nécessité, probabilité »,⁽⁸⁰⁾ on trouve par exemple des énoncés comme ceux-ci, qui opposent entre eux les termes de « pensée » [mathématique] et de « position » ou « appréhension » d'objets / de réalité / d'un événement :⁽⁸¹⁾

« la position d'un mouvement qui serait entièrement expliqué aboutirait à sa négation, même à nier sa réalité » (Notes Gouhier, p. 11).

Cette affirmation se trouve dans la lignée de la réponse à Gonseth aux *Entretiens d'Amersfoort* en 1938 : l'expérience physique se voyait attribuer un caractère

« *sui generis* d'appréhension d'un événement, et si difficile qu'il soit de le formuler exactement, d'*indication* vers quelque chose, qui n'est pas la pensée, quoiqu'il soit

(79) Avec toutes les réserves qu'on connaît (« Il n'y a rien de si peu historique que l'histoire des mathématiques », *Méthode axiomatique, o.c.*, p. 176.)

(80) Logique et philosophie générale, Sorbonne 1941, notes (non-publiées) rédigées par Marie-Louise Gouhier-Dufour.

(81) Souvent il s'agit d'expositions critiques de la pensée d'un auteur, mais par leur convergence avec des textes publiés de Cavaillès, on peut supposer que ces commentaires reflètent et révèlent des aspects de sa pensée à lui.

absurde de lui accorder un visage hors de la pensée de ce visage : le monde, dans lequel nous vivons et où quelque chose se passe, le monde des animaux, de l'industrie et de l'histoire. » (*Entretiens, o.c.*, p. 42)

Reprenons le Cours, pour ces remarques à propos du contraste entre pensée conceptuelle et position de réalité, cette fois dans le cadre d'une discussion de l'épistémologie kantienne :

« comment coordonner la réalité à la pensée de la réalité ? » (Notes, p. 12) ; « relativité du mouvement (...) ne supprime pas réalité du mouvement (...) réalité du mouvement en tant qu'événement — appréhendé comme événement dans une expérience » (*ibid.*).

Dans l'introduction aux thèmes et aux auteurs étudiés dans ce Cours se trouvaient déjà ces remarques décisives :

« le physicien pense grâce à un système mathématique. Qu'est-ce que cette pensée en dehors de ces systèmes ? (...) l'expérience physique — exemple penser la chute des corps = pensée de relations mathématiques mais non pures (à cause du premier moment d'où [elles] dérivent) — donc *pensée à la fois mathématique : pensée de rapport ; et non-mathématique : position d'objets* (...) Pensée, système physique : c'est penser relations qui le caractérisent : c'est-à-dire une pensée non physique. Ce qui est physique, c'est l'action effective du physicien dans l'histoire. Expérience physique se situe dans l'histoire alors que mathématique non. Alors validité objective de l'expérience [physique] quel sens a-t-elle ? Le sujet qui fait l'expérience *n'est pas entraîné : absolutisation grâce à [u] lien avec la mathématique*. (Sinon avec historicité propre du sujet). (...) [Il y a] un arbitraire dans le développement de la physique — à cause d'une certaine autonomie [qui] ne se confond pas avec la nécessité mathématique ex. la formule $[F = k \text{ mm}' / d^2]$ (?) ne pose pas de problème mathématique — Pensée du mathématicien et du physique s'excluent mutuellement (*enchaînement nécessaire d'une part et enchaînement d'historique pur d'autre part*) » (Notes, p. 4 ; emphase ajoutée).

Quant au thème brunsvicgeois de la dissolution progressive de la pensée en termes de causalité (et son remplacement par un

probabilisme) après et à partir de Kant, le motif de la dépendance de la pensée physique par rapport à l'événementiel ou l'« historique » sera reformulé ici surtout en termes de *singularité* (rapportée entre autres à la considération de la cause d'un événement individuel) :

« la causalité ne se comprend que grâce à une notion d'individualité singulière, au milieu d'une masse homogène — mais [alors] la notion de masse homogène disparaît (...) tandis que la mathématisation qui recréait un milieu homogène supprimait la notion d'individualité » (Notes, p. 14)

Dans la suite du Cours, la question posée en termes de coordination sera relayée par celle de l'interprétation des probabilités, autre grand motif de l'épistémologie physique chez Cavallès. Mais les deux motifs demeurent liés entre eux par ces grandes notions d'enchaînement et de pensée d'une part, d'existence, de singularité, de position, d'événement et d'historique de l'autre :

« Y a-t-il un enchaînement autonome de la physique? Apparition de la notion d'existence c'est-à-dire de singularité (un nombre ici renvoie à autre chose que lui [= qu'à des nombres] — cette notion de singularité est celle qui caractérise la pensée physique cf. le Pari de Pascal : Dieu est une existence radicale — tout effort pour le saisir est un pari. Ce qui est atteint n'est pas homogène ici avec la pensée qui l'atteint. Le type même de la pensée physique : une pensée d'une existence, c'est-à-dire d'une singularité » (Notes, p. 17, fin du cours).

C'est donc l'éternelle opposition entre nécessité et contingence qui est ici en jeu, et qui est identifiée avec celle entre pensée d'objet et position d'objet, structure et événement, concept et histoire, système et singularité. La nécessité interne des enchaînements mathématiques n'est pas, bien sûr, une nécessité logique mais « dialectique », c'est-à-dire appartenant à un mouvement de pensée, un développement (un développement qui inévitablement se déroule dans l'histoire, mais ne se réduit pas à sa réalisation dans l'histoire). Une structure conceptuelle en appelle inévitablement une autre qui la prolonge ou la dépasse, sans passer par une épreuve du réel. On

retrouve une variante proche d'une des fameuses formules de la page finale de *S* :⁽⁸²⁾

« Ce qui vient après, contient ce qui v[enai]t avant, mais avec un sens nouveau. » (Notes, p. 3).

À l'opposé de cet enchaînement « immanent » (dans l'ordre des concepts, pas celui de la conscience), il y a ce relativisme de la pensée physique qui occasionnellement séduit Cavailles à des formulations même surprenantes :

« Quel est le lien entre expérience[s] du physicien ? Est-il caractérisable de façon interne, ou bien naît-il accidentellement, ou se développe-t-il avec une certaine culture ? » (Notes, p. 4).

On ne trouvera pas des remarques de cet ordre chez Brunschvicg, ni d'ailleurs chez Bachelard : un tel sens de relativité et de contingence — mais on parle physique et non mathématiques, bien sûr ! Néanmoins, il y a des nuances ; des distinctions subsistent dans cette extradition de la pensée conceptuelle à l' « historique pur » : à la différence avec ce qui se passe dans l'histoire événementielle, là-dehors, au-delà des murs de la Sorbonne, là où le chaos de la guerre et de l'occupation règne, le sujet de l'expérience et de l'enchaînement physiques « n'est pas entraîné » (Notes, p. 4). Il y a enchaînement et il y a entraînement. Le sujet physicien n'est pas *entraîné*, grâce à la mathématisation (qui donne une « absolutisation » (*ibid.*)). Sinon, le sujet de l'expérience serait *entraîné* par sa propre historicité. Grâce à ce non-entraînement, les deux enchaînements, qui ont chacun, dans un sens différent, une « autonomie », peuvent être reliés entre eux, bien que le devenir physique, même hautement mathématisé, reste polymorphe et extrinsèque par rapport au devenir mathématique en tant que tel.

2. Cavailles et au-delà. Il s'agit maintenant de prolonger, si possible, la pensée de Cavailles — pensée si abruptement tronquée par l'histoire événementielle. Avant de pouvoir servir comme éléments d'une épistémologie physique, les pensées exprimées dans les fragments que je viens de citer réclameraient bien sûr une traduction dans un langage plus précis, plus adapté aux pratiques scientifiques, théoriques ou expérimentales. En outre, il reste plus de choses à découvrir à propos de Cavailles et de son problème de coordination à lui, plus de connexions à explorer.

(82) « Ce qui est après est plus que ce qui était avant, non parce qu'il le contient ou même qu'il le prolonge mais parce qu'il en sort nécessairement et porte dans son contenu la marque chaque fois singulière de sa supériorité » (*S* 78).

En premier lieu il faudrait, quant au rapport entre mathématique et physique dans la perspective de Cavaillès, encore inclure les relations complexes que celui-ci entretenait — notamment aussi sur ce point précis — avec l'œuvre de Husserl (cf. S 66-69) ; ainsi qu'au même titre y mériterait sa place le travail de Suzanne Bachelard. Il convient de rappeler que *La conscience de rationalité*⁽⁸³⁾ se trouve tout juste dans la continuation des thèmes abordés par Cavaillès à ce sujet. Cet ouvrage comporte, dans ma perspective, une tentative non seulement de restituer la phénoménologie husserlienne dans sa pertinence pour la philosophie physique après identification des questions fondamentales laissées en suspens par la *Krisis* et par l'égologie transcendantale, mais une tentative aussi de réconcilier la voie choisie par Husserl avec celle de Cavaillès. En particulier, les rapports, non simplement entre mathématique et physique, mais encore entre physique *mathématique* et physique *théorique*,⁽⁸⁴⁾ et ensuite entre physique théorique et physique expérimentale, seraient à thématiser comme rapports entre plusieurs types d'intentionnalité (comme je l'ai suggéré plus haut). En partant de la terminologie phénoménologique propre à Suzanne Bachelard, on pourrait prolonger sa thèse ainsi : puisque des mathématiques à la physique mathématique il y a un passage qui laisserait invariant le *focus thématique* malgré le changement du *domaine* d'objets, la réponse à la question posée plus haut — que reste-t-il de la « nécessité dialectique » des mathématiques dans cette physique mathématique ? — sera affirmative : cette nécessité est au moins partiellement transférée aux concepts et raisonnements physiques. Dans le passage ultérieur de la physique mathématique à celle théorique, il y a, à l'inverse, invariance du domaine malgré le changement de focus thématique — et en ce sens, il y aura, de nouveau, transport partiel de la nécessité des enchaînements. Une hypothèse de lecture de ce genre ne peut évidemment se décider d'un coup et devra faire l'objet d'une étude séparée. Quoiqu'il en soit, si cette hypothèse s'avère pertinente, elle semble impliquer que, sur ce point, Cavaillès soit plus proche de Husserl (ou d'une certaine lecture de Husserl) qu'on ne le reconnaît habituellement.

(83) *La conscience de rationalité. Etude phénoménologique sur la physique mathématique*. P.U.F., 1958 (thèse complémentaire de S. Bachelard).

(84) Une relation peu examinée mais qui a aussi fait l'objet d'une remarque pertinente de la part de T.S. Kuhn dans son essai « Mathematical Versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science », in *Id.*, *The Essential Tension*. University of Chicago Press, 1977, p. 31-65, p. 65.

Mais, en deuxième lieu, il y a une autre mise en rapport qui s'impose. Une analyse philosophique de la mesurabilité de propriétés physiques — non développée par Cavallès — devrait sans doute constituer une des pièces de résistance d'une réponse aux problèmes de la coordination. Or, tout en admettant qu'un des liens essentiels entre pensée mathématique et expérience physique doit se trouver dans ce processus effectif de la mesure, il serait faux de dire que les concepts mathématiques se laissent traduire en grandeurs physiques simplement « par la mesure », comme si on pouvait atteindre une méthode pour y parvenir une fois pour toutes. La mesure, la mesurabilité qui fait qu'une propriété physique puisse effectivement être conçue comme une grandeur, doit en chaque cas être conquise ou reconquise. Cela ne peut se faire que dans un processus historique compliqué et tâtonnant d'ajustements de concepts entre eux et de procédés expérimentaux impliquant la mise au point de relations empiriques, donc non prévisibles, entre différents concepts mathématiques (ou plutôt, mathématisés) comme température — volume — pression (exemple de Mach ci-dessus). En plus, le processus implique l'invention de nouveaux instruments qui construisent une mesure de ce qui de ce fait seulement *deviendra* grandeur physique. Donc un processus profondément historique doit être présupposé avant qu'un problème de coordination chaque fois spécifique puisse être résolu. Autrement dit, nous ne pouvons pas résoudre le problème dans sa généralité et une fois pour toutes en élaborant une réponse « du dehors ». Or, cette vision ne manifeste-t-elle pas une affinité remarquable avec une des idées centrales exprimées par Bas van Fraassen dans *Scientific Representation* :

« The term ['problem of coordination'] had appeared in Mach's writings on mechanics and thermodynamics; was salient in the discussion of the relation between mathematical and physical geometry that extended from the 19th century into the 20th; and came to special prominence through the writings of Schlick and Reichenbach when logical empiricism was beginning to break with the neo-Kantian tradition. (...) The questions *What counts as a measurement of (physical quantity) X?* and *What is (that physical quantity) X?* cannot be answered independently of each other [which] brings [up] the famed 'hermeneutic circle'. We shall examine this apparent circularity (...) [and come to]

the conclusion that pure or presuppositionless coordination is neither possible nor required. »⁽⁸⁵⁾

Van Fraassen nous offre ensuite une analyse approfondie des enjeux liés à la constitution d'une mesure (ou plutôt de mesures) pour des grandeurs comme la température, le temps, longueur et distance, avec Mach, Pascal, Dalton, Poincaré, Einstein et bien d'autres. Ce n'est qu'au terme de chacun des processus respectifs que les phénomènes en question sont devenus des « observables ».

« The rules or principles of coordination that can be introduced to define particular sorts of measurement cannot even be formulated *except in a context* where some forms of measurement are already accepted and in place (...) [M]easurement practice and theory evolve together in a thoroughly entangled way. (...) [O]ne might say that the measured parameter — or at the very least, its concept — is *constituted* in the course of this historical development. Choices are made, and once made may encounter resistance, whether in experiment or in theory-writing or (more usually) in combination of the two. »⁽⁸⁶⁾

Dans cette perspective, il est clair que les choix à faire seront plutôt motivés par des éléments d'histoire des sciences et par des considérations pragmatiques que par une logique des sciences ou par de simples conventions.⁽⁸⁷⁾ Pour le point de vue que je veux faire valoir, il suffit de constater que van Fraassen a exprimé sous une forme précisée et détaillée, par la voie d'une étude de cas historiques, ce que Cavallès a pu penser en des termes généraux à propos de la coordination. *Mutatis mutandis* cela vaudrait même pour la philosophie des mathématiques conçue dans la perspective de Cavallès : il faut toujours une multitude de notions déjà établies (« *in place* ») et acceptées si on veut développer une notion même dite élémentaire.⁽⁸⁸⁾

Il reste sans doute d'importantes divergences entre le souci du nécessaire qui doit adhérer au développement des concepts

(85) Bas van Fraassen, *Scientific Representation. Paradoxes of Perspective*, o.c., p. 116. Cette citation est extraite du début du chapitre 5 : « The Problem of Coordination ».

(86) *Ibid.*, p. 138-139. (Emphases dans le texte original.)

(87) Dans le plan global de l'ouvrage, van Fraassen élabore ce pragmatisme modéré par une analyse du contexte entier du « *use* » dans une quelconque recherche, y compris la position du chercheur depuis son point de vue à la première personne et tout ce que cela implique d'indexicalité, d'intentionnalité et d'intensionnalité.

(88) Pour l'épistémologie mathématique, il suffit ici de penser au rôle de l'induction transfinie dans les preuves d'un théorème sur les nombres naturels comme celui de Goodstein.

mathématiques selon Cavailles et la perspective que van Fraassen prendrait vis-à-vis des mathématiques comme telles et dans leur rôle à l'intérieur des sciences du réel. La problématique du rapport entre un éventuel noyau de nécessité et la contingence de la science empirique ne semble pas présente dans l'optique de l'empirisme constructif, bien que celui-ci soit également focalisé sur le rôle constitutif des concepts, théories, modèles et structures mathématiques en physique. Néanmoins, hormis cet accent mis sur la coordination, on note encore plusieurs convergences entre les deux perspectives : elles ont en commun le point de vue prononcé d'un probabilisme en physique ainsi que l'interprétation des probabilités comme pari ; la tendance au structuralisme en théorie des sciences — une référence, bien entendu, avant-la-lettre en ce qui concerne Cavailles, mais qui paraît bien réelle, vu le rôle de ce qu'on pourrait appeler, à la suite de van Fraassen, le « paradoxe de Weyl »⁽⁸⁹⁾ dans la naissance de ce type de structuralisme. Et surtout, il y a cette importance de l'étude de la genèse des concepts, théories, et techniques, et de leur entrelacs, qui est décisive pour les deux auteurs ; caractère historique de l'épistémologie qui, dans le cas de van Fraassen, s'est manifesté comme décisif surtout dans ce dernier grand ouvrage de 2008. Or, cela nous amène à cette affinité encore plus remarquable entre les deux : s'ils sont l'un et l'autre attirés vers un certain structuralisme, ce n'est certainement pas, dans les deux cas, vers sa version réaliste, mais clairement vers son alternative dite aujourd'hui « anti-réaliste »,⁽⁹⁰⁾ ou, si l'on préfère, « constructive ».

§ 7. — Conclusion.

En faisant le bilan, le problème défini ou redéfini par Cavailles est constitué d'un complexe de motifs et de thèmes. D'une manière générale, il se comprend à partir du problème classique de Kant (qui à son tour constituait déjà une transformation de la question beaucoup plus ancienne de l'applicabilité des mathématiques à notre connaissance du monde). D'autre part il se scinde en problèmes partiels et plus spécifiques, comme celui de la coordination entre

(89) C'est-à-dire la thèse que la connaissance théorique n'est pas en mesure d'atteindre les phénomènes eux-mêmes mais seulement leur forme (ou structure) ; autrement dit, une science n'est capable de déterminer son sujet qu'« à un isomorphisme près ». Voir van Fraassen, *o.c.*, p. 208-210.

(90) « Du Collectif au pari », *o.c.*, p. 159 : « La difficulté vient de ce que l'épistémologie classique est sous-tendue par une ontologie réaliste (...) hypothèse d'un en soi des choses que doit décrire le savant... »

concepts abstraits et actes expérimentaux (y compris les opérations de mesure), ensuite celui de la rencontre de concepts mathématiques d'origines diverses dans une même théorie physique, ou encore celui, en quelque sorte inverse, de l'écart infranchissable entre concaténation unique, organique et interne des mathématiques, et d'autre part sa diffraction et externalisation en une pluralité de systèmes de concepts et d'actes; systèmes ou séquences qui, dans l'écrit de 1942, mériteront finalement le nom d' « enchaînements physiques ». Certes, il reste une divergence irréductible entre enchaînement mathématique et expérience physique, dirigée quant à elle vers l'action dans le monde; divergence que nous avons pu interpréter en termes de contraste entre enchaînement dans le « temps » des concepts et temps historique ou événementiel. Ce contraste se traduit en théorie de la science dans la question de la subsistance d'un noyau de nécessité là-même où semble régner la convention. Or, par la constitution d'une physique mathématique et ensuite d'une physique théorique, cette nécessité affirmée des enchaînements mathématiques se transmet partiellement aux actes et expériences du physicien, de telle façon que ces expériences se laissent organiser en enchaînements physiques. Ce transfert de valeur de connaissance fait qu'on peut parler de conditions qui rendent effectivement possible et intelligible l'existence d'une science de la nature — ce qui constitue une part essentielle de l'enjeu du « testament philosophique » de Cavaillès. Sa réponse affirmative au problème de la coordination ainsi réinterprété n'a pu nous être légué que dans le stade embryonnaire qu'elle avait finalement atteint dans l'écrit de 1942. Cependant, des travaux ultérieurs, par exemple ceux de Suzanne Bachelard, de Michael Friedman et de Bas van Fraassen, ont ouvert des perspectives qui permettront de développer sa réflexion sur cet aspect d'une théorie de la science dans des directions qui peuvent y être directement ou indirectement reliées, mais qui ont sans doute chacun leur orientation propre.