

УДК 101

SUR LA NOTION DE THÉORIE CLOSE DE WERNER HEISENBERG À LA LUMIÈRE DU SECOND WITTGENSTEIN

Frédérique Laurent

écrivaine et traductrice

Paris (France)

François-Igor Pris

philosophe et physicien

Dortmund (Allemagne)

author@apriori-journal.ru

Résumé. Nous interprétons les vues philosophiques de Werner Heisenberg comme un pragmatisme et un réalisme non-métaphysique de type Wittgensteinien. La «théorie close» est une règle (concept) Wittgensteinienne. À la différence d'Alisa Bokulich qui donne raison à la position de Paul Dirac sur la nature des relations entre les théories physiques différentes, nous favorisons plutôt celle de Heisenberg. Notre position interprétant Heisenberg va aussi à l'encontre de celle de Karl Popper: le critère d'une théorie scientifique établie (close) est sa non-falsifiabilité.

Les mots clés: Heisenberg; Dirac; théorie close; mécanique quantique; principe de correspondance; règle; concept; pragmatism; realism; contexte.

WERNER HEISENBERG'S PHILOSOPHY OF PHYSICS AND HIS NOTION OF A CLOSED THEORY FROM THE LATER WITTGENSTEIN'S PERSPECTIVE

Frédérique Laurent

writer, translator

Paris (France)

François-Igor Pris

PhD

Dortmund (Allemagne)

Abstract. We interpret the philosophical views of Werner Heisenberg as a pragmatism and non-metaphysical realism of a Wittgensteinian kind. The «closed theory» is a Wittgensteinian rule/concept. Unlike Alisa Bokulich, favouring Dirac's position about inter-theoretical relations, we favour Heisenberg's one. Our position, interpreting Heisenberg's notion of a closed theory, is also in direct opposition to Popper's one: the criterion of an established scientific (closed) theory is its non-falsifiability.

Key words: Heisenberg; Dirac; closed theory; quantum mechanics; correspondence principle; rule; concept; pragmatism; realism; context.

О ПОНЯТИИ ЗАМКНУТОЙ ТЕОРИИ ВЕРНЕРА ГАЙЗЕНБЕРГА В СВЕТЕ ПОЗДНЕГО ВИТТГЕНШТАЙНА

Фредерик Лоран

писатель, переводчик

Париж (Франция)

Прись Игорь Евгеньевич

канд. филос. наук, канд. физ.-мат. наук

Дортмунд (Германия)

Аннотация. Мы интерпретируем философские взгляды Вернера Гайзенберга как прагматизм и неметафизический реализм виттгенштайновского типа. «Замкнутая теория» есть виттгенштайновское правило (концепт). В отличие от Ализы Бокулич, которая предпочитает позицию Поля Дирака относительно природы связей между физическими теориями, мы отдаём предпочтение позиции Гайзенберга. Наша позиция, интерпретирующая понятие замкнутой теории Гайзенберга, также противоречит позиции Карла Поппера: критерием устоявшейся (замкнутой) научной теории является её нефальсифицируемость.

Ключевые слова: Гайзенберг; Дирак; замкнутая теория; квантовая механика; принцип соответствия; правило; концепт; прагматизм; реализм; контекст.

§1. Introduction

Bien que parmi les pères fondateurs de la physique quantique Niels Bohr soit considéré comme le physicien théoricien le plus philosophiquement orienté, il nous semble que la contribution philosophique de Werner Heisenberg ne soit pas moins significative que celle de Bohr. Heisenberg, bien entendu, réfléchissait sur le «principe de correspondance» entre les théories classique et quantique, introduit par Niels Bohr (et même généralisa la version bohrienne, et utilisa cette généralisation pour construire sa mécanique quantique matricielle), le «principe de complémentarité» des concepts classiques et quantiques, auquel Heisenberg avait un rapport ambivalent, et l'idée du dualisme onde-particule des objets quantiques, qu'il considérait comme une formulation imagée des propriétés des objets quantiques dans le langage de la physique classique (du point de vue de Heisenberg, les propriétés quantiques ne peuvent être formulées de façon précise que dans le langage mathématique). Néanmoins, il nous semble que sa contribution la plus importante dans la philosophie de la physique est l'introduction et l'usage de la notion de *théorie close* (Heisenberg emploie les expressions Allemandes *abgeschlossene Theorie* et *geschlossene Theorie*).

Dans cet article nous proposons une interprétation de cette notion, en particulier, dans le contexte de la comparaison des vues philosophiques de Werner Heisenberg, Paul Dirac et Niels Bohr sur la nature des relations entre les théories scientifiques.

En particulier, nous donnons nos réponses aux questions posées par Erhard Scheibe (2001): «Quel est le sens précis de la notion de théorie close?», «Quelle est la nature des relations entre les concepts et les lois dans le cadre d'une théorie close?», «Quelle est la relation entre deux théories closes?» Scheibe lui-même pensait que nous étions nous encore loin de la compréhension de la notion heisenbergienne. Nous pensons, pourtant, qu'on n'est pas plus loin de la compréhension correcte de cette

notion que de la compréhension correcte de la philosophie de Wittgenstein (hélas le pseudo-Wittgenstein est encore à la mode) et de la façon dont elle peut être synthétisée avec la philosophie analytique.

L'idée principale que nous essayons de justifier est que les vues philosophiques de Heisenberg et, en particulier, sa notion de théorie close (et aussi une interprétation de cette notion, proposée par Erhard Scheibe) peuvent être comprises dans le cadre d'un pragmatisme normatif et naturaliste de type wittgensteinien¹. La «théorie close» est une règle (concept) wittgensteinienne².

§ 2. La notion de théorie close et son interprétation wittgensteinienne

Dans son article «Der Begriff ‚Abgeschlossene Theorie‘ in der Modernen Naturwissenschaft» (la notion «théorie close» dans la science moderne de la nature) (Heisenberg 1948) Heisenberg distingue quatre critères d'une théorie close, étroitement liés entre eux, que nous interprétons dans ce paragraphe en termes wittgensteiniens. (Notons que Heisenberg accepta explicitement la position philosophique selon laquelle l'investigation des problèmes du langage joue un rôle important dans la compréhension et solution des problèmes scientifiques (voir, par exemple, Heisenberg 1967).) Dans les paragraphes qui suivent nous essayerons de corroborer notre interprétation.

¹ L'affirmation selon laquelle le Wittgenstein tardif peut être compris comme un pragmatiste normatif naturaliste, ou un «naturaliste normatif» (voir ci-dessous la note 4 en bas de page), et réaliste n'est pas généralement admise. Certains disciples de Wittgenstein refusent de classer sa philosophie tardive comme un «isme», mettant accent sur la «méthode thérapeutique» wittgensteinienne (voir, par exemple, Horwich 2012). En même temps, par exemple, le pragmatisme normatif (Brandom 1994) et le pragmatisme analytique (Brandom 2008) de Robert Brandom s'inspirent des idées du Wittgenstein tardif. (Voir aussi Brandom 2009, 2011-2014 et § 2 ci-dessous).

² Dans cet article nous supposons une connaissance des principales notions de la philosophie du Wittgenstein tardif. Nos propres interprétations analytiques de certaines de ses notions sont brièvement expliquées dans le texte.

(1) Une théorie close est un système cohérent et établi d'axiomes et des définitions (on sait également que Heisenberg s'inspira de l'approche axiomatique de Hilbert) qui, en fin du compte, surgissent de l'expérience. Ajoutons à cela que, dans d'autres travaux, Heisenberg dit qu'une théorie close est immuable (vraie pour toujours).

J'interprète ce premier critère dans le sens qu'une théorie close est une règle wittgensteinienne (concept, structure conceptuelle) qui, en général, est implicite dans une certaine «forme de vie» scientifique théoretico-expérimentale et que les physiciens théoriciens rendent explicite (voir aussi le critère (2) ci-dessous)³. Les axiomes et les «lois de la nature» sont une «grammaire philosophique» wittgensteinienne de cette forme de vie. Ainsi, dans le cadre d'une théorie close les concepts/règles et «lois de la nature» ont le même statut.

Dans l'un de ses travaux Heisenberg écrit que la règle du levier, qu'Archimède découvrit plus qu'il y a 2000 ans, sera toujours valable. En utilisant sa terminologie on peut dire que la «*théorie*» du levier est une théorie close. Cette théorie contient une seule et unique règle/loi du levier.

(2) Selon Heisenberg, une théorie close «représente» une expérience, «dénote» quelque chose dans le monde. Pourtant, on ne déduit pas les notions axiomatiques de la théorie directement de l'expérience. Celles-là ne «reflètent» pas littéralement celle-ci (sinon, la théorie serait phénoménologique). En conséquence, les affirmations de la théorie sur le monde extérieur ne sont pas «absolument certaines» (les concepts de la

³ Pour Wittgenstein, comme nous le comprenons, de même que pour Kant, le concept est une règle (qui gouverne le jugement ou l'action). Cela dit, chez Wittgenstein cette notion est naturalisée (dans le cas général, le concept (règle) est implicite dans une pratique et peut être défini, par exemple, à travers ses cas paradigmatiques d'applications (*exemplifications*), entre lesquels il y a un air de famille. Chez Wittgenstein la notion de règle n'est pas séparable de celle de forme de vie. Les règles sont déterminées par les formes de vie, et c'est en cela qu'elles les déterminent. Les règles sont des *propositions-pivots* de formes de vie. (Voir aussi § 2 ci-dessous.)

théorie ne renvoient pas à ses référents avec une certitude absolue). En revanche, la théorie possède une flexibilité nécessaire, puisque elle ne dépend pas de l'expérience concrète variable. Cette flexibilité fait défaut aux théories phénoménologiques bien que, grâce à leur liaison directe avec l'expérience, dans un domaine limité de leur applicabilité, elles puissent parfois être plus précises.

Pour Heisenberg, une application d'une théorie est *réussie* ou non. Donc, sa renonciation à la «certitude absolue» doit être comprise ainsi : il accepte une position pragmatiste au lieu du cartésianisme et phénoménalisme. Déjà quand Heisenberg créait sa mécanique matricielle, il suivait le slogan pragmatiste: «Erfolg heiligt die Mittel» (le succès justifie les moyens). Notons que Heisenberg parle du «succès», et non pas du « but ». Il rejette le «pragmatisme vulgaire» faisant appel aux descriptions «réussies» (dans le sens de l'achèvement d'un but) (voir, par exemple, Heisenberg 1929).

Compte tenu de (1), nous interprétons le second critère de Heisenberg en termes d'usage d'un concept (règle) (chez Wittgenstein l'*usage* est l'usage d'un concept (règle), c'est-à-dire un jeu de langage, c'est-à-dire une pratique normative). Un usage d'un concept (règle), s'il n'est pas celui déjà établi, mais bien au contraire un nouveau usage, n'est pas absolument certain. En plus il n'est pas prédéterminé. Il n'est ni vrai ni faux, mais *réussi* ou non. Le critère pragmatique du succès est primaire et plus profond que celui de la vérité comme correspondance (pourtant ce dernier est valable dans le domaine des applications déjà établies d'une théorie).

La robustesse holiste de la règle et la flexibilité (pluralité) de ses applications pragmatiques sont deux côtés de la médaille. La première est la condition de la seconde (c'est parce que la règle est invariable que ses applications sont multiples). Flexibles sont les théories avec des règles robustes (Heisenberg appelle également les théories closes « rigides /robustes » (*harte*). Voir aussi § 3 ci-dessous). Inversement, la non-

robustesse des règles des théories phénoménologiques entraîne leur superficialité, limitation et dépendance de l'expérience concrète changeante. Par exemple, pour Heisenberg, le système géocentrique de Ptolémée est une théorie phénoménologique.

(3) Une théorie close a des limites d'application que l'on ne peut connaître *a priori*, mais qui peuvent être établies dans la pratique.

Du point de vue de notre interprétation, et conformément aux (1) et (2), le troisième critère a affaire avec le domaine d'applicabilité d'un concept. Ce domaine peut être élargi, mais seulement jusqu'à certaines limites qui ne sont pas prédéterminées. Le domaine d'applicabilité d'un concept comme étant déterminé de façon précise (prédéterminé) est le résultat d'une reconstruction rétrospective.

Compte tenu de ce qui a été dit ci-dessus, et de ce qui va suivre, faisons un petit détour dans le domaine d'une reconstruction analytique de l'histoire de la philosophie.

Selon Robert Brandom (voir par exemple Brandom 2014), la philosophie de Kant contient deux idées révolutionnaires qui sont étroitement liées entre elles – une théorie normative des jugements et actions comme applications des concepts/règles et une méthodologie pragmatique acceptant la primauté explicative du contenu propositionnel (la sémantique chez Kant est subordonnée à la pragmatique; les concepts sont compris dans des termes des jugements et non pas inversement – comme c'est le cas dans la philosophie pré-kantienne. Dans celle-ci le jugement était considéré comme la prédication d'un concept à un autre).

Ces deux idées de Kant furent héritées notamment par Hegel et Wittgenstein. Et ils allèrent plus loin. Malgré son pragmatisme normatif révolutionnaire, la philosophie de Kant avait un présupposé erroné qu'elle partageait avec le rationalisme et son adversaire – le naturalisme réductif, – que Brandom appelle la «naïveté sémantique», ou le mythe de la pureté sémantique. Il consiste à dire que le contenu des concepts est bien et

complètement défini –avant leur usage et en faisant abstraction du contexte de leur usage; c'est-à-dire que la sémantique a un sens en faisant abstraction du pragmatique et de l'épistémologie. Chez Kant, ce présupposé est à la base de sa théorie à deux niveaux, qui sépare nettement la sémantique de la pragmatique et l'épistémologie appliquant la sémantique: (1) les concepts ont une source transcendantale (ils ne dépendent pas de l'expérience et la précèdent); (2) les concepts sont appliqués dans l'expérience pour former des jugements et accomplir des actions. (Brandom 2012).

Hegel avait compris ce défaut et proposé une théorie symétrique du jugement, dans le cadre de laquelle un concept forme un jugement et, inversement, le jugement forme le concept. L'épistémologie, la connaissance contribuent au conceptuel. Le contingent se transforme alors en nécessaire (à ce qui appartient à la règle/concept). (Brandom 2012).

Ainsi Hegel se débarrassa du dualisme kantien entre les causes et les raisons (normes) et commença un processus de la naturalisation de la normativité comme s'établissant dans la pratique sociale. Wittgenstein continua ce processus de la naturalisation. Chez lui, les normes sont implicites dans la pratique. (Brandom 2009, 2011, 2011b, 2012.) (Brandom (Brandom 2014b) appelle même Wittgenstein des *Recherches Philosophiques* un néo-hégélien sans le rationalisme hégélien).

Nous interprétons les jeux de langage wittgensteiniens comme pratiques qui sont à la fois naturelles et spontanées (c'est-à-dire normatives, gouvernées par les règles implicites ou explicites). Les nouveaux jeux de langage comme des nouvelles applications des règles ne sont pas prédéterminés et ne sont justifiés que *post factum*. En particulier, les «jugements» kantien naturalisés sont des jeux de langage.

Il nous semble que le célèbre problème wittgensteinien «suivre une règle» (donc celui d'application d'un concept) montre justement que l'approche naïve de la sémantique est fautive. En fin de compte, il n'y a pas de règle pour appliquer correctement une règle/un concept. Si une règle (un

concept) était bien et complètement définie en faisant abstraction de ses usages, toutes ses applications seraient prédéterminées et donc toujours (en cas de doute) en principe il y aurait une règle pour appliquer correctement la règle.

Du point de vue du naturalisme pragmatique wittgensteinien⁴, l'extension du domaine d'applicabilité d'un concept et, en particulier, le processus de généralisation du concept lui-même (c'est-à-dire l'extension radicale du domaine de son application (voir le critère (4) ci-dessous)) est à la fois naturel et spontané (justifiable *post factum*). Le succès justifie les moyens !). Ce n'est que rétrospectivement que ce processus peut être compris comme celui de généralisation logico-formelle.

Le passage de concepts classiques aux concepts quantiques est une généralisation radicale de ce genre. C'est pourquoi la nouveauté radicale des concepts quantiques ne signifie pas qu'il n'y ait aucune liaison entre eux et les concepts classiques. Au contraire, l'existence d'une telle liaison est présupposée (voir le critère (4) ci-dessous) et s'établit explicitement, *post factum*, au stade de la formalisation de la théorie quantique et sa relation avec la théorie classique.

(4) Si les limites d'une théorie sont dépassées, un nouveau domaine de l'expérience et des nouveaux concepts surgissent. Il est important que l'ancienne théorie et son schéma conceptuel s'intègrent dans le langage scientifique et deviennent sa partie indispensable. Et dans ce sens-là, ils jouent le rôle d'un *a priori* pour une nouvelle théorie (notons que pour

⁴ Robert Brandom emploie le terme «naturalisme pragmatiste» par rapport à la philosophie de Wilfrid Sellars et du Wittgenstein tardif (Brandom 2013). (Dans (Price 2008/2009), indépendamment, la philosophie du Wittgenstein tardif est caractérisée comme un pragmatisme et *naturalisme normatif*. Meredith Williams emploie le même terme dans (Williams 2011).) Le naturalisme pragmatiste se rapportant à l'*usage* du langage est un «sujet-naturalisme» (*subject naturalism*). La différence entre le sujet-naturalisme – celui des sujets impliqués dans des pratiques discursives – et l'objet-naturalisme (*object naturalism*) – le naturalisme représentationnel sémantique des objets et de ses propriétés – fut introduite par Huw Price (voir Price 2013 et aussi les références à la philosophie de Price dans (Brandom 2013)).

Heisenberg, il y a des degrés de l'*a priori*. Sa position se situe entre le rationalisme et l'empirisme).

Dans le cadre de notre interprétation, ce critère parle du processus de la généralisation de la règle (du concept) même, c'est-à-dire du processus de passage à un (nouveau) concept plus général. Cela dit, il s'agit avant tout non pas d'une généralisation logico-formelle (prédéterminée), mais d'une généralisation pragmatique, c'est-à-dire, d'une extension pragmatique radicale du domaine d'applicabilité du concept initial (voir ci-dessus).

Pour Heisenberg, il s'agit du passage à une autre théorie close.

Heisenberg désigne la mécanique newtonienne, l'électrodynamique (à laquelle, selon lui, appartient également la relativité restreinte), la thermodynamique (à laquelle, selon lui, appartient également la physique statistique) et la mécanique quantique au sens large, incluant la théorie quantique des champs.

Heisenberg avait des doutes sur le statut de la relativité générale (RG). Même aujourd'hui les données empiriques et aussi des relations établies entre la RG et d'autres théories ne sont pas suffisantes pour la compter parmi les théories closes. Par exemple, il n'y a toujours pas de synthèse satisfaisante de la gravitation et de la théorie quantique des champs. Jusqu'à présent, il n'y a pas de preuves convaincantes de l'existence des ondes gravitationnelles, annoncées par la théorie, bien qu'il y ait des indices indirects de leur existence.

Les trous noirs sont apparus dans le cadre de la RG comme des constructions purement mathématiques; pourtant, grâce aux nouvelles découvertes dans le domaine de la cosmologie, ils acquièrent, à nos yeux, le statut d'objets physiques réels. Quelque chose de semblable se passait au 19^e siècle avec le concept de champ électromagnétique, qui au début était considéré comme une fiction mathématique. Einstein et Infeld écrivent qu'une «nouvelle réalité a été créée, un nouveau concept» (Einstein 1938, p. 157-158):

«In the beginning, the field concept was no more than a means of facilitating the understanding of phenomena from the mechanical point of view. (...) The recognition of the new concepts grew steadily, until substance was overshadowed by the field. It was realized that something of great importance had happened in physics. A new reality was created, a new concept for which there was no place in the mechanical description. Slowly and by a struggle the field concept established for itself a leading place in physics and has remained one of the basic physical concepts. The electromagnetic field is, for the modern physicist, as real as the chair on which he sits» (au début le concept de champ n'était qu'un moyen facilitant la compréhension du phénomène du point de vue mécanique. (...) La reconnaissance des nouveaux concepts n'a pas cessé de croître jusqu'au moment où la substance a été éclipsée par le champ. On s'est rendu compte qu'il s'était passé quelque chose de très important dans la physique. Une nouvelle réalité a été créée, un nouveau concept pour lequel il n'y avait pas de place dans une description mécanique. Peu à peu le concept de champ est parvenu à occuper la première place dans la physique et est devenu l'un des concepts principaux. Pour le physicien contemporain, le champ électromagnétique est tout aussi réel que la chaise sur laquelle il est assis. *Notre traduction*).

§ 3. Le pragmatisme et le réalisme de Heisenberg

Heisenberg caractérise les théories closes comme absolument véridiques, parfaites et définitives (vraies pour toujours).

Une telle position pourrait rappeler la métaphysique dogmatique et, en particulier, le platonisme métaphysique (en plus Heisenberg lui-même caractérisa sa position philosophique comme platonisme)⁵. Pourtant cette première impression est fautive. Comme on le verra, Heisenberg est un réaliste. Mais il

⁵ En particulier, pour Heisenberg, une particule élémentaire n'est pas une substance, mais une forme mathématique («nicht Stoff, sondern mathematische Form») d'une espèce très compliquée et abstraite. (Heisenberg 1984b, p. 407).

n'est pas un réaliste métaphysique, bien qu'il ait une certaine place dans le cadre de sa philosophie au réalisme métaphysique des «choses en soi» (voir ci-dessous). Il est un réaliste wittgensteinien pragmatique au sens large du pragmatisme et réalisme dans l'esprit des jeux de langage et des formes de vie du Wittgenstein tardif. Quant au platonisme, il prend chez Heisenberg une forme non-métaphysique naturaliste dans le sens que les idées scientifiques se trouvent ancrées dans l'expérience et la réalité qui les nourrissent.

Heisenberg lui-même parle non seulement de son «platonisme», mais également de son «réalisme pratique» qu'il oppose au «réalisme dogmatique». En corrigeant (ou généralisant) Kant, il introduit également la notion de l'*a priori pratique*. L'*a priori pratique* n'est pas une nécessité, ou il l'est seulement dans un domaine limité (c'est-à-dire, en même temps il est un *a priori relatif*). Par exemple, les principes classiques de la causalité et du déterminisme sont des *a priori* relatifs (pratiques). Ils ne sont valables que dans le domaine de l'applicabilité de la physique classique et, en fin du compte, sont le résultat d'une longue expérience préliminaire.

Heisenberg dit aussi que les concepts sont ancrés dans l'expérience. Pourtant Heisenberg n'est pas un empiriste au sens classique. Pour lui, l'expérience elle-même a une dimension rationnelle. C'est-à-dire que la rationalité contribue à la formation de l'expérience. Cela rapproche la notion heisenbergienne d'expérience de celle de jeu de langage wittgensteinien, c'est-à-dire, de pratique normative.)

En particulier, Heisenberg affirme que sa conception de l'espace et du temps se situe entre deux extrémités: l'apriorisme et l'empirisme. En même temps, pour Heisenberg, la question métaphysique de la nature de l'espace et du temps est dénuée de sens (Heisenberg 1984c):

«Der Physiker kann nicht mehr hoffen, das allgemeine Wesen des Raums oder der Zeit zu ergründen. Er findet nur Sätze über einen kleinen Teil der Welt» (le physicien ne peut plus espérer pouvoir percer la nature gé-

nérale de l'espace ou du temps. Il ne fait qu'établir des affirmations vraies sur une petite partie du monde. *Notre traduction*).

Heisenberg n'est pas non plus un positiviste. Il critique lui-même le positivisme. Sa méthode qui consiste à ne décrire que ce que l'on peut observer (puisque, pour lui, ce ne sont que des quantités observables qui sont réelles) n'est pas du tout positiviste, parce que la *description* chez Heisenberg n'est pas de nature phénoménologique. Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, Heisenberg critique les théories phénoménologiques qui, selon lui, ne sont pas des théories closes, parce qu'elles ne sont pas flexibles.

Il est important, pour Heisenberg, que les théories closes ne soient vraies, parfaites et éternelles que dans le domaine limité de leur applicabilité. Et dans ce domaine, elles correspondent à la réalité (décrivent la réalité). Heisenberg est un réaliste.

Les différentes théories closes ont des domaines d'application différents. Dans ce sens, comme le pense, par exemple, Bokulich (2008), Heisenberg est un pluraliste, ou un réaliste pluraliste. Il y a pourtant toutes les raisons de penser que sa philosophie est plus profonde que celle du pluralisme. Pour Heisenberg, la physique est une, non pas au sens dogmatique, mais au sens modéré, à savoir au sens de l'existence des relations entre les théories différentes et aussi d'un certain ordre hiérarchique entre elles. Par exemple, Heisenberg dit que la structure conceptuelle de la relativité contient celle de la mécanique classique comme un cas limite. Heisenberg a également recours à l'usage du principe de correspondance⁶. Donc Heisenberg n'est pas un pluraliste absolu (notons que souvent le pluralisme wittgensteinien des jeux de langage et formes de vie est aussi faussement considéré comme un pur pluralisme (ils disent: «Wittgenstein dit que le langage est «hétéroclite» il n'a pas de „partie centrale“») ou même comme un pluralisme métaphysique absolu).

⁶ Le principe de correspondance a un sens un peu différent pour Heisenberg, Bohr et Dirac (voir ci-dessous § 4).

Par exemple, la mécanique classique et la mécanique quantique sont deux théories closes qui, dans leur domaine d'applicabilité, sont vraies, parfaites et inchangeables. On ne peut pas dire que la mécanique quantique soit vraie, tandis que la mécanique classique est fautive, ou que la première soit précise tandis que la seconde est approximative. Les deux théories sont vraies et précises, mais elles ne le sont que dans leur domaine d'applicabilité. Et il y a des relations entre elles.

Pour Heisenberg, ainsi que pour Bohr, la mécanique de Newton est une espèce d'*a priori* pour la mécanique quantique. La mécanique quantique et ses concepts *présupposent* la mécanique classique et ses concepts (bien que les concepts classiques ne soient pas applicables dans le domaine quantique). D'un autre côté, les lois et les concepts classiques ne sont applicables que dans le domaine classique; ils sont des *a priori relatifs* (non-kantiens). Heisenberg voit en cela le «paradoxe fondamental» de la théorie quantique (Heisenberg 1958, p. 82). En réalité, nous semble-t-il, le paradoxe se dissout, si l'on emploie correctement le langage, c'est-à-dire, si l'on se rappelle que la théorie quantique est une *généralisation* de la théorie classique (Heisenberg lui-même, ainsi que Bohr et Dirac, parlent de cela, même s'ils en parlent un peu différemment) et les concepts quantiques généralisent les concepts classiques. Etant plus généraux que les concepts classiques, les concepts quantiques présupposent ceux-ci à partir desquels ils ont émergé. En même temps, les concepts quantiques sont radicalement différents de concepts classiques. Ils sont applicables dans le monde microscopique dans lequel les concepts classiques ne sont pas applicables.

Les deux théories, classique comme quantique – sont apparues dans un lien étroit avec l'expérience. Néanmoins, plus tard elles se sont séparées de l'expérience concrète, sont devenues relativement indépendantes d'elle. Elles sont devenues des *théories établies* (en Allemand: *harte Theorie*) («théorie rigide»). Les théories closes sont des théories établies. (Notons que de la

même façon se produit la formation d'un concept (règle) et du domaine de ses applications paradigmatiques/établies.)

Le même terme *harte Theorie* est utilisé par Einstein. Notons que Heisenberg accepta la thèse d'Einstein que c'est la théorie qui dit ce qui est observable. Dans le cadre de notre interprétation de la philosophie de Heisenberg, cela signifie que le concept (règle) détermine une réalité (observable et en particulier, une nouvelle réalité), à laquelle il s'applique, au cours du processus même de son application. À chaque concept correspond un domaine de ses applications, qui n'est pas complètement prédéterminé (et, inversement, le domaine d'applicabilité d'un concept détermine celui-ci, de sorte qu'il n'y a pas vraiment de séparation entre l'un et l'autre). Et, bien évidemment, le concept détermine ses applications non pas de façon purement *a priori*, mais dans un contexte. Les positions d'Einstein et de Heisenberg ne sont pas idéalistes.

Dans un sens, les théories closes/établies se trouvent dans une correspondance univoque avec la réalité métaphysique des «choses-en-soi» que Heisenberg identifie avec les structures mathématiques déduites directement ou indirectement de l'expérience (contrairement à Kant) (Heisenberg 1958):

«The 'thing-in-itself' is for the atomic physicist, if he uses this concept at all, finally a mathematical structure: but this structure is – contrary to Kant – indirectly deduced from experience» (pour le physicien atomique la «choses-en-soi», si il utilise un tel concept, est, en fin du compte, une structure mathématique. Mais contrairement à Kant, cette structure est indirectement déduite de l'expérience. *Notre traduction*)

La mécanique classique et la mécanique quantique, en tant que structures mathématiques, correspondent aux «choses-en-soi». La structure mathématique de la mécanique classique est la plus appropriée pour décrire un domaine de la réalité (par exemple, dans les échelles ordinaires). La structure mathématique de la mécanique quantique est la plus appropriée

pour décrire un autre domaine de la réalité (par exemple, dans les échelles atomiques)⁷.

On peut donc répondre positivement à la question suivante, posée par Erhard Scheibe (Scheibe 2001, p. 163):

«Can we then point to kind of mathematical structure and claim that this kind of structures is characteristic for the given theory in the sense that another physical theory would have another kind of structures non-equivalent to the first as being characteristic for it (...)» (peut-on indiquer le type de structure mathématique et affirmer que ce type de structures est caractéristique de la théorie donnée dans le sens qu'une autre théorie physique aurait un autre type caractéristique de structure qui ne serait pas équivalent au premier. *Notre traduction*).

Pourtant *l'ontologie ultime* n'est pas celle du réalisme métaphysique dans le sens classique où la réalité est considérée comme consistant d'objets et faits (ou états de choses) bien définis et situés, pour ainsi dire, «en face de nous» (c'est-à-dire, le réalisme métaphysique suppose le «regard de l'extérieur») et dans un sens *absolu* étant indépendants du sujet (conceptuellement complètement déterminés).

Il nous semble que l'ontologie heisenbergienne peut être comprise dans le cadre du contextualisme wittgensteinien comme une *ontologie sensible*

⁷ Une telle correspondance, plus ou moins univoque, entre les domaines de la réalité et les structures mathématiques n'est pas évidente, car, en principe, chaque structure mathématique peut avoir des interprétations physiques différentes. (Et inversement : un seul et même phénomène physique peut avoir des interprétations mathématiques différentes. Par exemple, récemment, on a proposé une interprétation de l'intrication quantique en termes de prolongement analytique dans l'analyse complexe. (Feiler 2013.)) Par exemple, AdS/CFT correspondance en théorie des cordes a trouvé son application dans l'explication de la supraconductivité à haute température. C'est-à-dire, il y a une relation mathématique entre les trous noirs et la supraconductivité. (Cubrovic 2009.) Certaines «méta-matériaux» artificiels et aussi certains remous découverts récemment dans la partie du sud de l'océan Atlantique sont des analogues mathématiques des trous noirs (<http://arxiv.org/abs/1308.2352>).

Donc les outils mathématiques de la relativité générale ne sont pas seulement ceux de l'espace-temps (gravité)). On peut, pourtant, supposer que cet usage est *central*.

(sensitive ontology) au sens qu'a ce terme pour Jocelyn Benoist: «The question of what it is to be an F comes out as inseparable from the fact that *we already take some a or b to be F's in some definite way*» (la question de savoir ce que signifie être un F apparaît comme inséparable du fait que nous comptons déjà certains a ou b comme F selon un mode déterminé. *Notre traduction*) (Benoist 2012, p. 424). En utilisant le terme technique «concept adéquat» introduit par Jocelyn Benoist (voir ci-dessous), nous dirions ainsi: x est un objet du type F (ou l'objet x du type F existe) si et seulement si, le concept F est applicable à lui de façon *adéquate*, Fx .

Jocelyn Benoist introduit deux conditions aux concepts: *appropriation* et *adéquation*. La seconde condition est plus forte. Le «concept approprié» correspond au domaine de la réalité qu'il est destiné à décrire (représenter), c'est-à-dire, il correspond à son domaine d'applicabilité. Le «concept adéquate» est intimement lié avec la réalité; c'est un concept approprié qui est ancré dans la réalité, se nourrit d'elle et la reflète dans toute sa plénitude. (Bien sur, le problème consiste à comprendre cette intime liaison entre les concepts et la réalité). Le *fossé épistémique* entre le concept adéquat et la réalité est absent. (Benoist 2010/2011, 2011, 2012).

Nous transférons ces conditions directement aux théories closes étant vues comme règles/concepts (voir aussi § 5 ci-dessous), qui, comme nous avons déjà dit dans le § 2, dans un sens explicitent l'expérience. Cela dit, nous entendons ce qu'on appelle *le principe de la meilleure explication* comme celui de l'explication correcte. Les principes heuristiques de la beauté et de la simplicité ne sont que d'autres hypostases de ce principe (ce n'est pas pour rien que Dirac voit une relation entre eux. Il écrit que nous devons remplacer le principe de la simplicité par celui de la beauté mathématique (Dirac 1939, p. 908-909)).

La théorie comme règle/concept peut également être vue comme (correspondant à) une certaine «forme de vie» (voir la note 3 en bas de page ci-dessus) qui est un ensemble d'applications correctes de la théorie (pour ainsi

dire, un jeu de langage de second ordre, ou un ensemble de jeux de langage de premier ordre). Si une théorie correspond à une forme de vie donnée, elle est appropriée. Si, en plus, elle est correctement employée, c'est-à-dire ancrée dans la forme de vie, elle est adéquate. (Voir également le § 5 ci-dessous).

La nature des concepts/règles quantiques est différente de celle des concepts/règles classiques. Respectivement, l'ontologie quantique est différente de l'ontologie classique. Heisenberg lui-même critique explicitement une extrapolation de l'«ontologie matérialiste» dans le domaine atomique.

Pour Heisenberg, les états quantiques sont des ensembles des potentialités ou possibilités d'actualisation dans l'acte de mesure (en introduisant et utilisant la notion *potentia*, Heisenberg s'inspirait d'idées d'Aristote) (voir, par exemple, Shimony 1983). Pour lui, «the elementary particles themselves are not as real; they form a world of potentialities or possibilities rather than one of things or facts» (les particules élémentaires elles-mêmes ne sont pas si réelles que ça; elles forment un monde des potentialités ou possibilités plutôt que celui des choses ou faits. *Notre traduction*) (Heisenberg 1958, p. 160). C'est-à-dire, les particules élémentaires ne sont pas des particules/substances classiques dont les états sont décrits de façon univoque par leur position dans l'espace et leur vitesse.

Dans le domaine quasi-classique ou quantique, il peut arriver que dans des contextes différents un «seul et même» phénomène ait des descriptions différentes, mais adéquates – classique, semi-classique ou quantique. Quelle description et quelle ontologie correspondante sont plus «réelles»? La réponse est que la question n'est pas correctement posée. Une description, tout comme une ontologie privilégiée n'existe pas. Dans des contextes différents, des descriptions différentes peuvent correspondre aux aspects, ou même, à proprement parler, des phénomènes différents. L'ontologie est sensible au contexte. (Par exemple, dans certains cas la notion d'orbite classique peut être utile).

Citons à cet égard Heisenberg (voir Heisenberg (1934); cité dans Scheibe 2001, p. 138):

«(...) Completely dissimilar schemata of laws of nature can be applied to the same physical events without contradicting one another. This is because of the fact that in a certain system of laws, due to the basic concepts on which it is built, only certain types of questions have a sense, and that through this it closes itself off against other systems in which other questions are posed» (des systèmes complètement dissemblables des lois de la nature peuvent être appliqués aux mêmes événements physiques sans se contredire l'un l'autre. Cela s'explique par le fait que dans un certain système des lois, compte tenu des concepts de base sur lesquels il est fondé, seulement certains types de questions ont un sens, et que, par conséquent, il se ferme à d'autres systèmes dans lesquels d'autres questions sont posées. *Notre traduction*).

Cela signifie-t-il qu'une théorie close peut être empiriquement sous-déterminée (comme, le pense, par exemple, Schiemann (Schiemann 2008, p. 76-77))? Rappelons nous que Heisenberg accepte le dictum d'Einstein selon lequel c'est la théorie qui nous dit *ce qui* est observable ! Nous devons donc conclure que les données empiriques brutes («événements physiques») sont ambiguës et, à proprement parler, dans des contextes différents des théories différentes décrivent des données empiriques différentes (en termes de Heisenberg, des théories différentes posent des différents types de questions)⁸. Une théorie close ne peut pas être empiriquement sous-indéterminée. C'est peut-être pourquoi Heisenberg lui-même ne soulève pas la question de la sous-détermination empirique de la théorie.

⁸ Ainsi, il peut arriver que dans un contexte (classique) les orbites de l'électron soient en effet réels tandis que dans un autre contexte (quantique) ils ne soient que des fictions mathématiques utiles (ou ils ne soient réels que potentiellement, implicitement). Dans ce cas, dans les contextes classique et quantique, nous aurions affaire à proprement parler à deux phénomènes différents (mais semblables).

§ 4. Heisenberg, Dirac et Bohr sur les relations entre les théories physiques

Le point de vue de Werner Heisenberg sur la mécanique classique, la mécanique quantique et d'autres théories scientifiques comme des théories «closes» s'oppose à celui de Paul Dirac selon lequel toutes les théories sont ouvertes et approximatives (Dirac n'emploie pas le terme «théorie ouverte», mais il rejette l'idée heisenbergienne qu'une théorie peut être close et que, en particulier, les mécaniques classique et quantique le sont).

En d'autres termes, la position de Heisenberg consiste à dire qu'il y a des ruptures entre les théories. Au contraire, Dirac pense qu'il y a des passages continus entre elles. Quant à Niels Bohr, il considérait la mécanique quantique comme une théorie universelle (pour cette raison, il avait besoin du principe de complémentarité).

Les différences entre Heisenberg, Dirac et Bohr se manifestent aussi dans leur compréhension quelque peu différente du principe de correspondance. Pour Heisenberg c'est le principe d'analogie (et aussi de généralisation), pour Dirac – le principe de la similitude structurale (une approche plus mathématique), pour Bohr – le principe de la généralisation naturelle.

Pour Heisenberg la mécanique quantique est un saut révolutionnaire dans l'inconnu («un saut dans le vide»: *der Sprung ins Leere*), qui est devenu possible grâce à l'usage du principe d'analogie. Néanmoins, à la différence de Kuhn, pour Heisenberg ce saut – un changement de paradigme – bien qu'il soit *intuitif*, est un acte *rationnel*. Et pour Heisenberg il y a des relations entre les paradigmes. Pour lui, le progrès en physique consiste à élargir le domaine de l'expérience et la description théorétique correspondante.

Pour Dirac, ni la mécanique classique ni la mécanique quantique ne sont définitivement établies. La mécanique classique régit le développement de la mécanique quantique (et *vice versa*: selon le «principe de correspondance

inversé», la mécanique quantique régit le développement de la mécanique classique)⁹.

Dirac écrit (Dirac 1932b):

«It appears that all the important things in the classical (...) treatment can be taken over, perhaps in a rather disguised form, into the quantum theory» (il semble que toutes les choses importantes dans l'approche classique puissent être reprises, peut être plutôt sous une forme déguisée, dans la théorie quantique. *Notre traduction*).

Par exemple, il proposa de construire une mécanique quantique lagrangienne (au côté de la mécanique quantique hamiltonienne déjà existante) (Dirac 1932). Cette idée fut réalisée avec succès par Richard Feynman dans son approche introduisant l'intégration sur les trajectoires classiques.

L'approche de Dirac est mathématique. Pour lui la mécanique quantique est une généralisation non-commutative de la mécanique classique (Dirac considère le passage de la seconde à la première comme continu, bien qu'il reconnaisse que la mécanique de Newton (la mécanique classique) soit plus proche de la relativité restreinte que de la mécanique quantique).

Bohr met l'accent sur une liaison conceptuelle (au sens large) entre les deux mécaniques. Le principe de correspondance établit justement une telle liaison. Voici l'une des formulations Bohriennes (Bohr 1925)¹⁰:

«The correspondence principle expresses the tendency to utilize in the systematic development of the quantum theory every feature of the classical theories in a rational transcription appropriate to the fundamental contrast between the postulates and the classical theories» (le principe de correspon-

⁹ La mécanique quantique semi-classique, qui élargit et mélange les frontières des mondes classiques et quantiques, illustre avec éloquence dans quel sens on peut parler de passage continu entre les deux théories, de leur ouverture et leur caractère approximatif. Dans un sens c'est une ré-découverte de la « vieille théorie quantique » et, en particulier, du modèle de Niels Bohr, qui donc trouvent leur propre domaine d'applicabilité. (Berry 2010).

¹⁰ Dans l'article (Pris 2012) il est argumenté que le principe de correspondance doit être compris comme celui de généralisation naturelle/rationnelle. Cette formulation est très proche de certaines des formulations proposées par Bohr et Heisenberg.

dance exprime la tendance à utiliser dans le développement systématique de la théorie quantique chaque trait des théories classiques dans une transcription rationnelle, appropriée au contraste fondamental entre les postulats et les théories classiques. *Notre traduction*).

À notre avis, les différences entre les trois philosophes, signalées ci-dessus, peuvent être comprises dans le cadre de notre interprétation de la théorie comme concept/règle («forme de vie», ou «paradigme», respectivement).

Comme il a déjà été dit ci-dessus, chaque concept (règle) peut être déterminé par l'ensemble de ses applications paradigmatiques, ou exemplifications, ayant un air de famille, dans lesquelles le concept est ancré¹¹.

Une nouvelle application d'un concept n'est pas prédéterminée (il n'y a pas de règle pour une nouvelle application d'une règle), mais elle doit avoir une justification rationnelle *post factum*.

Dans le cas où il s'agit non pas simplement d'une nouvelle application d'un concept, mais de sa généralisation (d'une nouvelle application radicale), l'indétermination est beaucoup plus grande : non seulement nous ne pouvons pas savoir à l'avance si le concept est applicable ou non, mais nous ne pouvons pas savoir à l'avance le sens dans lequel nous devons le savoir (c'est-à-dire nous ne pouvons pas savoir à l'avance comment le concept doit être généralisé). Ce sens ne peut être établi qu'en pratique. (Voir aussi § 2 ci-dessus).

¹¹ La définition du concept peut être rendue plus explicite dans l'esprit de la maxime pragmatique de Charles Sanders Peirce, selon laquelle nous «comprenons» un concept si nous comprenons sa «définition nominale», savons ses instanciations (peut-être vaut-il mieux dire «exemplifications») et savons ce que nous pouvons attendre des opinions qui contiennent ce concept. Cette dernière condition – sa propre contribution – Peirce l'appelle le «troisième degré» de la compréhension claire d'un concept (voir, par exemple, Misak 2012). Il nous semble que chez Wittgenstein le «troisième degré» de la compréhension claire d'un concept est la prise («compréhension») de l'aire de famille entre ses exemplifications (c'est cet air de famille qui est à la fois naturel et normatif (c'est-à-dire il exige une justification dans le contexte donné) qui permet d'élargir le domaine d'applicabilité du concept).

Dans ce sens la mécanique quantique (ainsi que, avant elle, la mécanique relativiste et encore auparavant la mécanique newtonienne) ne fut pas «découverte», mais «créée». (Dans ce contexte on peut se demander si le développement de la physique ne pouvait prendre un autre chemin.) La mécanique classique fut généralisée; le domaine d'applicabilité de la *Mécanique* se trouva radicalement élargi¹².

Déjà, la création de la relativité restreinte fut une extension assez (bien que moins) radicale du domaine d'applicabilité de la *Mécanique*. Jusque là la *Mécanique* eut éteint le domaine de son applicabilité dans le cadre de la même théorie – de la mécanique de Newton (bien que l'électrodynamique de Maxwell ait tracé ses frontières). Il s'agissait tout simplement de trouver des nouvelles applications de celle-ci.

Il est évident que le processus de l'extension des frontières d'applicabilité d'une règle (concept) (voir aussi § 2 ci-dessus) doit satisfaire trois conditions.

Avant tout, une nouvelle règle (ou une nouvelle application de la règle) ne doit pas contredire le système des règles déjà établies (ses applications déjà établies). Ceci est réalisé, en particulier, par le départage des domaines d'applicabilité des différentes règles et aussi par l'établissement d'une certaine correspondance entre elles.

Par exemple, la «vieille théorie quantique» – celle de la transition – ne satisfaisait pas à cette condition. Le modèle d'atome de Bohr combinait des nouvelles idées quantiques avec la mécanique classique et une violation des

¹² On peut dire qu'en mécanique quantique les équations de la *Mécanique* restent les mêmes qu'en mécanique classique, mais leur usage change (le passage d'une théorie à l'autre est le changement d'un aspect). Pour Dirac (en mécanique quantique) «it is not the equations of classical mechanics that are in any way at fault, but (...) the mathematical operations by which the physical results are deduced from them require modification» (ce ne sont pas les équations de la mécanique classique qui sont de quelques façons que ce soit fausses, mais (...) les opérations mathématiques par lesquelles on en déduit les résultats physiques exigent une modification. *Notre traduction*). (Dirac 1925).

lois de l'électrodynamique. L'électron Bohrien se déplaçait sur des orbites discrètes de façon classique, mais sans émettre la radiation, et il pouvait de façon incompréhensible sauter d'une orbite à une autre, en émettant des quanta de la lumière.

Deuxièmement, la même condition doit être accomplie pour les conséquences d'une nouvelle application de la règle ou applications d'une nouvelle règle (les nouvelles relations inférentielles et les relations entre le vieux et le nouveau domaine ne doivent pas impliquer de contradictions).

Enfin, une nouvelle application de la règle doit avoir une justification (au moins en principe, c'est-à-dire qu'elle doit être justifiable) *post factum*. Par exemple, chaque nouvelle application de la mécanique classique (ou quantique) avait une justification théorique dans son cadre propre. D'une façon analogue, la justification de la mécanique quantique comme telle consiste dans le fait qu'elle peut être comprise comme une généralisation de la mécanique classique.

Par exemple, on peut établir des relations diverses entre la mécanique classique et la mécanique quantique dans le cadre des divers schèmes mathématiques («méthodes de quantisation»), décrivant le passage de l'une à l'autre. Ainsi la seconde peut-elle être considérée comme une généralisation non-commutative de la première¹³.

¹³ La non-commutativité de la mécanique quantique fut découverte par Heisenberg. En dépit de cela, au début Heisenberg lui-même était perplexe concernant sa découverte qui annonçait les quantités physiques non-commutatives dans le monde microscopique. Néanmoins, il reconnut plus tard sa signification et même caractérisa le passage de la mécanique classique à la mécanique quantique comme celui de la «géométrie classique visualisable» à celle «quantique symbolique» (cela rapproche sa position de celle de Dirac). Alain Connes – le fondateur d'une variante de ce qu'on appelle géométrie non-commutative – s'inspira des idées de la mécanique matricielle de Heisenberg. À ce stade du développement de la science, la théorie de Connes semble être un exemple d'une théorie non-close. (La théorie des cordes donne un autre exemple d'une théorie non-close.)

Au contraire, Dirac comprit tout de suite le rôle de la non-commutativité et dans sa version de la mécanique quantique mit l'accent sur la non-commutativité. Il pensait que la seule différence entre les mécaniques classique et quantique résidait dans le fait que la seconde est non-commutative.

Puisque la théorie close est un savoir, exprimable dans des jugements qui sont les formulations des règles ou correctes applications de la théorie vue comme concept/règle, ce qui a été dit ci-dessus peut aussi être compris en termes d'une interprétation analytique de la notion kantienne d'unité synthétique de l'apperception, proposée par Robert Brandom.

Selon Brandom, la formation d'un nouveau jugement est un processus de son intégration dans le système des jugements déjà établis («commitments») – «l'unité de l'apperception». (Brandom 2011b.) L'intégration suppose de résoudre trois tâches normatives: éliminer des contradictions entre le nouveau jugement et les jugements déjà établis (la «tâche critique»), déduire des nouvelles conséquences (la «tâche ampliative») et justifier le nouveau jugement.

Il nous semble que le processus naturel/normatif, décrit ci-dessus, de l'extension du domaine d'applicabilité d'une règle/concept est un processus naturalisé de l'intégration d'un jugement dans l'unité de l'apperception qui donc joue le rôle de la forme de vie wittgensteinien.

Heisenberg lui-même distingue trois stades dans le développement de la science: (1) l'extension du domaine de l'applicabilité d'une théorie, (2) l'apparition des nouvelles lois (donc, des éléments d'une nouvelle théorie), qui, au début, contredisent les vieilles lois, à cause de leur formation initiale dans le cadre des vieilles notions (la «vieille mécanique quantique», en particulier, la théorie de Bohr, correspond à ce stade), (3) le changement de la structure conceptuelle de la théorie (par exemple, la mécanique quantique de Heisenberg lui-même correspond à ce stade final). Le résultat est l'élimination des contradictions entre la nouvelle théorie et la vieille théorie.

La mécanique quantique est l'unité de l'apperception. Elle est le résultat de l'accomplissement des trois tâches normatives. Mais du point de vue de l'apperception (plus globale, pour ainsi dire, super-apperception) *Mécanique*, incluant les deux mécaniques, classique et quantique, l'achèvement de la

mécanique quantique signifie l'accomplissement seulement de la première tâche normative – la tâche critique.

On peut donc dire que du point de vue du passage du paradigme classique au paradigme quantique, en créant sa mécanique quantique, Heisenberg avant tout résolvait la tâche critique (la mécanique quantique est, pour ainsi dire, un «jugement» révolutionnaire dans le cadre du super-paradigme *Mécanique*). Dirac résolvait plutôt la «tâche ampliative». Bohr justifiait le nouveau paradigme (quantique) comme tel.

Heisenberg lui-même a caractérisé son style scientifique et le style de Bohr comme suit (Heisenberg 1970):

«I always looked as a final aim to the mathematical scheme. And that was not perhaps what Bohr did. Bohr looked to a scheme of concepts, a number of concepts, and not a mathematical scheme – if one wants to make such a strong distinction. (...)» (j'ai toujours eu pour but de trouver un schéma mathématique. Et ce n'était peut-être pas ce que faisait Bohr. Bohr cherchait un schéma conceptuel, un certain nombre de concepts, et non pas un schéma mathématique – si l'on veut faire une telle distinction très nette. *Notre traduction*).

Donc les approches des trois physiciens sont compatibles et se complètent l'une l'autre. En particulier, le point de vue de Heisenberg selon lequel les théories sont «closes» et «parfaites» est compatible avec celui de Dirac avançant que les théories sont «ouvertes» et «approximatives».

Néanmoins, à mon avis, l'idée de Heisenberg de la théorie close est philosophiquement plus profonde, primaire. Le point de vue que les théories scientifiques sont ouvertes et approximatives est secondaire.

Alisa Bokulich (2008), au contraire, préfère la position de Dirac, parce qu'elle pense que le pluralisme de Heisenberg signifie que le physicien Allemand ne croit pas à l'unité de la physique.

En réalité, Heisenberg lui-même parle d'une tendance unificatrice dans la science (voir aussi ce qui a été dit ci-dessus et, en particulier, dans le § 3),

du dépassement des frontières entre des différentes disciplines telles que la physique, les mathématiques, la biologie, et la philosophie. (Heisenberg 1970b, p. 385-392). Dans ce sens-là, ces disciplines ne peuvent pas être closes. Notons que ce que nous avons dit est aussi applicable aux théories closes dans le cadre de la physique. Par exemple, dans la mécanique semi-classique, les frontières entre la mécanique classique et la mécanique quantique sont floues, et on peut même parler de la mécanique semi-classique comme une théorie indépendante (voir aussi ci-dessous).

Bokulich appelle sa propre position «inter-structuralisme». Son essence est que l'unité de la physique est le résultat du passage continu entre les structures des théories physiques différentes.

Selon nous, une telle vision est assez superficielle, car ce qu'elle entend par « le passage continu entre les structures », n'est pas claire ; pas plus que la manière dont les structures sont ancrées dans la réalité elle-même.

Nous interprétons ce que Bokulich appelle le «passage continu entre les structures» comme l'aire de famille, c'est-à-dire comme l'existence d'une (super)règle implicite commune.

Par exemple, le fait que la mécanique classique et la mécanique quantique aient la structure Hamiltonienne commune est une manifestation de l'existence chez elles d'une (super)règle Wittgensteinienne commune. C'est ainsi que nous entendons les mots suivants de Dirac (Dirac 1925; cité dans Bokulich 2004, p. 16):

«the correspondence between the quantum and classical theories lies not so much in the limiting agreement $h \rightarrow 0$ as in the fact that the mathematical operators in the two theories obey in many cases the same laws» (la correspondance entre les théories classique et quantique n'est pas tellement dans la concordance limite $h \rightarrow 0$, mais dans le fait que les opérateurs mathématiques dans les deux théories obéissent, dans plusieurs cas, aux mêmes lois. *Notre traduction*).

Cela signifie que l'essence de l'unité de la physique consiste en le fait que celle-ci représente le processus (respectivement, le résultat du processus) de généralisation de notre connaissance du monde, qui, en fin du compte, se manifeste dans l'établissement des relations (et, respectivement, des ruptures) entre les domaines différents de la physique. L'unité dans le cadre d'une théorie physique donnée est plus forte, mais sa nature est la même.

Pour Heisenberg, la physique est *une* dans ce sens modéré, qui n'exclut pas qu'il y ait certaines ruptures entre des théories ou des domaines d'une seule et même théorie. Pour lui, il n'y a pas des règles préétablies de l'unicité qui permettraient de passer d'un domaine de la physique à n'importe quel autre. (Une nouvelle théorie de la réduction (modérée) des théories physiques et, respectivement, une nouvelle vision (modérée) de l'unité de la physique, récemment proposée par Erhard Scheibe (2007, 2009), sont compatibles avec les vues de Heisenberg.)

On peut donner raison à Erhard Scheibe quand il prétend que la position de Heisenberg est un compromis entre deux extrémités: l'unité (entendue au sens fort) et le pluralisme.

§ 5 La non-falsifiabilité de la théorie close

Notre interprétation de la notion de théorie close et de ses critères est corroborée par le fait qu'elle permet de répondre, facilement et naturellement, aux trois questions d'Erhard Scheibe (voir § 1).

(1) La théorie close est une règle (concept)/forme de vie au sens de la philosophie du Wittgenstein tardif. (2) Dans le cadre d'une théorie close, les concepts et lois ont le même statut. (3) Les théories closes sont liées entre elles selon la loi de la généralisation naturelle/rationnelle. Par exemple, la mécanique quantique est une généralisation de la mécanique classique. (Cela dit, il n'y a aucune règle prédéterminée d'une généralisation d'une théorie (concept/règle). Une telle règle ne peut être établie que *post factum*. Par

exemple, il s'est avéré que la mécanique quantique est une généralisation non-commutative de la mécanique classique.)

Ces réponses ne sont pas triviales, parce que les notions de concept et de son usage ne le sont pas. Scheibe lui-même signale que pour comprendre ce qu'est la théorie close, il faut comprendre ce que nous entendons par l'usage du concept alors que la question de savoir ce que sont le concept et l'usage du concept n'a pas encore été résolue.

Selon une formulation de la notion de théorie close, proposée par Heisenberg, les lois de la théorie close sont strictement applicables là où ses concepts le sont. Selon une autre: «the laws are valid with the same degree of accuracy with which the appearances are describable using the concepts» (les lois sont valides avec le même degré de précision avec lequel les apparences sont descriptibles par les concepts. *Notre traduction*) (cité dans Scheibe 2001, p. 136). Dans le cadre de notre interprétation de la théorie close comme une règle (concept) les deux formulations sont tautologiques.

Scheibe écrit que dans le cas de théories closes les concepts et les lois échangent leur rôle. Habituellement, la véracité des lois est considérée comme une condition pour que les concepts correspondants puissent être appliqués (c'est-à-dire, si les lois sont vraies/applicables, les concepts correspondants sont applicables). Dans le cas de la théorie close, c'est l'inverse: l'applicabilité des concepts est une condition de la véracité des lois (c'est-à-dire, si les concepts sont applicables, les lois sont vraies/applicables). À notre avis, il serait plus approprié de dire que les concepts et les lois ont le même statut. Par conséquent, l'applicabilité des concepts suppose la véracité des lois et *vice versa*. Par exemple dans la mécanique de Newton la maîtrise des concepts de force et masse présuppose la connaissance des lois de Newton et leur véracité (notons à cet égard que l'on dit parfois de la seconde loi de Newton qu'elle est une définition de force. C'est pourquoi dans le domaine où les concepts de force

et masse sont applicables les lois de Newton sont également vraies)¹⁴. L'inverse semble trivial: la formulation des lois de Newton présuppose la maîtrise des concepts (l'applicabilité des concepts) de force et de masse. Le point non-trivial est que le processus d'explication théorique des lois (d'un schéma conceptuel) est en même temps celui de formation des concepts correspondants.

Enfin, selon une formulation de Carl Friedrich von Weizsäcker, une théorie close ne peut pas être modifiée légèrement; elle ne peut être modifiée qu'essentiellement (selon Heisenberg, dans le cadre d'une théorie close la liaison entre les notions est si forte que la théorie ne peut être modifiée que comme un tout. Et cela est compréhensible, si l'on considère la théorie (close) comme une règle/concept. Le passage à une autre règle est toujours essentiel.

Bien évidemment pour les théories phénoménologiques, tout ce que l'on vient de dire est faux. Par exemple, les concepts d'une théorie peuvent être strictement applicables, mais ses lois peuvent être approximatives ou même elles peuvent varier (une théorie phénoménologique purement empirique n'est pas «rigide»).

L'interprétation de la théorie comme une règle (forme de vie) dans le cadre d'un naturalisme normatif et contextualisme (au sens dans lequel Jocelyn Benoist parle de contextualisme Wittgensteinien (voir § 3 ci-dessus)) est conforme à la conclusion d'Erhard Scheibe que la dichotomie entre le logique et l'empirique n'est pas adéquate pour qu'on puisse caractériser le statut épistémique de la théorie close. Pour lui, la voie de la physique passe entre le rationalisme et l'empirisme. La philosophie de la physique de Heisenberg, en avançant la philosophie de la science de son temps, justement fraie cette voie, essaie de synthétiser le rationalisme et l'empirisme. En termes contemporains, c'est la voie d'un pragmatisme

¹⁴ Robert Brandom (Brandom 2013) écrit que déjà Kant comprit que les concepts de force et de masse ne peuvent pas être considérés indépendamment de lois de Newton qui les lient.

rationaliste – de la synthèse du rationalisme, du pragmatisme et de l'empirisme. (Brandom 2009, 2011).

L'une des conséquences de notre interprétation de la théorie close comme un concept (règle) est que, à la différence de la théorie phénoménologique, elle n'est pas falsifiable. Elle est applicable ou non, mais elle ne peut pas être fausse. Donc notre position, interprétant celle de Heisenberg, va à l'encontre de la position de Karl Popper. Le critère d'une véritable théorie scientifique établie (close) est sa non-falsifiabilité.

Ce qui est faux, ou *inapproprié*, c'est employer une théorie close dans le domaine d'applicabilité d'une autre théorie. En particulier, une théorie sera «approximative» ou même «fausse», si on essaie de l'appliquer au-delà des limites du domaine de son applicabilité. Si une théorie est employée dans le domaine de son applicabilité, seulement son application peut être fausse, ou incorrecte (dans ce cas, ce qui est violé c'est la condition d'*adéquation*).

Donc le critère de la falsification doit être remplacé par celui d'appropriation et adéquation dans le sens où ces termes sont employés par Jocelyn Benoist (voir ci-dessus). Une théorie scientifique ne peut pas être appliquée à n'importe quoi et n'importe comment. À strictement parler, elle ne peut pas être fausse, mais elle peut s'avérer inappropriée ou inadéquate.

Une théorie appropriée et adéquate peut être appelée «vraie» (nous rappelons que pour Heisenberg la théorie close est vraie). Premièrement, elle est vraie au sens de sa correspondance (en tant que règle) aux règles implicites ou explicites d'une pratique scientifique donnée et aussi à ses applications paradigmatiques établies (prédéterminées) et, deuxièmement, au sens de l'existence d'une liaison intime (adéquate) entre la théorie comme règle et ses applications et, en fin du compte, au sens de l'authenticité (c'est-à-dire la règle est suivie correctement) de la pratique normative correspondante. C'est dans ce sens-là que les jeux de langage et les formes de vie sont «vraies». Et c'est dans ce sens que le *Dasein* Heideggérien est vrai. Cette notion de vérité est plus profonde que celle de vérité comme

correspondance, et elle est plus proche de l'interprétation heideggérienne de la notion grecque antique d'*alétheia* comme le dévoilement de l'être.

On peut parler de théorie close comme théorie «approximative» seulement au sens conventionnel, si elle est en train d'être appliquée (avec plus ou moins de succès) dans un certain domaine frontalier ou celui où, strictement parler, elle n'est pas applicable

On peut aussi entendre le caractère «approximatif» de telle ou telle théorie dans le sens d'un jeu de langage «approximatif». Pour Wittgenstein une description phénoménologique (non pas au sens d'une théorie phénoménologique) «approximative» d'un phénomène n'est pas inférieure à sa description plus précise; elle peut être un jeu de langage phénoménologique authentique (obéissant à ses propres règles). (Exemple: un bon tableau impressionniste n'est pas moins «vrai» ou «parfait» qu'un bon tableau réaliste. Un autre exemple: on peut décrire un objet comme nous le voyons et on peut le décrire à partir des mesures effectuées sur lui. Pour Wittgenstein il s'agit de deux jeux de langage descriptifs, décrivant un objet (voir § 23 des *Recherches philosophiques*.) Dans le même sens la théorie «approximative» (par rapport à la relativité restreinte ou la mécanique quantique) de la mécanique de Newton comme une «forme de vie» (ou «jeu de langage» – s'il s'agit de son application concrète) n'est pas moins parfaite que les théories «précises» de la relativité restreinte ou de la mécanique quantique.

§ 6. Conclusion

En conclusion, il nous semble, que l'analyse présentée dans cet article confirme notre interprétation de la notion Heisenbergienne de théorie close et ses critères.

La théorie close a le statut d'une règle (d'un concept) wittgensteinienne, ou, ce qui revient au même, d'une «forme de vie». Sa véracité est logique au

sens de la «grammaire philosophique» wittgensteinienne. Elle peut être applicable ou non, mais elle ne peut pas être fausse.

En même temps, la théorie close «reflète» la réalité (même celle «métaphysique» des «choses en soi» – quand la théorie se sépare de l'expérience concrète sous forme d'une structure mathématique, devient «rigide»). Et elle le fait de façon non-métaphysique, par l'usage wittgensteinien dans des situations concrètes, c'est-à-dire, par les «jeux de langage».

La théorie close est à la fois appropriée et adéquate dans le sens du contextualisme wittgensteinien de Jocelyn Benoist (Benoist 2010/2011). C'est une théorie bien établie et vraie.

Notre interprétation est conforme au principe méthodologique de Heisenberg – renoncer aux «règles» (concepts) de la théorie classique et les remplacer par les nouvelles «règles» permettant de décrire les phénomènes quantiques (Heisenberg 1924, 1925), – et aussi au point de vue de Scheibe sur la théorie physique comme un *concept* des systèmes physiques (Scheibe 2001, p. 354).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Benoist, J. 2010/2011. Concepts. Paris: Les éditions CERF.
2. Benoist, J. 2011. Eléments de philosophie réaliste. Paris: Vrin.
3. Benoist, J. 2012. «Making Ontology Sensitive» // Cont. Philos. Rev. (Published online. 04 August 2012).
4. Berry, Michael. 2010. «Review of Bokulich's book» // Brit. J. Phil. Sci. 0, 1-7.
5. Bohr, N. 1925. «Atomic Theory and Mechanics», Supplement to Nature, No. 2927, December 1925, p. 849 // Stolzenburg, K. (ed.) Niels Bohr, Collected Works. Vol, 5 The Emergence of quantum mechanics, (mainly 1924 & 1926) 1984. north Holland physics publishing p. 277).
6. Bokulich, Alisa. 2004. "Open or Closed? Dirac, Heisenberg, and the Relation between Classical and Quantum Mechanics" // Studies in History and Philosophy of Modern Physics. 35 (3).
7. Bokulich, Alisa, 2008. Re-Examining the Quantum-Classical Relation: Beyond Reductionism and Pluralism. Cambridge UP.
8. Brandom, R. 1994. Making It Explicit: Reasoning, Representing, and Discursive Commitment. Harvard UP.

9. Brandom, R. 2008. *Between Saying and Doing: Towards an Analytic Pragmatism*. Oxford UP.
10. Brandom, R. 2009. *Reason in Philosophy. Animating Ideas*. Harvard UP.
11. Brandom, R. 2011. *Perspectives on Pragmatism*. Harvard UP.
12. Brandom, R. 2011b. *Brandom's München Lectures (May 2011)*.
13. Brandom, R. 2012. «Reason, Genealogy, and the Hermeneutics of Magnanimity». Homepage.
14. Brandom, R. 2013. «Categories and Noumena: Two Kantian Axes of Sellars's Thought». Homepage.
15. Brandom, R. 2014. «From German Idealism to American Pragmatism – and Back», Brandom's Homepage.
16. Brandom, R. 2014b. «Some Hegelian Ideas of Note for Contemporary Analytic Philosophy». Homepage.
17. Cubrovic, M. 2009. «String Theory, Quantum Phase Transitions and the Emergent Fermi-Liquid». Hep-th.
18. Dirac, P.A.M. 1925. «The Fundamental Equations of Quantum Mechanics». In *The Collected Works of P.A.M. Dirac.*, p. 67).
19. Dirac, P.A.M. 1932. «The Lagrangian in Quantum Mechanics» // Dirac, P.A.M. 1995. *Collected Works. 1924-1948*. Edited by R.H. Dalitz, p. 661.
20. Dirac, P.A.M. 1932b. Letter from Dirac to Fock, 11 November 1932.
21. Dirac, P.A.M. 1939. «The Relation Between Mathematics And Physics». Communicated to the Royal Society of Edinburg, February 6, 1939 // Dirac, P.A.M. 1995. *Collected Works. 1924-1948*. Edited by R.H. Dalitz, p. 907.
22. Einstein, A., Infeld, L. 1938. *The Evolution of Physics*. The scientific book club in Charing cross road. London W.C. (Available on Internet) (Originally published by Cambridge UP).
23. Feiler, C. 2013. «Entanglement and analytical continuation: an intimate relation told by the Riemann zeta function» // *New J. Phys.* 15, June 2013. <http://www.njp.org/doi:10.1088/1367-2630/15/6/063009>
24. Heisenberg, W. 1924. «Über eine Abänderung der formalen Regeln der Quantentheorie beim Problem der anomalen Zeeman-Effekte». *Z. Phys.* 26: 291–307.
25. Heisenberg, W. 1925. «Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und 64 mechanischer Beziehungen». *Zeitschrift für Physik* 33: 879-893.
26. Heisenberg, W. 1929. *Atomic Physics and Pragmatism*.
27. Heisenberg, W. 1942. «Über das Weltbild der Naturwissenschaft». (Unveröffentlichter Vortrag) // *Gesammelte Werke. Collected Works. Band 1. Physik und Erkenntnis*. Piper, München, 1984.
28. Heisenberg, W. 1948. «Der Begriff ‚Abgeschlossene Theorie‘ in der Modernen Naturwissenschaft». *Dialectica*, 2, 331-336.
29. Heisenberg, W. 1948. «The Notion of a « Closed Theory » in Modern Science» // Heisenberg, W. 1974. *Across the Frontiers*. New York: Harper & Row, Publishers, Inc. c. 39-46.

30. Heisenberg, W. 1958. *Physics and philosophy: The revolution in modern science*. London: George Allen & Unwin.
31. Heisenberg, W. 1967. «Sprache and Wirklichkeit in der modernen Physik» (1960). In *Sprache and Wirklichkeit*. München.
32. Heisenberg, W. 1970. Interview with Werner Heisenberg by Joan Bromberg. June 16, 1970.
33. Heisenberg, W. 1970b. «Abschluß der Physik? » In *Collected Works, C, III*, 1985. C. 385-392.
34. Heisenberg, W. 1974. *Across the Frontiers*. New York: Harper & Row, Publishers, Inc.
35. Heisenberg, W. 1984. *Gesammelte Werke. Collected Works, Series B*, Berlin, Heidelberg : Springer Verlag.
36. Heisenberg, W. 1984b. In *Gesammelte Werke. Collected Works. V. II. Physik und Erkenntnis*. 1984.
37. Heisenberg, W. 1984c. *Gesammelte Werke. Collected Works. Abteilung C. Band I. Physik und Erkenntnis*. Piper München Zürich).
38. Horwich, P. 2012. *Wittgenstein's Metaphilosophy*. Clarendon Press.
39. Misak, C. 2012. «The Origins of Cambridge Pragmatism». A talk given at the research workshop «Cambridge Pragmatism». Cambridge. 31 May – 1 June, 2012.
40. Price, Hew. 2013. *Expressivism, Pragmatism and Representationalism*. Cambridge: CUP.
41. Pris, François-Igor. 2008/2009. *Le fossé explicatif dans la philosophie de l'esprit du point de vue de la deuxième philosophie de Wittgenstein vue comme un naturalisme normatif*, 330 pages. Thèse (PhD) 2008 (Diffusion ANRT 2009).
42. Pris, Francois-Igor. 2012. О смысле принципа соответствия в квантовой механике // *ANALYTICA*. 6-03. С. 18-35.
43. Scheibe, E. 1997. *Die Reduktion physikalischer Theorien. Ein Beitrag zur Einheit der Physik. Teil I: Grundlagen und elementare Theorie*. Berlin: Springer.
44. Scheibe, E. 1999. *Die Reduktion physikalischer Theorien. Ein Beitrag zur Einheit der Physik. Teil II: Inkommensurabilität und Grenzfallreduktion*. Berlin: Springer.
45. Scheibe, Erhard. 2001. (Ed. by Falkenburg, B.) *Between Rationalism and Empiricism. Selected Papers in the Philosophy of Physics*. Springer.
46. Shimony, A. 1983. «Reflections on the philosophy of Bohr, Heisenberg, and Schrödinger» // *Physics, philosophy and psychoanalysis / ed. by R. S. Cohen, L. Laudan*. Dordrecht: D. Reidel.
47. Schiemann, G. 2008. *Werner Heisenberg*. C.H. Beck.
48. Williams, M. 2011. «Normative Naturalism» // *Int. J. of Philosophical Studies*. 18 (3): 335-375.