

Néo-pragmatisme et incommensurabilité en physique¹

Michel Bitbol
CNRS, Paris

Philosophia Scientiae, 8 (1), 203-234, 2004

Résumé: On distingue trois strates interdépendantes dans les paradigmes kuhnien: le savoir-faire expérimental, le formalisme, et les engagements ontologiques. Seul le niveau ontologique se trouve intégralement et *explicitement* exprimé dans le cadre du langage courant. Il semble donc qu'assimiler l'"incommensurabilité" des paradigmes à une *intraductibilité* revient à esquiver une partie du problème. Afin de compenser cette apparente incomplétude, une conception néo-pragmatiste et structuraliste de la physique est développée, en l'appuyant sur les réflexions d'A. Pickering et I. Hacking. Au lieu d'être marginalisé, le domaine des pratiques devient dans cette conception l'axe central où se définissent toutes les composantes de la connaissance, et où se décident toutes les questions, y compris celle de l'incommensurabilité.

Abstract: Three interdependent levels are distinguished in Kuhn's concept of paradigm: experimental know-how, formalism, and ontological commitment. The ontological level is the only one which happens to be entirely and *explicitly* expressed in the framework of ordinary language. It then appears that identifying "incommensurability" (of paradigms) with untranslatability is tantamount to skipping part of the problem. To compensate for this incompleteness, a neo-pragmatist and structuralist view of physics is developed along the lines of A. Pickering's and I. Hacking's. In this conception, the domain of practice is no longer marginal. It rather becomes the central axis with respect to which every component of knowledge is defined and every question is to be discussed, including the issue of incommensurability.

1-L'incommensurabilité, entre langage et pratiques

Le concept d'incommensurabilité des paradigmes est compris avant tout comme défaut de traductibilité entre deux *langues*². Ce biais linguistique se comprend si l'on identifie chaque paradigme kuhnien à un système de référents, à une ontologie (au sens de Quine) associée à une représentation de la nature. Mais de toute évidence, le paradigme n'est pas que cela. Il s'y réduit rarement

¹ Je remercie Léna Soler, ainsi qu'un rapporteur anonyme de *Philosophia Scientiae*, pour leurs remarques pertinentes et leurs critiques constructives.

² Dans la *Structure des théories scientifiques*, on relève trois variétés principales d'incommensurabilité : celle des langages ou idiolectes associés à une théorie, celle des valeurs cognitives, et celle de la perception d'expérience. Les deux dernières variétés appartiennent toutefois aussi à ce qui est directement exprimé dans un langage donné, et conditionné par lui.

dans l'exercice quotidien des secteurs les plus avancés des sciences physiques, et il est bien davantage dans la philosophie de Kuhn lui-même.

En physique, il existe une tradition résurgente de mise à l'écart des modèles et des représentations au profit de leurs structures sous-jacentes ; et corrélativement du langage au profit des mathématiques. Cette orientation s'est consolidée à la naissance de la mécanique quantique, lorsque les modèles corpusculaire et ondulatoire initiaux ont été non pas conciliés, mais résorbés et surmontés, dans un ensemble qui comprend un formalisme abstrait (celui de Dirac et Von Neumann) et ses règles d'utilisation à des fins prédictives (l'algorithme probabiliste de Born). Elle a été systématisée plus tard par certains physiciens comme Murray Gell-Mann, qui ont préconisé, à titre de méthode universelle, de commencer par construire un modèle, puis d'en rejeter les éléments les plus concrets de dénomination ou de caractérisation des référents, afin d'en isoler les seules structures (habituellement des structures de Groupe de Transformations). Ce qui a masqué la portée d'un tel déplacement est que, le plus souvent, la focalisation sur les structures a été interprétée sur un mode réaliste, donnant naissance à un courant philosophique de "réalisme structural" [Ladyman 1998]. Le réalisme structural reconduit l'idée courante qu'un paradigme véhicule avant tout une ontologie ayant sa terminologie, et que cela donne lieu à un éventuel problème de traduction avec les paradigmes antérieurs ou concurrents. Tout ce qu'il change par rapport à la conception classique des théories scientifiques est que ses entités sont identifiées au réseau formel lui-même plutôt qu'aux unités individuelles qu'on suppose habituellement reliées par lui. Mais la véritable signification de la méthode du retour aux structures va bien au-delà de celle que suggère le réalisme structural. Le principal effet concret de cette méthode est en effet d'isoler des squelettes théoriques aptes à opérer *directement* comme guides des pratiques expérimentales et de l'interprétation de leurs résultats, sans référence obligatoire, et encore moins exclusive, à une quelconque ontologie. Une structure est testable à travers le succès des pratiques orientées par elle, par-delà la variété concrète des modèles qu'y associent les chercheurs. La théorie, reconduite à ses structures sous-jacentes, n'est pas une description de la nature dans un quelconque langage, mais un cadre prescriptif des activités et des attentes au laboratoire.

On est à partir de là conduit à distinguer trois niveaux principaux d'intégration dans un paradigme :

- Le niveau des techniques, savoir-faire instrumentaux, et orientations plus ou moins explicites de l'activité de recherche vers des buts de réalisation concrète ;

- Le niveau des structures théoriques qui règlent les pratiques précédentes et en recueillent les limitations contraignantes dans un réseau normatif ;

- Le niveau des "scénarios" à teneur ontologique, qui ressemblent un peu à ces "récits d'un autre temps" qui, dans les sociétés à culture orale, offrent à la fois des aperçus de sens et des modèles de conduite. Les seules clauses de pertinence dont peuvent se prévaloir ces scénarios sont : (a) la compatibilité

avec la structure légale de la théorie (qui n'implique pour autant aucune exclusivité) ; c'est-à-dire l'occupation conforme de " noeuds " ou de " liens " de cette structure par diverses " entités ", (b) l'aptitude à concrétiser et à compléter le pouvoir régulateur de la structure théorique, et (c) la propension à motiver une grande variété de types d'investigations concrètes que ne suffirait pas à suggérer le seul formalisme ; parfois autant de types d'investigation que de scénarios compatibles avec une structure théorique donnée.

Ces trois niveaux ne sont pas certes pas indépendants " en soi ". Ils dénotent trois degrés d'analyse réflexive sur le fonctionnement des sciences physiques. L'intérêt de les distinguer consiste à pouvoir faire usage de degrés de liberté supplémentaires par rapport au bloc paradigmatique intégré tel que l'a retenu une tradition simplificatrice de la réflexion kuhnienne.

Kuhn a lui-même soutenu une définition extensive des paradigmes, qui inclut des composantes de signification bien plus larges que celles de représentations ou de systèmes de croyances intégralement *verbalisés*. Le paradigme comporte aussi et surtout un ensemble d'" engagements " (commitments) à intervenir de telle et telle manière dans la pratique expérimentale, à ne se poser que certains genres de problèmes, et à utiliser des schémas de résolution tenus pour valides. Adopter un paradigme, entrer dans le voir-comme qu'il favorise, ce n'est donc pas tant accepter une doctrine que s'être entraîné à agir (par la résolution d'exercices et la réalisation de travaux pratiques surveillés) d'une manière compatible avec sa " matrice disciplinaire ". Le paradigme, écrit Kuhn dans la *Structure des révolutions scientifiques*, sert " (...) à définir implicitement les problèmes et méthodes légitimes d'un domaine de recherche pour des générations de praticiens " [Hoyningen-Huene 1993]. Il oriente les gestes, les techniques, les choix d'appareillages, ainsi que les raisons d'accomplir et de construire. Il réside au moins autant dans des *Habitus* acquis, dans des *Savoir-faire* incarnés, que dans des *Thèmes* explicités.

Cette conception en partie *pragmatique* des paradigmes a d'importantes conséquences en termes de définition de l'incommensurabilité. Si on l'admet, l'incommensurabilité des langages et des représentations associées n'est plus strictement coextensive de l'incommensurabilité des paradigmes. Il suffirait, pour pouvoir désolidariser l'incommensurabilité des langages et l'incommensurabilité des paradigmes dans leur ensemble, de distinguer dans ces derniers les niveaux performatif, structuraux, et ontologiques qui les constituent, et de leur reconnaître un degré d'autonomie plus grand que celui que leur prescrit Kuhn (même s'ils ne sauraient être rendus complètement indépendants l'un de l'autre et opèrent en synergie).

Autonomie non négligeable des modèles vis-à-vis des pratiques et des lois, en premier lieu. On peut concevoir que des langages, des concepts, et des représentations soient (en partie au moins) intraduisibles terme à terme, alors qu'ils se rapportent en fait à un seul corpus structural et pratique. Par exemple, entre les contenus conceptuels de la théorie à variables cachées non-locale de

Bohm et ceux de la mécanique quantique standard, il n'y a guère de règles de traduction. Mais dès qu'on descend au niveau élémentaire des prédictions de phénomènes, on s'aperçoit qu'il s'agit " en fait " (c'est-à-dire sur le plan des règles d'anticipation directement articulées sur le domaine empirique) de deux réalisations du même réseau pragmatico-structural, à peine distinguées par des agrégats de métaphores différents. La pratique d'investigation est en partie la même, bien que les discours et croyances affichées divergent. A-t-on là affaire à *deux paradigmes distincts* comprenant des couches élémentaires pragmatico-structurales communes (ce qu'on devrait affirmer si l'on assimilait le paradigme au bloc intégré des *habitus*, des structures et des représentations)? Ou bien doit-on dire au contraire que la mécanique Bohmienne et la mécanique quantique standard sont deux réalisations ontologiquement divergentes d'un *même* paradigme, ce qui correspond de près aux conceptions communes des physiciens? La première option ne va pas sans soulever de grandes difficultés quant au trait majeur assigné, de manière quasi-définitionnelle, au paradigme : son *unicité* et sa stabilité. Lorsqu'on dit que les sciences fonctionnent de manière paradigmatique, contrairement à la métaphysique, par exemple, cela revient à dire que pendant une longue période de temps les chercheurs scientifiques s'accordent sur un noyau déterminant d'hypothèses et d'orientations. Pourtant, la multiplicité des représentations, des formes et des ontologies associées à une base pragmatico-structurale (partiellement) commune, est considérable, même aux époques de relative prégnance de croyances partagées. Au temps de la mécanique classique, par exemple, de multiples conceptions ontologiques cohabitaient ; surtout vers la seconde moitié du dix-neuvième siècle, au cours de laquelle des modèles de milieux continus étaient soutenus à côté de la vieille image atomiste, où l'énergétisme s'affirmait, et où des critiques convergentes de la notion newtonienne et leibnizienne de " force " se développaient. Vues de près, ces conceptions pouvaient sembler refléter des paradigmes distincts, d'autant plus que des variantes structurales distinctes pouvaient leur être associées (mécanique hamiltonienne, lagrangienne, Hertzienne etc.), et que des tendances divergentes dans les programmes de recherches allaient de pair (il suffit de comparer le programme discontinuiste de Boltzmann et le programme continuiste de Planck, dont la paternité de la théorie quantique est presque une ironie de l'histoire [Kuhn 1987], [Soler 1997]). Mais vu de plus loin tout cela ressemble aux variantes d'un même esprit d'investigation (un " air de famille ") qu'on pourrait nommer le paradigme classique au sens large, dans la mesure où les structures étaient à la fois mutuellement inter-déductibles et co-extensives, et où les ontologies partageaient de grands présupposés communs (ceux de l'individualité des entités et du caractère intrinsèque des propriétés n'étant pas les moindres). Ainsi semble-t-il possible de concilier, dans une certaine mesure, l'unicité de définition du paradigme avec la pluralité de ses réalisations représentationnelles. La seconde option, celle d'un seul paradigme avec diverses variantes, ne va

cependant pas non plus sans susciter des questions embarrassantes. La question la plus épineuse est celle-ci : qu'est-ce qui, entre les trois niveaux distingués, définit à proprement parler le paradigme? Considérons à nouveau le cas de la mécanique bohémienne. Sa structure légale empirique-prédictive est identique à celle de la mécanique quantique standard à un passage déductif près (celui de la dérivation d'une forme originale d'équation d'Hamilton-Jacobi à partir de l'équation de Schrödinger). Mais son ontologie, faite de points matériels individualisés en permanence et soumis à des champs, ressemble à s'y méprendre à la variante dominante de la mécanique classique. Quant à son programme de recherche, il est souvent hybride, combinant des démarches heuristiques typiquement classiques, et des descriptions quantiques, avec pour lien entre les deux l'expression inédite du "potentiel quantique" non-local. La mécanique bohémienne appartient-elle donc au paradigme quantique, au nom de son contenu empirique, ou au paradigme classique, au nom de sa visée ontologique? Plutôt que de s'embarasser de tels dilemmes, mieux vaudrait reconnaître une part non-négligeable de latitude mutuelle aux trois principales composantes du concept-bloc de paradigme kuhnien. Et s'il y avait absolument à désigner le "cœur" de ce concept, ce serait sans doute la structure légale-prédictive, qui constitue les objectivités propres de la théorie, borne le champ des ontologies possibles, et règle une part importante (mais pas exhaustive, comme nous allons le préciser maintenant) des pratiques.

Autonomie partielle des pratiques à l'égard des modèles et structures légales, en second lieu. On peut rencontrer des cas de divergences entre plusieurs traditions de laboratoire, entre plusieurs pratiques, alors qu'on tend à les forcer dans des langages véhiculaires, des modèles, voire des formalismes théoriques associés, essentiellement similaires. Peter Galison a donné une illustration détaillée de cette situation dans son livre *Image and Logic*, en signalant l'existence de deux sous-cultures expérimentales en physique moderne : celle de l'image (dans les chambres à bulles et autres dispositifs équivalents) et celle du dénombrement (dans des compteurs à déclenchement discret). L'une porte à établir des statistiques sur des événements disjoints, l'autre à appliquer des lois à des occurrences tenues pour individuelles : celle d'une entité microscopique identifiée manifestant ses "charges" par sa trajectoire dans divers champs, ou traduisant des règles de conservation par son mode de désintégration. Leur réunion autoritaire sous un seul cadre formel voire ontologique (celui de la description des entités "particules élémentaires") ne va pas sans artifices et paradoxes lorsqu'on conjoint l'aspect collectif de l'un à l'aspect individuel de l'autre. C'est par exemple le cas de la question des "particules indiscernables". Si l'on conserve le concept de paradigme-bloc, ces paradoxes équivalent à l'affrontement latent de paradigmes concurrents ; comme si sous couvert de deux modes expérimentaux intra-paradigmatiques on avait en vérité affaire à la trace ou à l'ébauche de paradigmes distincts. Tantôt on relève la trace performative d'anciens paradigmes, la tradition de l'image étant marquée par le

désir de perpétuer les représentations classiques par corpuscules et trajectoires. Tantôt on peut avoir affaire aux signes avant-coureurs performatifs de l'émergence d'un nouveau paradigme plus radical dans sa prise de distance vis-à-vis de la physique classique, la tradition du dénombrement étant *a priori* plus ouverte, par son agnosticisme, à des bouleversements dans les représentations. On pense ici à l'idée d'une ontologie de "sortes" plutôt que d'individus, dans laquelle des cardinaux sont définis sans que des ordinaux aient pu l'être auparavant. Doit-on dire que la variété des pratiques expérimentales s'inscrit (coûte que coûte) dans un même cadre paradigmatique, ou qu'elle manifeste des signes avant-coureurs d'éclatement du paradigme? Ici encore, plutôt que se laisser troubler par ce genre de dilemme, on est porté à assouplir et à décomposer le concept de paradigme en plusieurs moments semi-indépendants, de chronologies évolutives différentes, et de modes d'association variés.

On est en particulier amené à se demander s'il n'y a pas un fonctionnement partiellement séparé des systèmes de pratiques, avec des critères propres de cohérence ou de clôture, ainsi qu'un possible équivalent d'incommensurabilité qui ne se traduit certes pas par l'intraductibilité de certains termes, mais par l'exclusivité mutuelle des gestes et des effets expérimentaux qui en résultent. Ces systèmes de pratiques expérimentales opèreraient en sous-main soit pour assurer la cohésion d'un paradigme structural en unifiant ses méthodes en réponse à des questions elles-mêmes unifiées en dépit de la variété superficielle des images et modèles, soit au contraire pour instaurer, à travers leur multiplicité et leur incompatibilité, des tensions internes qui portent en germe une future révolution scientifique.

Telle est l'idée que suggère la latitude mutuelle des strates constitutives du paradigme. Nous devons cependant l'étayer un peu avant de la développer. Il existe bien des pratiques expérimentales différentes, voire des cultures techno-instrumentales différentes dans les laboratoires, mais en quoi cela autorise-t-il à qualifier ces différences d'"incommensurabilité", ou d'"incompatibilité"? Perçues de l'extérieur, par un ethnologue, un greffier, ou un spectateur de laboratoire, ces pratiques ne sont effectivement *que* différentes. L'inventaire des comportements, du matériel et des changements observés les caractérise suffisamment, et seuls des écarts statiques, énumérables point par point, s'y manifestent. Perçue de l'intérieur, en revanche, par un acteur de la recherche expérimentale, tout change. Chaque geste est *intentionnel*, porté par des présupposés et gouvernés par un projet. Ce sont les présupposés et le projet de recherche qui conduisent à sélectionner les actes, à les organiser en séries disjointes excluant généralement les combinaisons et donnant une signification parfois "sans commune mesure" aux résultats obtenus. Mais cela ne revient-il pas à admettre qu'en fait, la prétendue "incompatibilité/incommensurabilité" des *pratiques* ne fait que refléter celle des *théories* mises en jeu? Et n'est-on pas rabattu dans ce cas sur une conception plus orthodoxement kuhnienne de l'incommensurabilité, reposant sur la non-superposition des réseaux de

problèmes posés dans chaque cadre théorique et sur les capacités divergentes qu'ils ont à y répondre? Pas vraiment, et pour au moins deux raisons liées.

- *Première raison.* Les présupposés de la recherche ne se réduisent pas à ce qui est énoncé dans les théories et modèles qui leur sont associés. Ces présupposés (en principe explicites, mais non intégralement explicités sous peine de régression à l'infini) relèvent en grande partie de ce que M. Polanyi appelait la "dimension tacite", et que J. Searle [Searle 1983] fait relever de l'"arrière-plan" de l'action. Les savoir-faire sont la condition préalable de la constitution des savoirs, et des projets trop généraux pour être déclarés comme tels ("connaître les caractéristiques propres de cela qui est là-devant") soutiennent les projets pleinement déployés dans un cadre théorique (par exemple : déterminer le rapport charge/masse de l'électron). Les présupposés performatifs confèrent ainsi à l'horizon de sens des pratiques une certaine capacité d'affranchissement à l'égard de ce qu'en indique la théorie. Plus généralement, le simple "faire" nourri de présupposés performatifs précède et excède toute tentative d'énonciation : "We don't need the walking rule in the first place ; we just walk" [Searle 1983, 152]. Pour voir à l'oeuvre cette aptitude des pratiques à s'affranchir des cadres théoriques voire du cadre linguistique, il suffit de constater que, dans l'histoire de la physique, une expérience unique, dotée de son projet implicite, peut se trouver orientée vers la mise à l'épreuve de plusieurs théories [Galison 1987, 12], et ne devoir être que *partiellement* réinterprétée lors du passage de l'un des domaines théoriques à l'autre. Un indice corrélatif de l'enracinement anthropologique non-déclaré des arrière-plans performatifs, d'autant plus profond qu'il reste cryptique, est que ces arrière-plans peuvent inciter à maintenir l'interprétation des phénomènes en-deçà de ce que la théorie en vigueur rendrait acceptable sans artifice. On constate souvent des porte-à-faux entre un fonds de présuppositions tacites indispensables à la vie et à la communication au laboratoire, et les contraintes qu'impose un nouveau formalisme dont le champ de validité s'étend au-delà de l'environnement quotidien et des catégories véhiculaires des expérimentateurs qui cherchent à le tester. Parmi les porte-à-faux de ce genre, ceux de la physique quantique sont les plus connus. De nombreux paradoxes de la physique quantique ne se comprennent aisément que lorsqu'on les attribue au conflit entre des présupposés performatifs de l'activité humaine toujours actifs à l'échelle mésoscopique, y compris l'activité expérimentale, et la structure des prévisions fournies par la théorie. Ces paradoxes peuvent dès lors être considérés comme un signe indirect des limites de la dépendance des présupposés performatifs à l'égard du cadre théorique.

- *Deuxième raison.* Une méthode expérimentale, gouvernée par la *Weltanschauung* d'une culture, peut infléchir de manière ascendante l'orientation théorique. Une excellente illustration de ce cas est offerte par la "révolution chimique" de Lavoisier. Après s'être entourée de précautions, B. Bensaude-Vincent finit par désigner le facteur central de la révolution de

Lavoisier, celui qui a commandé le basculement théorique plutôt qu'il n'en a été la conséquence : l'utilisation systématique, valorisée, voire exaltée de la *balance* [Bensaude-Vincent 1993]. C'est la réflexion sur la place déterminante de la balance et de l'acte de pesée qui la conduit à résumer : " Des pratiques instrumentales peuvent non seulement provoquer le renversement d'une doctrine, mais elles modifient même les normes ou exigences d'explications " [Bensaude-Vincent & Stengers 2001, 11]. Comment cela peut-il s'expliquer? L'enjeu est ici d'identifier le vrai statut de l'instrument et des pratiques instrumentales, intermédiaire entre un instrument indifférent, source neutre de renseignements pour les partisans de diverses théories (empirisme), et un instrument dont la conception et l'usage sont déterminés par un modèle théorique susceptible d'une complète énonciation (version langagière de holisme gnoséologique). Ni conforme au seul empirisme, ni intégralement explicable dans le cadre du holisme gnoséologique, le rôle de l'instrument acquiert en fait une importance à laquelle il ne pourrait prétendre selon aucune des deux doctrines épistémologiques précédentes. D'un côté, il faut admettre que la balance et son utilisation pour évaluer les gains et pertes de matière dans une transformation, étaient loin d'être inconnus en chimie avant Lavoisier. C'est là l'aspect empiriste du statut de l'instrument, et beaucoup d'historiens des sciences s'en sont prévalus pour minimiser son rôle dans la révolution chimique de Lavoisier. Mais d'un autre côté, Lavoisier fait acquérir à la balance une place quasi-exclusive dans son argumentation, dans ses pratiques quotidiennes, dans le traitement de questions qui ne relevaient pas avant lui de son utilisation. Une telle centralité acquise de l'instrument de pesée pourrait se comprendre dans le cadre d'un holisme théorético-expérimental à dominante théorique, si l'on admettait que c'est la théorie nouvelle, avec son modèle combinatoire et ses principes de conservation, qui exige l'utilisation de la balance et en gouverne l'emploi. À l'examen, cependant, on s'aperçoit que ni l'épistémologie ni la démarche de Lavoisier ne s'accordent avec une telle forme d'a priorisme théorique. Un troisième facteur intervient chez lui en sous-main, qui n'est ni empirique ni théorique mais *axiologique*. Une axiologie qui, en plus, dépasse nettement le cadre restrictif des valeurs cognitives partagées par les membres de la communauté restreinte des chercheurs. La balance est souvent présentée par Lavoisier comme symbole de précision, de justice, de mesure en un sens non seulement métrique mais éthique. Et c'est en s'appuyant sur cette survalorisation culturelle (le plus souvent tacite, mais inscrite en filigrane dans le caractère sans appel des affirmations et des choix) que les résultats en provenance de la balance acquièrent leur force de conviction rhétorique, devant les académies et dans les publications. La théorie est dès lors tenue de rendre raison en priorité, si ce n'est exclusivement, des données en provenance de la pesée (acte de haute portée symbolique, à cette époque de réflexion radicale sur la légitimité des pouvoirs), et toutes les catégories théoriques sont élaborées en conséquence. Au lieu de rester une simple ressource informative parmi d'autres,

la balance (avec ses pratiques associées) est devenue une norme épistémologique. Son usage exclusif, commandé par une valeur de grande extension culturelle, a imposé une marque décisive à la théorie dont le développement est conditionné par cette culture.

On commence à comprendre à partir de là qu'il puisse y avoir " incompatibilité/ incommensurabilité " des *pratiques*, de manière relativement indépendante de l'incompatibilité/ incommensurabilité des contenus théoriques. Cette sorte d'incompatibilité bien à elles leur vient de l'incompatibilité des arrière-plans de valeurs qui les gouvernent (et qui ne s'identifient pas forcément à celles qui gouvernent l'édifice théorique). Par ricochet, la forme restreinte d'" incommensurabilité " qui concerne les pratiques peut induire une part d'" incommensurabilité " entre une théorie qui prend une certaine activité expérimentale pour référence méthodologique, et une autre théorie dont l'activité expérimentale de référence est différente.

Etudier le rôle que jouent les pratiques de laboratoire me semble donc un complément indispensable à l'analyse fine et détaillée du langage méta-scientifique dans l'analyse de la question de l'incommensurabilité. Cela ne ferait après tout que réactiver le contenu métaphorique du terme même d'incommensurabilité : absence d'une commune mesure ; absence de procédure d'étalonnage commun par rapport à laquelle comparer des séries disjointes de phénomènes apparaissant dans des conditions elles-mêmes disjointes.

Afin d'amorcer cette étude des pratiques de laboratoire, je prendrai pour fil directeur la démarche d'Andrew Pickering, quitte à la discuter chemin faisant.

L'étape initiale du travail, dans la section 2 qui suit, consistera à montrer comment les pratiques expérimentales peuvent être tenues pour le pivot du travail scientifique, par-delà l'habituel face-à-face entre leurs produits (les phénomènes) et leurs motivations (les assertions théoriques). Il deviendra à partir de là vraisemblable que le facteur d'incommensurabilité " performative " puisse acquérir une importance centrale plutôt que marginale.

À la section 3, la répartition habituelle des rôles entre un sujet qui propose une théorie, et une chose-nature qui donne son verdict de validité sera radicalement mise en cause. On commencera à comprendre à partir de là que s'il doit y avoir une part d'incommensurabilité entre " paradigmes ", elle ne peut être ni dictée par un choix (" subjectif ") de réseaux distincts d'énoncés et de termes, ni imposée par les domaines (" objectifs ") dont il s'agit de rendre raison, mais co-produite à l'interface.

La section 4 montrera comment concevoir cette notion de co-production : en tant que dialectique, ou boucle de rétro-action, interne au réseau des pratiques.

Le propos de la section 5 est d'élargir le champ de la " *sous-détermination* des théories scientifiques " à la plasticité des activités expérimentales. Cela conduira à atténuer plus encore, si besoin est, le caractère tranchant, irrémédiable à première audition, du concept d'incommensurabilité dans sa dimension historique. Au sein de la dynamique des activités d'élaboration des

connaissances, l'“ incommensurabilité performative ” apparaîtra elle-même comme un simple instantané.

La section 6 a une importance particulière pour la question de l'incommensurabilité, puisqu'elle vise à montrer en quoi consiste l'équivalent néo-pragmatiste du “ paradigme ” : un cercle auto-consistant de pratiques et de guidage théorique. Le caractère apparemment discontinu du passage d'un paradigme à l'autre s'explique ainsi par la nécessité de refondre entièrement un cercle de ce type afin d'atteindre à nouveau à l'auto-consistance.

Enfin, la section 7 portera sur ce que je soupçonne être au coeur du concept de paradigme (et, partant, des éventuelles incommensurabilités) : les structures formelles des théories physiques.

2-L'engrenage des pratiques

La conception d'Andrew Pickering a pris le nom suggestif d'*engrenage des pratiques* (traduction approximative de *Mangle of Practice*), parce que c'est, selon Pickering, d'un mécanisme complexe, incluant des éléments cognitifs, normatifs, sociaux, matériels, technologiques, interprétatifs, formels etc. qu'est issue ce que nous finissons par prendre pour notre durable “ image du monde ”. Cette approche a été formulée sans rapport apparent avec les problèmes d'interprétation soulevés par la mécanique quantique, mais, ainsi que nous allons le voir, elle s'avère éclairante dans ce domaine.

L'option fondamentale de Pickering consiste à inverser le rapport traditionnel entre l'idiome représentationnaliste de la théorie de la connaissance et l'“ idiome performatif ” des expérimentateurs. Loin de tenir le second pour un simple auxiliaire du premier qui serait seul détenteur de vérité, il considère que le premier est dérivé du second par cristallisations ontologiques successives. Sa filiation est pragmatiste, comme le montrent ses références répétées à James et à Dewey [Pickering 1995, 179].

Le principe de sa démarche consiste à refuser de se placer d'emblée du point de vue du résultat achevé des pratiques expérimentales et conceptuelles des chercheurs, c'est-à-dire d'un point de vue où l'on se considère autorisé à établir une distinction nette entre ce qui revient à des objets et ce qui revient à l'intervention des sujets [Latour 1997]. Au lieu de cela, on suit d'aussi près qu'on le peut le cours de ces pratiques, qui consistent indissolublement en actions-des-sujets-dans-le-réel, sans qu'une division interne à cet égrènement de termes joints par des traits d'union, ne soit possible ou même nécessaire à ce stade. Le retour au moment du surgissement performatif indifférencié des sciences une fois accompli, la question qui se pose n'est plus celle de la correspondance entre des connaissances humaines et une nature extérieure pré-constituée, mais celle de la co-stabilisation *dans la pratique* :

(a) de processus ou objets qui puissent être traités comme s'ils étaient indépendants de cette pratique, et

(b) de contenus théoriques qui, par-delà leur valeur d'instrument prédictif, soient interprétables comme descriptions *de* ces processus ou objets.

Autrement dit, on ne se demande plus comment il est possible qu'une théorie soit la représentation fidèle d'une réalité indépendante, mais comment s'élaborent dans l'activité des chercheurs à la fois la relation de représentation *et* les conditions pour que les termes de cette relation puissent être considérés séparément l'un de l'autre en fin de parcours. On ne s'inquiète plus de savoir si une correspondance *existe* (question de toutes manières indécidable, en raison du vieil argument du "diallèle" [Kant 1800, 54]³) mais par quel chemin performatif et adaptatif a été *instaurée* une situation qui permette de s'exprimer *comme si* il y avait correspondance.

L'axe central des pratiques de la recherche est l'instrumentation expérimentale, ou plus largement l'ensemble des outils et des "machines" utilisés au laboratoire. Les instruments incarnent en premier lieu un *projet* d'investigation parce qu'ils sont orientés tantôt vers la production des conditions qu'on désire explorer, tantôt vers la mesure de variables tenues pour pertinentes. Et ils représentent en deuxième lieu le site de manifestation des *obstacles* qui s'opposent au bon déroulement des plans conçus au départ parce que leur agencement laisse subsister une part incontrôlée d'où peut surgir l'inattendu. À vrai dire, ils combinent étroitement ces deux caractéristiques, car ils ne laissent transparaître les obstacles qu'à travers la grille de lecture imposée par le projet (implicite et explicite) qui a présidé à leur conception.

L'instrumentation étant l'axe central des pratiques de recherche, et les pratiques de recherche étant l'axe central à partir duquel peut émerger une structure évoquant une représentation de la nature par la théorie, la question de l'incommensurabilité devrait se discuter au moins autant au niveau de cet axe central, de ses valeurs directrices et de ses présupposés sous-jacents, que de ses produits dérivés (les phénomènes, le formalisme théorique, et les engagements ontologiques).

3-Contraintes ou résistances?

Puisque les obstacles sont informés par un projet d'action incorporé dans l'appareillage, et qu'ils surgissent seulement en réponse ordonnée à une mise en oeuvre elle-même ordonnée de l'instrumentation, Pickering estime qu'il est peu judicieux de les nommer des "contraintes". Selon lui, en effet, le terme "contrainte" connote le caractère statique et pré-donné de l'obstacle : "le langage de la contrainte est le langage de la prison : les contraintes sont toujours là, exactement comme les murs de la prison, bien que nous ne nous heurtions à eux qu'occasionnellement (et que nous puissions apprendre à ne jamais nous y

³ " (...) Puisque l'objet est hors de moi et que la connaissance est en moi, tout ce que je puis apprécier c'est si ma connaissance de l'objet s'accorde avec ma connaissance de l'objet. Les anciens appelaient diallèle un tel cercle dans la définition".

heurter) ” [Pickering 1995, 66]. Au contraire, le terme “ résistance ” suggère la réciprocité d’une réaction répondant à l’action. L’eau de l’océan dresse par exemple une *résistance* à l’avancée d’un navire. La résistance de l’eau, avec sa structure directionnelle et son intensité, *émerge* en même temps que l’acte planifié (la progression dirigée du bateau) auquel elle s’oppose. “ (...) On doit considérer la résistance comme authentiquement émergente dans le temps, à la manière d’un bloc surgissant (...) à l’encontre de tel ou tel moment d’une pratique orientée vers un but ” [Pickering 1995, 67].

La conséquence attendue de ce changement de vocabulaire et de concepts connotés, est la diminution des tentations *d’investissement ontologique* des obstacles rencontrés par la recherche. Les “ contraintes ” risquent d’être tenues pour quelque chose qui *existe* déjà, qui est pré-formé de toute éternité dans les objets visés par les chercheurs, et que les théories scientifiques ont à découvrir puis à représenter. Au contraire, les “ résistances ” sont structurées par la pratique ; elles ne sont dues ni exclusivement au milieu exploré ni exclusivement au projet d’exploration mis en oeuvre mais au concours (*a priori* indémêlable) des deux termes. Ici, ce qui se voit hypothétiquement attribuer l’antécédence nécessaire pour être ontologisé (le “ milieu ”), n’est pas supposé posséder de lui-même les structures qui se prêtent à la représentation. Inversement, les structures qui surgissent en réaction à une activité ordonnée, et qui sont pour leur part représentables, ne sont pas supposées avoir le degré d’indépendance qui leur conférerait une dignité “ Ontologique ” au sens le plus fort, pré-quinien, de ce terme.

I. Hacking, qui soutient également, au vocabulaire près, ce passage des “ contraintes ” aux “ résistances ”, en donne une formulation volontairement provocatrice : les chercheurs scientifiques n’expliquent pas tant, selon lui, les phénomènes, qu’ils ne les “ créent ” par leur activité d’investigation [Hacking 1983, 355]. Le problème est qu’une fois cette thèse très forte affirmée, I. Hacking se trouve conduit à des aménagements, à des reculs partiels, et à des concessions (peut-être excessives).

Tout d’abord, Hacking considère qu’il y a quelques exceptions à cette thèse générale de la “ création ” des phénomènes reproductibles dont doivent rendre compte les théories scientifiques. L’une d’entre elles est (évidemment, a-t-on envie de dire) celle des phénomènes astronomiques. Cette exception ne fait cependant, commente Hacking, que confirmer indirectement la règle par le fait même de sa *rareté* : il serait difficile de trouver ailleurs qu’en astronomie d’authentiques phénomènes reproductibles pré-existants.

Par ailleurs, pour ce qui est des phénomènes ou “ effets ” obtenus au laboratoire (comme l’“ effet Hall ” ou l’“ effet Josephson ”), I. Hacking admet qu’ils ne sont pas vraiment *créés* de toutes pièces mais simplement *isolés* et *purifiés* à partir d’un devenir naturel complexe. L’idée courante selon laquelle les “ effets ” attendaient tels quels dans la nature qu’on les découvre, provient selon lui d’une distorsion imposée par une relecture théorique *a posteriori*, une

fois leur procédure d'isolement achevée. Car c'est seulement si l'on se fie à cette relecture qu'on est tenté de croire que la complexité du devenir naturel résulte d'une composition des divers "phénomènes" ou "effets", au lieu de reconnaître qu'à l'inverse c'est par une procédure de dé-composition menée à bien au sein du flux naturel qu'on est parvenu à y circonscrire des "phénomènes" ou "effets".

Telles sont les deux concessions consenties par Hacking à l'affirmation courante d'une pré-existence des phénomènes dans la nature. Si l'on y regarde de près, cependant, on s'aperçoit que leur importance aurait pu être réduite à condition d'aller jusqu'au bout des perspectives ouvertes par les sciences cognitives et la physique moderne.

En premier lieu, l'idée d'une pré-donation des "phénomènes" ou régularités astronomiques ne semble aller de soi que parce que les conditions de leur constitution sont banales ; trop banales pour qu'on y prête attention. Afin qu'émergent des régularités sidérales, il faut s'être auparavant donné les moyens de *réidentifier* des corps célestes, à travers la succession des jours et des nuits, ou avant et après leur occultation par des nuages. Il faut aussi, dès qu'on les a réidentifiés, les *suivre* perceptivement (ou à l'aide de détecteurs et de procédures de traçage angulaire automatique) le long de leur trajectoire ; il faut *repérer* leurs positions relatives et les variations de ces positions relatives ; il faut pour cela organiser des systèmes de coordonnées appropriés. Sans ces procédures de réidentification, de traque, et de repérage mutuel, pas de régularité et donc pas de "phénomène" astronomique à "sauver" par quelque "système du monde" que ce soit. La seule raison qui semble justifier qu'on passe sous silence cette activité de constitution des phénomènes astronomiques est qu'elle est en grande partie isomorphe, avec un degré de systématisme en plus, à l'activité de constitution des "événements" et des "choses" de l'environnement familier. Cette dernière allant de soi, du moins avant qu'on se soit heurté à la difficulté de la reproduire par des procédés d'intelligence artificielle, rien n'obligeait à l'explicitement parmi les préalables nécessaires à la définition des phénomènes astronomiques. Plutôt que de la pré-donation des phénomènes astronomiques, il faudrait donc parler de leur pré-constitution par le biais de couches d'activités qui anticipent l'oeuvre scientifique.

En second lieu, l'image d'une simple *dé-composition* de la complexité naturelle en faisceaux d'"effets" produits au laboratoire, est très en retrait par rapport à la conception du phénomène qu'on a été conduit à adopter en mécanique quantique⁴. Selon Bohr, par exemple, non seulement le phénomène

⁴ Il est vrai que cette image semble retrouver une certaine actualité dans *d'autres* interprétations de la mécanique quantique, comme celles qui sont basées sur la logique quantique ou les théories à variables cachées. Mais à la réflexion, ce retour s'apparente à un faux-semblant. L'écheveau de processus naturels "indépendants" que les théories à variables cachées conduisent à se représenter reste, de leur propre aveu, principalement hors d'atteinte de l'expérience ; et ce qui est accessible à l'expérience est un phénomène "contextualiste" qui fait intervenir, de façon inanalysable par toute expérience supplémentaire, quelque chose qui revient au processus imaginé et quelque chose qui revient au fonctionnement de l'appareillage. Quant aux interprétations fondées sur

n'est pas quelque chose qu'on puisse traiter comme s'il survenait spontanément dans la nature, mais il n'est même pas quelque chose qu'on pourrait séparer du devenir naturel par un procédé volontaire d'analyse. L'instrumentation expérimentale ne joue pas seulement chez lui le rôle d'un moyen permettant de *mettre en évidence* ou d'*isoler* des phénomènes déjà disponibles ; elle participe indissolublement à leur *définition* par son architecture, voire à leur *production* par ses phases singulières de fonctionnement à la fois incontrôlables et irréversibles⁵. Au demeurant, sauf à avoir recours à des “ variables cachées ”, le formalisme quantique ne se laisse pas interpréter comme description d'occurrences survenant d'elles-mêmes (aussi enchevêtrées soient-elles) au sein du milieu naturel microscopique [Bitbol 1996]. En raison du “ principe de superposition ”, ce que le phénomène comporte de *détermination*, c'est-à-dire de stricte opposition à l'égard d'une liste donnée d'autres phénomènes possibles, n'a en effet aucune contrepartie dans le symbolisme de vecteurs d'état utilisé pour prédire les résultats d'expériences portant sur une préparation de ce milieu. En résumé, la procédure expérimentale peut être dite ici “ créer le phénomène ” en un sens beaucoup plus fort que celui dont Hacking avait fini par se contenter à la suite de sa concession.

Il reste à ce stade à affronter ce que l'expression de Hacking “ création du phénomène par l'expérience ” a de choquant. N'a-t-on pas ici l'impression que quelque chose de l'ordre de la décision arbitraire de l'expérimentateur est intervenu, alors même que le but des sciences est de s'en affranchir? Il n'en est rien. Rappelons qu'en physique microscopique le phénomène lui-même n'est *pas* déterminé dans sa singularité par une décision de l'expérimentateur. Sa capacité à manifester d'éventuelles “ résistances ” reste donc intacte. Seule la gamme de possibles dont il actualise l'un des éléments dépend de la matérialisation d'un projet de recherche, à travers l'utilisation de certaines pièces d'appareillage conçues et construites par une équipe d'expérimentateurs. Ce projet n'a par ailleurs lui-même rien d'arbitraire ; il s'inscrit dans le prolongement méthodique d'une histoire du processus de recherche que les nombreuses “ résistances ” rencontrées dans le passé n'ont pas manqué d'infléchir.

Ceci étant acquis, nous sommes conduits à retourner notre attention vers l'origine psychologique et doctrinale du soupçon suivant lequel la conception

la logique quantique, les propriétés non-booléennes dont elles peuplent la nature peuvent trop facilement être lues comme autant de *projections ontologiques* de phénomènes relatifs à des contextes instrumentaux parfois incompatibles. Cela d'autant plus qu'elles ne sont pas aussi générales que les phénomènes contextuels : des propriétés, fussent-elles non-booléennes, exigent un *support*, alors que des phénomènes ne requièrent que des *circonstances d'apparition*. Face aux théories quantiques des champs, qui rapportent les supports traditionnels (les “ particules ”) à de simples valeurs entières d'observables “ Nombre ”, une conception qui fait l'économie du concept formel de “ support de propriétés ” acquiert un avantage incontestable.

⁵ La question de savoir à quelles époques de sa vie, et surtout jusqu'à quel point, Bohr s'en est tenu à cette conception strictement holistique et émergentiste du phénomène a été très discutée [Faye 1991, 193]. Il faut cependant reconnaître que, par-delà les conflits internes au système de priorités philosophiques de Bohr, c'était bien vers *cette* position que conduisaient les plus audacieuses de ses analyses.

des *résistances* développée par les philosophes des sciences néo-pragmatistes revient à soutenir que les faits sont “ fabriqués ” par le sujet expérimentateur. Un tel soupçon, courant, presque lancinant, est avant tout révélateur du cadre de pensée de ceux qui le formulent. Dans le contexte de l’alternative dualiste de la théorie de la connaissance, il est en effet naturel de considérer que si le phénomène isolé et “ mis en évidence ” par l’expérience ne peut pas être reconduit à l’objet, et à l’objet *seul*, c’est parce que le sujet l’a altéré ou fabriqué à *lui seul*. Mais dans le cadre d’une conception émergentiste, la perspective change du tout au tout : la stricte répartition des tâches entre un objet stabilisé et un sujet cognitif et social apte à le décrire est ici un aboutissement souhaité de l’entreprise d’investigation plutôt qu’une donnée de départ. Ni attribuable isolément à l’objet, ni fabriqué en partie ou en totalité par le sujet, le phénomène surgit à l’intérieur d’un processus intriqué qui permettra peut-être plus tard de mettre à part ce qui revient à des “ objets ”, à des “ instruments ”, et à des “ orientations individuelles et sociales ”.

Dans sa discussion du concept de paradigme, Kuhn s’approche de la thèse émergentiste, mais demeure souvent en-deçà d’elle par l’évocation répétée d’une dualité quasi-kantienne entre l’équivalent de la chose en soi et l’équivalent des formes *a priori* de la sensibilité et de l’entendement. S’il admet que “ (...) les sujets épistémiques sont co-constitutifs (d’un) monde (...) ” [Hoyningen-Huene 1993, 33], c’est uniquement au sens où ils imposent leur regard, leur façon de percevoir, à une nature “ intouchée et non-influencée par les changements révolutionnaires dans les sciences ” [ibid.]. Dès lors, l’incommensurabilité a toutes les chances de rester confinée au niveau des structures perceptives collectives, subjectives au sens large, et de ne pas vraiment concerner le continuum naturel. Elle dénote un cadre durable d’attentes perceptives. À l’inverse, des partisans d’un relativisme ontologique, comme N. Cartwright, pourraient affirmer que l’incommensurabilité est celle *des* régions du monde elles-mêmes, d’un monde intrinsèquement “ tacheté ” [Cartwright 1999], et non pas celle des sujets qui les perçoivent. Mais si l’on se garde de cette concession au dualisme, la question de savoir lequel des deux pôles du processus épistémique est *en permanence* concerné par l’incommensurabilité perd tout son sens. Née dans le processus qui conduit à définir des domaines et objets d’étude, au sein de l’axe central des pratiques, l’incommensurabilité des catégories organisatrices peut se voir tour à tour projetée sur le sujet ou sur le monde sans que cette projection ait la moindre portée métaphysique.

4-L’accommodation, au sens technique aussi bien que théorique

Le travail scientifique progresse, rappelle Pickering, à travers une dialectique des *résistances* et de l’*accommodation* à ces résistances [Pickering 1995, 22]. Pour comprendre la complexité d’une telle dialectique, il faut commencer par rappeler que les résistances se manifestent en tant qu’*écarts* à ce qui était

attendu dans le cadre d'un projet général impliquant à la fois : des valeurs cognitives et éthiques, des préjugés métaphysiques thématés ou latents, les circonstances sociales, culturelles, historiques, ou économiques qui favorisent ces valeurs et ces préjugés, une théorie scientifique à large domaine de validité, une théorie du processus expérimental, un appareillage construit en fonction de cette théorie locale, et enfin des éléments de " culture matérielle " (au sens de savoir-faire technique) qui permettent de mener à bien les expérimentations. Lorsqu'une résistance survient, c'est *chacune* des composantes du projet d'investigation qui se trouve en situation d'être interrogée, et éventuellement modifiée, afin d'aboutir à l'accommodation souhaitée. Par-delà la théorie scientifique générale et la théorie partielle instrumentale, qui sont souvent considérées comme les seules variables d'ajustement, la pression des résistances peut aussi conduire à modifier, en aval, la constitution et le plan de fonctionnement de l'appareillage, ou bien, en amont, les grandes valeurs portées par la société environnante.

J'insisterai ici sur l'opportunité, rarement analysée, de modifier les techniques. Lorsqu'une théorie ne permet pas (ou plus) d'anticiper une certaine classe de phénomènes, il arrive que le travail d'adaptation le plus fécond ne porte pas sur elle (ou pas *que* sur elle), mais également sur les phénomènes qui lui sont opposés, c'est-à-dire sur leur production instrumentale. Un exemple connu est discuté par I. Lakatos [Lakatos 1978]. En 1913, une théorie quantique, celle de l'atome de Bohr, permettait de dériver pour la première fois avec la plus grande précision le spectre de l'atome d'hydrogène tel que l'avait établi expérimentalement Balmer quelques décennies plus tôt. Dès la fin de 1913, cependant, l'expérimentateur Alfred Fowler opposa à Bohr un spectre de tube à décharge qui s'écartait notablement des spécifications de la théorie à peine née. De nouvelles raies attribuées à l'hydrogène avaient des fréquences correspondant à des valeurs demi-entières du nombre de quantification de Bohr. Bohr soupçonna alors (et calcula) que ces nouvelles raies pouvaient correspondre aux transitions discrètes d'un atome d'hélium à moitié ionisé, auquel il reste un seul électron. Il suffit dans ce cas à Bohr de proposer une modification de la préparation expérimentale, consistant à remplacer les mélanges d'hydrogène et de traces d'hélium utilisés jusque là par des mélanges d'hélium et de traces de chlore " catalytique ", pour tester l'hypothèse que les raies " demi-entières " correspondaient à l'hélium ionisé. La proposition de Bohr, couronnée de succès, consistait en une demande de " purifier " suffisamment les phénomènes par modification des conditions expérimentales pour leur faire atteindre le degré de définition qu'exigeait la théorie. D'autres suggestions de correction portent non pas sur la préparation expérimentale mais directement sur l'appareillage de mesure. Et d'autres sources de réorientations expérimentales peuvent venir (comme chez Lavoisier) non pas tant de la théorie, que des valeurs culturelles sous-jacentes. Les résistances rétro-agissent donc

parfois non pas sur le corpus de théories et présuppositions testé, mais sur les moyens performatifs et technologiques du test.

Ainsi voit-on comment l'approche émergentiste et accommodative rend caduc le face-à-face rigide entre des " faits " pré-donnés et une communauté de chercheurs, qui constituait le champ clos du débat traditionnel entre réalistes et constructivistes. Le jeu des pratiques est ici le creuset où *tous* les moments de l'histoire adaptative sont susceptibles d'entrer en fusion, successivement ou simultanément. D'un côté il donne naissance à un " (...) processus délicat et indéfiniment ouvert de reconfiguration de la culture *matérielle* scientifique en vue d'obtenir des manifestations matérielles qui puissent être précisément alignées avec les structures conceptuelles " [Pickering 1995, 97]. Et d'un autre côté, comme le soulignent aussi bien Laudan [Laudan 1984] que Pickering, les intérêts des acteurs sociaux de la recherche, une bonne partie des valeurs qui les orientent, et la culture intellectuelle qu'ils véhiculent, sont également remodelés après coup ou simultanément par les nécessités de l'accommodation. On en vient ainsi à admettre que " (...) rien de substantiel [ni monde extérieur ni sujet connaissant] n'explique ou ne contrôle l'extension de la culture scientifique. La culture existante est la surface émergente de sa propre extension, dans un processus de modélisation indéfiniment ouvert qui n'a aucun but donné ou connaissable par avance " [Pickering 1995, 146].

L'une des clés du changement de perspective sur les sciences que propose Pickering est son remplacement des problématiques impliquant une causalité linéaire (entre la réalité et sa représentation, ou bien entre les structures cognitives et la théorie qu'elles avancent), par le concept d'un système cybernétique évolutif d'avancées et d'ajustements rétro-actifs.

5-La sous-détermination au sens pragmatique : un débat actuel

Sous ces hypothèses épistémologiques, on aboutit à une forme nouvelle de la thèse de la sous-détermination radicale des théories scientifiques (ou thèse de Duhem-Quine). Selon Hacking il s'agit même d'une version renforcée et élargie de cette thèse. Dans sa forme originale celle-ci consistait à affirmer que bon nombre de théories générales peuvent être soutenues face à un ensemble fini de " faits ", pourvu que l'on modifie de façon appropriée *la théorie locale du fonctionnement de l'appareillage*, et que l'on remodèle ainsi la signification de ces faits. Dans la forme néo-pragmatiste de la thèse de la sous-détermination, de nombreuses théories générales peuvent être soutenues face à un ensemble fini de phénomènes, pour peu que l'on transforme adéquatement *le dispositif expérimental lui-même* (et pas seulement la théorie de son fonctionnement) en tant qu'il contribue à produire les phénomènes auxquels la théorie est confrontée. La *plasticité* du système de la recherche, sur laquelle repose la thèse de Duhem-Quine, est ici portée à un degré inégalé puisqu'elle s'étend aux conditions instrumentales mêmes qui participent à la production des

phénomènes. Les “résistances” ne sont pas pour autant niées ici, pas plus que les “faits” ne l’étaient dans la version originale de la thèse de la sous-détermination. La part des facteurs modifiables lors de la négociation dialectique qui aboutit à une théorie adéquate aux phénomènes a simplement été étendue aux manipulations techno-expérimentales, au lieu d’être limitée à leur interprétation théorique.

On ferait, il est vrai, peu de cas de la lucidité de P. Duhem, si l’on affirmait qu’il n’a jamais envisagé la possibilité d’un ajustement de l’instrumentation et des projets expérimentaux dans l’activité globale du physicien. Cependant, cet ajustement ne se voit offrir par Duhem aucun rôle explicite dans la mise en cause holistique des systèmes scientifiques. Seul demeure en fin de compte le face-à-face entre phénomènes et ensembles de *propositions* théoriques, le mode expérimental de “production” du phénomène restant à l’arrière-plan: “La seule chose que nous apprend l’expérience, c’est que, parmi toutes les propositions qui ont servi à prévoir ce phénomène et à constater qu’il ne se produisait pas, il y a au moins une erreur; mais où gît cette erreur, c’est ce qu’elle ne nous dit pas” [Duhem 1906, 281]. Toute la différence entre le “fait scientifique” et le “fait brut” se trouve ramenée par Duhem à l’encadrement théorique du premier, qui manque au second. Chaque encadrement théorique fédère un grand nombre de constats de laboratoire ou “faits bruts” (actuels et potentiels) en un seul “fait scientifique”; et à l’inverse chaque “fait brut” est susceptible de multiples interprétations théoriques et donc de modes variés d’articulation avec d’autres “faits bruts” en “faits scientifiques”. Mais rien ou peu de chose sur la manière dont les “faits bruts” eux-mêmes sont modelables à travers un processus complexe associant interprétation théorique, pression de valeurs cognitives parfois tacites, et modifications de choix instrumentaux, ce qui sous-détermine encore plus le type d’ajustement adaptatif à effectuer face à une “résistance”.

Les conséquences d’un élargissement des cas de sous-détermination ne sont pas négligeables pour le sort de la thèse de l’incommensurabilité. La sous-détermination des théories, si elle est radicale, ravale l’incommensurabilité éventuelle de deux paradigmes successifs à une simple question de commodité, de simplicité ou d’économie. Lors d’une époque de crise, il était plus commode, plus simple, plus économique, de changer radicalement de réseau de concepts et de questions pertinentes pour rendre raison d’une gamme élargie de phénomènes. Mais à l’examen (et souvent de manière rétrospective), on s’aperçoit que rien n’interdisait *formellement* de maintenir un degré de conservatisme plus élevé que celui qui avait été envisagé au départ. On aurait pu continuer à concevoir la physique microscopique comme une variété (altérée par les “potentiels quantiques de Bohm) de mécanique corpusculaire, largement commensurable sur le plan conceptuel avec la mécanique classique. On aurait pu continuer à traiter la théorie de la gravitation dans un cadre géométrique euclidien (quadri-dimensionnel, et rempli par un tenseur d’impulsion-énergie

approprié), au lieu de recourir à la géométrie riemannienne et au concept de géodésique, incommensurable avec celui de force. Les complexités et les composantes quelque peu “ ad hoc ” de ces formes théoriques alternatives inhibent il est vrai la tentation d’y avoir recours. Mais le seul fait de leur existence montre que l’incommensurabilité (de toutes manières partielle) n’est qu’une option parmi d’autres, dans l’éventail d’options offert par la sous-détermination des théories.

L’amplification de la sous-détermination qui consiste à ajouter le choix des procédures expérimentales et la transformation des phénomènes “ produits ” par ces procédures aux paramètres d’ajustement dont disposent les chercheurs, ne fait dans ces conditions que diminuer le caractère de nécessité du changement de paradigme, et rend plus facultative encore la succession de paradigmes authentiquement incommensurables. L’incommensurabilité apparaît ici plus clairement que jamais comme le fruit d’une option plus ou moins consciente, d’une bifurcation consentie dans “ l’engrenage des pratiques ”, et elle est de ce fait toujours susceptible d’être surmontée par un retour aux conditions performatives qui lui ont donné naissance.

A la réflexion, on s’aperçoit cependant que le cadre historiciste adopté par les philosophes des sciences néo-pragmatistes n’a pas seulement pour conséquence d’étendre le champ de la sous-détermination *de principe* des théories scientifiques ; il suggère aussi une explication plausible du fait que la sous-détermination *effective* de ces théories est très faible. Le nombre de degrés de liberté de la créativité conceptuelle, axiologique, et matérielle, est en effet considérablement amoindri par la condition de continuité de chaque avancée future avec la trajectoire historique qui a mené à l’état présent des sciences. On reconnaît ainsi que la contingence n’est en aucun cas synonyme d’arbitraire. *Pour quelqu’un qui participe au développement cognitif*, les possibilités de s’écarter de son cours sont en définitive assez restreintes, même s’il apparaît, *d’un point de vue qui se voudrait extérieur à la séquence évolutive*, que les choses auraient pu se passer autrement. A partir de là, un genre inédit de divergence est apparue entre les divers partisans de la conception néo-pragmatiste du développement des sciences. Contre Pickering, qui insiste sur la sous-détermination de principe, en invoquant par exemple la possibilité que la physique contemporaine n’ait pas pris la voie qui l’a conduite à postuler l’existence des Quarks, Hacking pense que la seule question intéressante à se poser est celle de la détermination de fait des théories : “ La tâche philosophique est moins de comprendre une indétermination que nous sommes capables d’imaginer mais dont nous ne pouvons pas faire l’expérience, que d’expliquer la remarquable détermination des sciences de laboratoire arrivées à leur phase de maturité ” [Hacking 1992].

Une question connexe est celle de savoir si, par-delà la sous-détermination de principe des théories, liée à la variété des trajectoires historiques possibles du processus de la recherche, ne s’en dégagent pas quelques invariants universels.

Hacking a esquissé cette interrogation [Hacking 1999], mais il l'a restreinte à une comparaison entre l'historicisme relativiste de Pickering et le réalisme scientifique. Après tout, remarque Hacking, un réalisme scientifique de type "convergent", entièrement tendu vers le futur, n'est pas forcément en contradiction avec la contingence historique de l'état présent de la science. Il n'exclut pas en effet que les voies pour parvenir au lointain objectif de la fidélité au réel soient multiples, voire pragmatiquement incommensurables du fait de leurs différentes cultures expérimentales. Dans cette perspective, l'apparition d'invariants qui s'imposeraient aux diverses voies d'investigation serait l'indice d'une proximité accrue (au moins dans certains secteurs) vis-à-vis de l'objectif de correspondance au réel.

Le problème est que rien n'empêche que ces invariants ne manifestent, à leur façon ambiguë, tout autre chose que des structures extérieures sur lesquelles se modèleraient les théories scientifiques. La conception historiciste nous incite à voir dans les théories scientifiques le produit à jamais inachevé d'une dialectique des résistances et des accommodations. Ne se pourrait-il pas que ce qui reste invariable d'une histoire dialectique à l'autre ne traduise rien d'autre que les grandes rationalités procédurales qui leur sont communes, en deçà de la variété des techniques et des agencements instrumentaux? Dans ce cas, les invariants ne seraient pas moins instructifs que dans l'option réaliste. Simplement, ce sur quoi ils nous renseigneraient ne serait pas la structure *de* quelque réalité indépendante, mais les conditions de l'émergence co-dépendante *dans* le réel d'un système d'activités individuelles et sociales viables et d'un réseau structuré de phénomènes qui leur répondent. Il s'agit là d'une réponse historiciste au défi historiciste de la dispersion potentielle des connaissances.

6-Le cercle " vertueux " de la connaissance

Des régions de stabilité se manifestent quoi qu'il en soit dans l'histoire dialectique *effective* des sciences physiques, et elles demandent à être expliquées. Dans la perspective néo-pragmatiste, ces régions de stabilité ne traduisent pas des "découvertes" mais *des cycles-limites stationnaires* d'accommodation localement optimale entre les théories et l'instrumentation expérimentale. Les transformations des structures théoriques et des appareillages de laboratoire se répondent, jusqu'à atteindre un état où ils deviennent, au moins pour un temps, "(...) mutuellement auto-justificateurs" [Hacking 1992]. La forme la plus élémentaire de l'auto-justification mutuelle est, selon Hacking, celle du "cercle vertueux" dans lequel "(...) nous créons l'appareillage qui engendre des données qui confirment des théories ; nous jugeons l'appareil par son aptitude à produire des données qui collent [à la théorie]" [Hacking 1992].

Une phrase comme celle-ci, peut il est vrai faire penser à un cercle vicieux autistique plutôt qu'au cercle vertueux invoqué par Hacking. L'impression se dissipe cependant à condition que l'on introduise les nuances indispensables sur

la portée limitée qu'a ce genre d'auto-confirmation. Les verbes " engendrer " ou " produire " sont à interpréter, nous l'avons vu, dans le sens de " co-engendrer " ou " co-produire " : la part spécifiée, contrôlée, de la préparation expérimentale collabore avec sa part non-spécifiée, non-contrôlée, dans l'émergence du phénomène. Par ailleurs une appréciation préalable de la qualité de l'appareillage fondée sur la capacité qu'a celui-ci à (re)produire des phénomènes que prévoit la théorie en vigueur, n'est légitime que dans une phase *d'étalonnage préparatoire*. Indubitablement, l'étalonnage des appareils exige que l'on sache d'avance à quoi s'attendre en ce qui concerne une certaine classe, restreinte et bien maîtrisée dans le passé, de phénomènes. Mais une telle exigence n'exclut en rien l'apparition de résistances en cas de sortie impromptue hors du domaine de validité de la théorie lors d'une phase expérimentale postérieure à l'étalonnage. La recherche s'étend inévitablement au-delà de la base de phénomènes qui sert à la mise au point de l'appareillage. Une fois ces précisions apportées, le cercle de Hacking s'avère effectivement " vertueux ". La raison pour laquelle on peut le qualifier de vertueux est qu'il est pleinement *ouvert*. Il est non seulement ouvert à l'inattendu en provenance de la part non-spécifiée du dispositif expérimental, mais aussi ouvert à une redéfinition de la base d'étalonnage une fois que de nouveaux champs théoriques ont été suffisamment assurés pour jouer le rôle de " certitudes " indiscutées.

Le concept de cycle-limite présente l'avantage de dépasser l'opposition habituelle et sans issue entre la thèse de la vérité-correspondance et une thèse faisant reposer la vérité des théories sur leur seule cohérence *interne*. Au lieu de cela, on se trouve conduit à adopter une thèse faisant intervenir tout à la fois " (...) la cohérence de la pensée, de l'action, du matériel, *et* des marques écrites [sur les sorties graphiques ou numériques des appareils de mesure] " [Hacking 1992]. En d'autres termes, la solution proposée consiste en une extension de la thèse de la vérité-cohérence, initialement confinée dans l'univers intellectuel, aux pratiques, aux appareillages, et aux phénomènes qui s'y manifestent. Il y a bien sûr un élément à première vue surprenant, pour ne pas dire choquant, dans cette idée de cohérence étendue aux pratiques. Comme me l'a signalé à juste titre Léna Soler, la cohérence est une clause qui s'applique en toute rigueur aux idées plutôt qu'aux choses, aux énoncés, y compris ceux qui portent sur des dispositifs expérimentaux, plutôt qu'aux simples gestes et matériaux du laboratoire. La première réponse qu'on peut faire à cette objection est conforme à ce qui a été proposé dans le premier paragraphe du présent article. La cohérence élargie de Hacking peut être conçue *dans une certaine mesure* comme portant sur des énoncés, pourvu qu'on admette que certains de ces énoncés font partie de l'arrière-plan de présupposés auquel s'adosent les pratiques, et sont donc seulement tacites ou virtuels. La seconde réponse est qu'il n'est pas inconcevable de donner plus directement sens à l'idée de cohérence (ou plus directement d'absence de cohérence) entre énoncés et pratiques, en ayant recours au concept de " contradiction performative " dû à K.-O. Apel. Il est

performativement contradictoire d'argumenter contre la validité de toute argumentation, car l'acte d'énonciation s'inscrit en faux contre le contenu de l'énoncé. Il est performativement contradictoire d'utiliser un dispositif interférométrique pour produire des phénomènes optiques nouveaux (comme l'holographie) si l'on adhère à la théorie corpusculaire de la lumière de Newton, car la configuration de l'appareil ne correspond à aucun effet prévisible au moyen de cette théorie. Ici, des "faire" s'opposent à des "dire", et il semble possible d'en inférer *a contrario* que seuls certains "faire" s'accordent avec d'autres "dire". Ce genre d'accord est ce qu'on appellera la cohérence généralisée.

La thèse de la vérité-cohérence généralisée a d'autres conséquences. Dans le cadre de cette thèse, tout ce que l'on peut dire d'une théorie est qu'elle est vraie de *cette* catégorie (éventuellement très large) de phénomènes, qui se manifeste au moyen de *cette* classe idéalisée d'activités coordonnées et de *cette* sorte de matériel instrumental. Inversement, lorsqu'une nouvelle résistance apparaît, déstabilisant un cycle-limite, celle-ci n'a pas à être conçue comme un élément d'information rendant la théorie associée "fausse" au sens d'une non-correspondance à la source réelle extérieure des informations. Elle signale simplement que le cercle actuel des pratiques, des organisations matérielles, et des concepts, est sorti par inadvertance du champ d'opérativité non-artificielle des règles théoriques et performatives qui régissaient le cycle-limite précédent ; et elle donne de ce fait le coup d'envoi à une nouvelle dialectique évolutive des résistances et des accommodations. La stabilisation d'un nouveau cycle peut se faire selon plusieurs modalités (selon le degré de généralité de ce cycle). Il peut au maximum inclure le cycle-limite précédent comme un cas particulier valant pour une classe restreinte de pratiques. Il peut aussi conduire à définir une nouvelle discipline et un nouveau domaine d'études disjoint du premier, ou au contraire amener à unifier des champs disciplinaires initialement pensés comme distincts. Dans tous les cas, le caractère de discontinuité-incommensurabilité des paradigmes successifs ou coexistants se trouve pris en charge par l'idée de cycles-limites disjoints.

L'usage qui est fait de l'idée d'un cycle de constance théorético-performative obtenu à l'issue d'un itinéraire de recherche, varie cependant d'un auteur à l'autre. Sa composante relativiste, contenue dans le concept d'une *vérité pour* tel cycle de pratiques, est le foyer du débat. Hacking attache une importance décisive au détachement progressif du "cercle vertueux" des résistances et des accommodations à l'égard des circonstances socio-historiques qui l'ont accompagné pendant sa phase de stabilisation. De là vient sans doute l'affinité de sa position avec le réalisme des entités : si un cycle théorético-performatif stable, unique, et complètement autonome vis-à-vis de l'histoire de sa production, s'est mis en place, alors aucun obstacle ne s'oppose à ce que l'on traite comme *réelles* celles des entités que la théorie générale désigne comme étant manipulables (fût-ce médiatement). Par contraste, Pickering et Gooding

apparaissent beaucoup moins disposés à laisser leur “ réalisme pragmatique ” dévier, de concession en concession, vers des thèses standard du réalisme scientifique. Pickering admet certes la possibilité qu’advienne un “ gel ” des procédures, une itération “ machinique ” des gestes, une stabilisation interactive de la “ danse ” des pratiques et des orientations théoriques en une “ chorégraphie ” réglée une fois pour toutes [Pickering 1995, 102]. Mais il ne cesse d’insister sur le caractère émergent (et donc sur les antécédents dynamiques et historiques) de ces “ clôtures ” cycliques. Et il souligne (ce qui le range dans le camp d’un relativisme historiciste) que, selon lui, la trace de l’histoire qui a conduit à chaque cycle *ne peut pas* en être effacée. De même, selon Gooding, il ne faut pas perdre de vue les “ (...) relations entre les aptitudes technologiques des observateurs et leur confiance dans la validité de leurs représentations. Certaines de ces représentations deviennent si stables qu’elles cessent d’être conçues comme des synthèses qui ont émergé d’un processus de convergence entre le possible et l’actuel. Au lieu de cela, elles sont considérées comme *correspondant* à des choses (*également stables*) dans le monde ” [Gooding 1992]. En d’autres termes, la stabilité immanente des cycles de pratiques et d’anticipations théoriques est projetée en stabilité transcendante des entités de la théorie ; et, réciproquement, le postulat de la transcendance de ces entités favorise la reproduction du cercle théorético-performatif qui l’autorise.

Une objection sérieuse que je ferai aux principaux protagonistes de ce débat est que la situation inaugurée par la physique quantique ne s’accorde facilement avec *aucun* des deux principaux schémas qu’ils proposent.

D’un côté, la mécanique quantique apparaît, dans son formalisme standard, largement dégagée des contingences historiques, culturelles, et conceptuelles, qui y ont conduit. La raison en a déjà été exposée en introduction : ce formalisme a été conçu par Dirac et Von Neumann à partir de deux théories initiales (la mécanique matricielle et la mécanique ondulatoire) qui dérivait de deux séries de modèles antinomiques, respectivement discontinuiste et continuiste. En tant que résidu abstrait, ou plus petit dénominateur commun, de ces deux lignées antagonistes, le formalisme quantique était condamné à retenir le moins possible de l’une comme de l’autre.

Mais d’un autre côté, cette forte déshistoricisation de la théorie quantique est loin d’avoir levé toutes les difficultés à une conception pleinement réaliste de ses entités. Des obstacles considérables se dressent face à ceux qui soutiennent de telles conceptions. Il est en particulier exclu de passer du concept d’“ observable ” à celui de propriété (qui justifierait l’attribution d’un *prédicat* à quelque chose), ou encore du concept de nombre de quanta d’excitation d’un oscillateur du “ vide quantique ” à celui d’objets spatio-temporellement localisés individuels et réidentifiables (qui justifierait de faire *référence* à un quelque chose d’isomorphe au corps matériel). De nombreuses difficultés rendent peu plausible (ou fragmentaire) la projection sous forme d’entités

transcendantes de la stabilité immanente des grands cycles théorético-performatifs associés à la mécanique quantique. Ici, par conséquent, on a le sentiment que l'alternative habituelle, entre le maintien du lien des théories avec l'histoire de leur émergence, et un réalisme fondé sur l'ahistoricité de ces mêmes théories, ne fonctionne plus. S'il en est ainsi, c'est que le formalisme de la mécanique quantique traduit non pas la dialectique *effective* de résistances et d'accommodations dont elle est le fruit, mais une vaste classe, jusqu'à présent exhaustive, de résistances et d'accommodations *possibles*. Au lieu de se contenter de recueillir rétrospectivement le produit des cycles d'ajustement, la mécanique quantique a formalisé prospectivement les conditions de tout processus de recherche associant la "production" de phénomènes non-séparables de leur contexte et le projet d'en unifier l'algorithme prédictif.

En somme, aussi déshistoricisée que soit la mécanique quantique, elle porte dans la structure même de son formalisme la trace d'une impossibilité à détacher les phénomènes dont elle rend compte des circonstances expérimentales de leur manifestation. La stabilité immanente des cycles de pratiques et d'anticipations théoriques *ne peut pas* ici (sauf artifice) être interprétée comme signe de la stabilité transcendante d'entités quelconques. Le fait que des manipulations couronnées de succès s'effectuent sous le présupposé de l'existence de telles entités n'atténue en rien ce constat. Car ce présupposé, qu'on n'est en droit de maintenir que localement, entre les limites requises par l'activité guidée par lui, n'a pas l'universalité requise pour être projetée ontologiquement. Une réflexion sur la mécanique quantique s'inscrit au total en faux *à la fois* contre l'historicisme relativiste et le réalisme des entités. Elle invite selon moi, et selon plusieurs autres auteurs, à une approche néo-transcendantaliste des théories physiques, incluant des composantes pragmatistes mais ne s'y réduisant pas.

7-Sur les mathématiques et l'expérimentation

La question lancinante de la "déraisonnable efficacité des mathématiques dans les sciences de la nature" [Wigner 1979] est également abordée par le courant de philosophes des sciences néo-pragmatistes. Pickering établit une distinction entre au moins trois niveaux de la dialectique de résistances et d'accommodation, parmi ceux qui sont les plus centraux pour la pratique scientifique. Trois niveaux que leur aptitude à rétro-agir l'un sur l'autre ne doit pas conduire à confondre. L'un de ces niveaux concerne les pratiques de laboratoire, le second concerne les théories mathématiques, et le troisième, qui implique la recherche de l'"alignement" des deux premiers, concerne les théories physiques. La remarque centrale est ici que les théories mathématiques proprement dites émergent, comme les théories physiques, d'une dialectique de résistances et d'accommodations ; à ceci près que dans leur cas les résistances ne proviennent pas d'une "générativité matérielle" à l'oeuvre dans la chaîne

des instruments expérimentaux, mais d'une "générativité disciplinaire"⁶ imposée par des *règles* de manipulation symbolique universellement acceptées.

Par la suite, le processus créatif des mathématiques est à son tour décomposé en trois étapes : une étape d'extension hypothétique des modèles antérieurs, une étape de "transcription" déductive encadrée par la discipline des règles admises, et une étape finale de "remplissage" (par des règles inédites) des relations symboliques que les règles précédentes laissaient indéterminées. Celle des trois étapes qui rend très tentante l'interprétation réaliste des entités mathématiques, parce qu'elle confère à leur système une forme d'autonomie et d'imprévisibilité, est la transcription déductive. Alors que les deux autres étapes, l'extension hypothétique et le remplissage, sont essentiellement libres (même si elles peuvent être inspirées par la culture ambiante), la transcription déductive est rigoureusement *contraignante*. Elle suscite de ce fait le sentiment qu'il est impossible d'en maîtriser le cours. Ici comme ailleurs, la combinaison d'une visée directionnelle (par prolongement idéal), et d'un système de contraintes à la productivité insondable, trouve une expression commode dans la croyance (platonicienne) en des entités transcendantes.

La question qui doit à présent être posée de façon plus précise, dans un cadre néo-pragmatiste, est celle du rapport entre mathématiques et sciences physiques. Un point commun crucial entre les pratiques mathématiques et les pratiques expérimentales de la physique est leur confrontation à des résistances ; des résistances qui se présentent comme des réactivités dont la forme dépend de l'organisation d'une activité de recherche. Dans un cas, des résistances systématiques sont imposées à un projet créatif par une discipline déductive. Dans l'autre cas, des résistances occasionnelles se manifestent à l'intérieur d'une instrumentation préalablement agencée en fonction d'un programme de recherche. Dans le premier cas les résistances prennent corps au cours d'une succession d'opérations strictement intra-symboliques. Dans le second cas, il est vrai que les résistances "matérielles" qui surviennent sont également traductibles sur le plan symbolique par des propositions (elles acquièrent alors le statut de "faits"). Mais la caractéristique distinctive des résistances dont doivent tenir compte les sciences de la nature, par rapport à celles des mathématiques, est leur capacité à se traduire par des obstacles concrets au déploiement d'une activité elle-même concrète de maîtrise de l'environnement.

L'"alignement" dont parle Pickering peut dans ce cas être conçu comme une procédure de sélection de celles des structures symboliques et résistances disciplinaires qui sont aptes à envelopper par le jeu de leurs *possibilités* les structures opératoires et les résistances *actuelles* d'une certaine catégorie d'activités concrètes de recherche. En s'affranchissant de la conception "platonicienne" des mathématiques, on évite du même coup d'avoir à affronter

⁶ Ces expressions "générativité matérielle" et "générativité disciplinaire" tendent à traduire, de façon inévitablement imparfaite, mais suffisamment évocatrice dans ce contexte, les expressions anglaises "material agency" et "disciplinary agency" [Pickering 1995, 116]

le mystère d'une correspondance entre les entités du ciel des idées mathématiques et les entités transcendantes du monde physique.

Il faut souligner une nouvelle fois ici le rôle particulier que joue (fût-ce à demi-mot) la physique *quantique* dans le processus qui conduit à asseoir la crédibilité de ce genre de conception. Sur fond d'une discussion de la *seule physique classique*, on aurait en effet pu objecter qu'interpréter les entités mathématiques comme projections d'un cycle réversible d'opérations symboliques, et les entités naturelles comme projections stables d'un cycle-limite de pratiques expérimentales et d'anticipations corroborées, ne fait qu'introduire des complications inutiles. Puisque les épistémologues néo-pragmatistes eux-mêmes conviennent de la réciprocité de la relation (à la fois projective et régulatrice) entre cycles de pratiques et entités postulées, y a-t-il une raison de ne pas adhérer sans réserve à la manière dont les physiciens eux-mêmes en viennent à éliminer de leur discours l'échafaudage des pratiques pour traiter des seules entités? Et y a-t-il davantage de raisons (si ce n'est peut-être de principe) de ne pas prendre au sérieux leur méta-représentation d'une *correspondance* entre des entités naturelles et les entités théoriques qui visent à les représenter?

Bien des choses changent en revanche si l'on a à tenir compte d'une théorie comme la mécanique quantique standard ; c'est-à-dire d'une théorie dont les symboles ne sont pas immédiatement interprétables comme représentant des déterminations appartenant en propre à une collection d'entités naturelles, mais comme instruments de prédiction probabiliste de phénomènes obtenus sous des conditions expérimentales spécifiées. Car dans ce cas l'idée de conférer à la théorie le statut purement "grammatical" d'un ensemble de normes d'orientation prédictive n'a plus à être justifiée par un travail archéologique portant sur les circonstances de sa formation et de son utilisation effective ; elle s'impose d'emblée, en première instance. Au contraire, c'est la tendance habituelle à tenir une théorie pour la représentation d'un système de relations entre les entités naturelles qui requiert désormais une justification longue, difficile, et semée d'embûches ; une justification qui en appelle tantôt à des logiques non-classiques tantôt à des influences instantanées à distance entre processus principiellement inaccessibles à l'expérience.

8-Conclusion

En fin de parcours, nous avons peut-être réussi à compenser (ou à inverser) un curieux déséquilibre du débat épistémologique que B. Van Fraassen a décrit en ces termes : " (...) le réalisme gagne par défaut. Et cela a été la stratégie du réalisme tout au long des âges, gagner par défaut une fois qu'il a explicité ce que son adversaire doit faire pour gagner" [Van Fraassen 1975]. Longtemps, en effet, les épistémologues réalistes ont pu se soustraire aux critiques souvent pertinentes de leurs adversaires anti-réalistes en s'abritant derrière l'incapacité

de ces derniers à rendre compte des deux traits distinctifs du travail scientifique : l'efficacité d'une activité guidée par la visée régulatrice d'entités et de lois, et l'orientation de ces visées en fonction de contraintes dont le chercheur n'est pas maître [Bitbol 1998]. L'idée d'une réalité extérieure pré-structurée qui serait à la fois l'objet de la visée *et* la cause des contraintes, semblait être la seule réponse disponible au double défi formulé par les réalistes scientifiques. Mais à partir du moment où des alternatives épistémologiques comme l'empirisme constructif de Van Fraassen ou le néo-pragmatisme de Pickering et Hacking, sont parvenues à fournir un compte-rendu fonctionnel des visées régulatrices des sciences, et à montrer comment les "résistances" (plutôt que les contraintes) peuvent dépendre de l'activité guidée par ces visées régulatrices, l'idée d'une coïncidence entre objet des visées et source exclusive des contraintes n'a plus rien d'impératif. Désormais, la charge de la preuve a été transférée au réalisme scientifique, et les discussions de philosophie des sciences comme celle sur l'incommensurabilité ont de bonnes raisons d'être conduites, fût-ce par défaut, dans le cadre tracé par les néo-pragmatistes.

Dans ce cadre, on l'a vu, comparer deux paradigmes ne suppose pas seulement de mettre en regard deux représentations du monde et deux langages associés, mais aussi et surtout deux manières d'intervenir dans le monde.

L'intérêt principal de ce sens élargi du concept de paradigme est qu'il requiert plus manifestement encore que le premier quelque chose d'autre qu'une simple *traduction*. Soit une véritable *simulation* (virtuelle ou actuelle) de *ce que c'est d'être* (le "What it is like to be" de Th. Nagel) dans l'autre système de pensée et d'action, ce qui laisse subsister une forme d'incommensurabilité. Soit l'adoption d'une manière d'être et de chercher qui englobe les précédentes ou en fait un libre usage alterné, ce qui permet de dépasser l'incommensurabilité par la mise en place d'une sorte de méta-niveau performatif. Le déplacement systématique des interrogations à un méta-niveau par rapport aux niveaux historiques antérieurs se trouve à vrai dire accompli presque automatiquement au cours de l'avancée des sciences. Avec l'argument de la sous-détermination généralisée, cela suffit à faire perdre à l'"incommensurabilité" alléguée une bonne partie de sa rigidité.

Un intérêt dérivé de ce sens élargi du concept de paradigme est qu'il rejoint une évolution récente des sciences de l'esprit et de la cognition, sur laquelle semblent curieusement s'accorder les "mystériciens", les dualistes, et les éliminativistes neuro-physiologiques. Prenons l'exemple de la thèse éliminativiste. Les époux Churchland (défenseurs emblématiques de l'éliminativisme) ont réagi avec une certaine audace épistémologique aux psychologues qui leur reprochent: (a) d'ignorer que la "folk-psychology" est plutôt un art de "se mettre à la place" d'autrui qu'une authentique *théorie* de l'esprit, et (b) de chercher par conséquent à tort à éliminer la "folk-psychology" comme on le ferait d'une théorie scientifique périmée. Selon les Churchland, l'erreur que font leurs adversaires est de considérer une théorie

scientifique comme un pur symbolisme représentatif. Ils considèrent pour leur part, en accord ouvert avec Kuhn, qu'apprendre une théorie “ (...) n'est pas seulement ou même prioritairement une question d'apprentissage de lois et de principes : c'est une question d'apprentissage d'une *pratique* sociale complexe ” [Churchland & Churchland 1998, 11, 33]. Par conséquent, concluent-ils, la folk-psychology, dont l'assimilation suppose l'intégration d'une pratique sociale, n'a pas de raison de *ne pas* être considérée comme une théorie. Et, en tant que théorie, rien n'empêche de la mettre à l'écart comme toute autre théorie dépassée. Je ne me préoccuperais pas ici de savoir si cette redéfinition kuhnienne des théories suffit à répondre à l'objection des défenseurs de la “ folk-psychology ”, ou si elle ne revient pas au contraire à leur faire une concession décisive [Bitbol 2002]. Mais ce qui me frappe est de constater que la discussion sur les théories, les paradigmes, et leur incommensurabilité alléguée, tend effectivement à se déplacer *partout* sur un plan pragmatique. Non seulement dans la théorie philosophique de la connaissance, mais aussi, on le voit avec les Churchland, dans les projets de théorie naturalisée de la cognition.

Bibliographie

Bensaude-Vincent, Bernadette
1993 *Lavoisier*, Paris : Flammarion.

Bensaude-Vincent, Bernadette & Stengers, Isabelle
2001 *Histoire de la chimie*, Paris : La découverte.

Bitbol, Michel
1996 *Mécanique quantique, une introduction philosophique*, Paris : Flammarion.
1998 *L'aveuglante proximité du réel*, Paris : Flammarion.
2002 Science as if situation mattered, *Phenomenology and the Cognitive Science*, 1 : 181-224.

Cartwright, Nancy
1999 *The Dappled World*, Cambridge : Cambridge University Press

Churchland, Patricia & Churchland, Paul
1998 *On the contrary*. Cambridge, MA: MIT Press.

Duhem, Pierre
1906 *La théorie physique*, Paris : Vrin, 1989

Faye, Jan
1991 *Niels Bohr, his heritage and legacy*, Dordrecht : Kluwer

Galison, Peter

1987 *How experiments end*, Chicago : The University of Chicago Press, cité d'après la traduction française par Bertrand Nicquevert : *Ainsi s'achèvent les expériences*, Paris : La découverte, 2002.

Gooding, David

1992 Putting agency back into experiment, in : A. Pickering (ed.), *Science as practice and culture*, Chicago : The University of Chicago Press.

Hacking, Ian

1983 *Representing and intervening*, Cambridge : Cambridge University Press, cité d'après la traduction française de Bernard Ducrest, *Concevoir et expérimenter*, Paris : Christian Bourgois, 1989.

1992 The self-vindication of the laboratory science, A. Pickering (ed.), *Science as practice and culture*, Chicago : The University of Chicago Press.

1999 *The Social construction of what?* Cambridge MA : Harvard University Press.

Hoyningen-Huene, Paul

1993 *Constructing scientific revolutions*, Chicago : The University of Chicago Press.

Kuhn, Thomas

1972 *La structure des révolutions scientifiques*, Paris : Flammarion.

1987 *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity*, Chicago : The University of Chicago Press.

Kant, Immanuel

1800, cité d'après la traduction française par Louis Guillermit, *Logique*, Paris : Vrin 1989.

Ladyman, James

1998 What is Structural Realism?, *Studies in History and Philosophy of Science* 29 : 409-424.

Lakatos, Imre

1978 *The methodology of scientific research programmes I*, Cambridge : Cambridge University Press.

Latour, Bruno,

1997 *Nous n'avons jamais été modernes*, Paris : La découverte

Laudan, Larry

1984 *Science and values*, Berkeley : University of California Press

Pickering, Andrew

1995 *The mangle of practice*, Chicago : The University of Chicago Press.

Searle, John

1983 *Intentionality*, Cambridge : Cambridge University Press

Soler, Léna

1997 *L'émergence d'un nouvel objet symbolique : le photon*, Thèse de l'université Paris I.

Van Fraassen, Bas

1975 "Platonism's pyrrhic victory", in A.R. Anderson, R. Barcan-Marcus, & R.M. Martin (eds.), *The logical enterprise*, Yale : Yale University Press

Wigner, Eugen

1979 *Symmetries and reflections*, Woodbridge : Ox Bow Press