



LES MULTIPLES DIMENSIONS DE L'HOMME ET DE LA CONNAISSANCE

QUESTIONS ÉPISTÉMOLOGIQUES, ÉDUCATIVES ET CULTURELLES



DIRECTION

Laurence Maurines
José-Luis Wolfs

JOURNÉES D'ÉTUDE

21 et 22 janvier 2021
MSH Paris-Saclay



12

LES MULTIPLES DIMENSIONS DE L'HOMME ET DE LA CONNAISSANCE

Questions épistémologiques, éducatives et culturelles

JOURNÉES D'ÉTUDE

21 et 22 janvier 2021

MSH Paris-Saclay

DIRECTION

Laurence Maurines

José-Luis Wolfs





©MSH Paris-Saclay Éditions, Université Paris-Saclay, 2024.

4, avenue des Sciences, 91190 Gif-sur-Yvette

www.msh-paris-saclay.fr

Collection « Actes »

ISSN 2800-7891



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

Pour plus d'informations : <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISBN 978-2-9590898-1-7

**La subjectivité culturelle
dans l'interprétation de la physique quantique**
Une comparaison des physiciens indiens et français

Sabine RABOURDIN

RÉSUMÉ

Les questions de l'universalité et de la subjectivité de la science ont fait l'objet de nombreux débats. Cet article vise à les explorer à partir d'une étude des représentations du réel des scientifiques, plus précisément de leurs présupposés métaphysiques. Sont-ils partagés, au-delà de leurs spécificités culturelles géographiques, reflétant ainsi les valeurs partagées de la science ? Ou bien la culture locale des scientifiques exerce-t-elle une influence ? En utilisant une version modifiée du concept de « *themata* » de Gerald Holton, nous examinons si un panel de soixante-douze physiciens indiens et français diffèrent dans leur approche des problèmes conceptuels centraux de la physique quantique et dans leur interprétation de cette théorie. Les entretiens semi-directifs que nous avons réalisés nous permettent de mettre au jour des tendances différentes entre les deux groupes. Nous montrons que des différences individuelles et culturelles font se côtoyer différentes interprétations d'une même théorie, ce qui nous semble permettre d'enrichir le débat sur l'universalité dans les sciences.

MOTS-CLÉS : physique quantique, *themata*, culture, subjectivité en science, Inde

Gérard Holton, physicien et historien de la physique, menait une recherche sur Albert Einstein, lorsqu'il remarqua que ce dernier tenait des positions scientifiques et métaphysiques fermes – par exemple, le déterminisme et la continuité –, qui semblaient ancrées dans un fond épistémologique personnel. Il analysa aussi les « présuppositions » du physicien Werner Heisenberg. Il trouva chez lui une approche algébrique, matricielle, favorable à la discontinuité, au corpuscule (Holton, 1996 : 454) tandis que

d'autres physiciens comme Louis de Broglie se montraient attachés à la continuité. « Comment se fait-il que des scientifiques, ayant largement accès à une information identique, en viennent fréquemment à défendre des modèles d'interprétation radicalement différents ? », se demanda-t-il. « Que recèlent les options manifestement quasi esthétiques de certains scientifiques quand ils émettent une hypothèse ? » (Holton, 1981 : 26). Ne trouvant pas de concept approprié pour décrire ces « adhésions », il estima qu'elles requéraient un terme propre et il les appela *themata*. Au singulier, on parle de *thema*, le mot vient du grec : « fixe, motif, thèse, topique » (Holton, 1996 : 456).

Reste à comprendre comment les *themata* se forment et l'existence de ces différences. Holton suggère que les *themata* des individus sont hérités de leur passé, de visions antérieures du monde, même s'ils les font évoluer. Nous cherchons ici à évaluer la part collective, sociale, des *themata*, et plus précisément la part culturelle. L'adhésion d'un scientifique à tel ou tel *thema* dépend-elle de l'aire culturelle dans laquelle il évolue ?

Pour répondre à cette question, nous avons mené une étude anthropologique comparative de deux groupes de physiciens formés dans deux aires culturelles différentes, l'Inde et la France, afin de mettre en lumière les convictions ontologiques implicites qui supportent leur interprétation de la mécanique quantique. Nous avons cherché à repérer des différences éventuelles entre les *themata* de ces deux groupes de physiciens et à estimer l'influence du socle de valeurs de chaque pays.

Une telle approche permet de mieux comprendre la manière dont est façonné le regard porté sur la réalité que nous tentons de décrire avec la connaissance scientifique. Concevoir les représentations ontologiques des scientifiques en tant que phénomène comparable entre deux pays ouvre ainsi des questions peu traitées par la sociologie des sciences ou la philosophie des sciences, ce qui nous semble permettre d'enrichir le débat sur l'universalité et la subjectivité dans les sciences.

Nous décrivons les outils conceptuels employés, puis la méthode de recherche, et en dernière partie, nous exposons les résultats de l'étude et discutons leur portée.

Cadre conceptuel

Les styles thématiques locaux

Selon Holton, les *themata* correspondent à des « croyances ontologiques fondatrices, globalisantes et indémontrables et le plus souvent implicites » (Holton, 1975 : 43). Ils se présentent souvent sous la forme de couples d'opposition, par exemple ordre/désordre, continuité/discontinuité, déterminisme/indéterminisme, objectivité/subjectivité, holisme/atomisme, etc. Il s'agit d'adhésions fortes, parfois non conscientes, souvent liées à des visions du monde et à des tendances épistémologiques. Ce sont ces *themata* qui vont former le système de cohérence philosophique des scientifiques et orienter leurs recherches.

Reconnaître une spécificité locale aux préférences thématiques implique de recourir à la notion de « style ». Les styles, étudiés en sociologie par Fleck, en histoire des sciences par Crombie, en philosophie par Hacking ou encore en anthropologie par Harwood sont des manières de faire ou de penser la science, communes à un groupe de personnes.

La démarche, lors de l'étude de ces « styles locaux », consiste à mettre au jour des éléments distinctifs pertinents susceptibles de caractériser de manière homogène des groupes de recherche « locaux » dans un même champ disciplinaire. Par local, on peut entendre un pays, une région, ou même un réseau de laboratoires coordonnés entre eux. « Si, par exemple, la physique, la chimie, la biologie présentent de tels caractères distinctifs dans deux pays, et si on peut le prouver par l'usage d'une méthode comparative, alors, l'hypothèse d'un style scientifique national est bien établie », écrit l'historien Jean Gayon (1996 : 15), dans un article sur la catégorie de « styles » en histoire des sciences.

Cette approche a été mise à profit dans des études sur les styles nationaux ou institutionnels, comme par exemple l'ensemble des travaux sur les sciences à l'époque des Lumières (Christie, 1974), sur les pratiques d'ingénierie entre la France et les États-Unis au XIX^e siècle (Kranakis, 1989). On trouve également des études sur les styles nationaux de recherche européens aux XIX^e et XX^e siècles, contrastant par exemple le style écossais et le style anglais des mathématiques et de la physique

(Davie, 1961) ou les styles allemands et les styles américains en génétique (Harwood, 1993).

Il existe en fait des antécédents à cette recherche de « styles locaux » en science¹. L'un d'eux est Pierre Duhem, qui, en 1906, dans *La théorie physique*, décrit l'esprit scientifique français et l'esprit scientifique anglais. Le premier lui apparaît étroit et fort, et le second (l'anglais), ample et faible. D'après Duhem, les Anglais construisent leurs théories à partir de modèles mécaniques davantage que de relations mathématiques. « On peut bien sûr, écrit Duhem, trouver en Angleterre des esprits forts et étroits (par exemple Newton) et hors de l'Angleterre des esprits larges mais faibles, mais ce caractère est plus ou moins endémique selon les pays » (Duhem, 1906 : 34).

Les études historiques sur les « styles » en science ne se sont pas uniquement concentrées sur la comparaison entre deux pays, mais ont cherché à révéler des « formes de pensée » révélatrices d'un même pays à une époque donnée. Il en est ainsi, par exemple d'Harwood qui, en 1993, publie *Styles of Scientific Thought*. Cet ouvrage décrit la manière dont, après la Première Guerre mondiale, en Allemagne, la communauté scientifique et universitaire dominée par les *mandarins* (de la vieille école), commença à accueillir des *outsiders*. Ces premiers définissaient les frontières de leur discipline de manière très large, en cernant les problèmes centraux de la théorie biologique au tournant du siècle, tandis que les seconds avaient une approche culturelle, scientifique et politique différente, plus cloisonnée.

Les autres exemples que nous citons ci-dessous permettent également de montrer qu'un des intérêts de cette notion est d'aider à saisir ce qui, pour un scientifique, fait cohérence et a valeur de scientificité.

Le médecin, biologiste et sociologue, Ludwig Fleck, auteur d'un ouvrage intitulé *Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaftlichen Tatsache Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv* [Genèse et développement d'un fait scientifique] (1935) démontre que tout objet

¹ Il existe d'autres travaux anciens sur les styles nationaux en sciences, par exemple, Buckle, 1903 : *History of Civilization in England*, Grant Richards, London (1st ed. 1857), vol. III, chap. 4-5 en particulier ; ou Merz, 1965 : *A History of European Thought in the nineteenth century*, Dover, New York (1st ed. 1904), vol. I, chap. 1-3 en particulier.

scientifique émerge au sein de ce qu'il appelle un « style de pensée » (*Denkstil*). Il s'appuie notamment sur l'histoire de la syphilis qu'il perçoit comme un produit culturel, chargé de toutes sortes de représentations collectives concernant le sang ou la sexualité. Un « style de pensée » correspond à l'ensemble des normes, des principes, des concepts et des valeurs relatifs aux savoirs et croyances à une époque donnée. Ce concept peut être comparé à ce que l'on appelle un « style » en art : des règles et des valeurs propres à une époque ou un courant artistique.

L'historien des sciences Alistair Cameron Crombie est un des premiers à introduire la notion de style pour caractériser les raisonnements mis en œuvre par les scientifiques et apparus au cours du temps. Dans son ouvrage publié en 1994, *Styles de pensée scientifique dans la tradition européenne*, il dégage six styles. L'historien et philosophe des sciences Ian Hacking les décrit ainsi :

It bears on fundamental and traditional questions about truth and reason. Each style is in a certain sense self-authenticating, in that it brings into being its own criteria for truth, evidence, explanation, and even existence. (Hacking, 2010 : 33)

Concluons cette partie en précisant que si notre approche est voisine de celle de Fleck, elle en diffère cependant. Fleck estime que chaque « style de pensée » correspond à une époque donnée. Pour lui, toute connaissance doit être rapportée à l'ensemble des connaissances propres à une période, aux institutions et aux pratiques propres à cette même époque. Nous cherchons, à l'inverse, à établir une continuité entre les époques, mais relativement à une culture donnée, voire un pays quand celui-ci est bien délimité culturellement. Cette différence d'approche est liée au type de problème exploré. Sur les visions du monde, l'étude paraît plus pertinente sur un temps long.

C'est en cela que, si les physiciens d'un même pays adoptent des *themata* communs, il est possible de parler de style thématique local (Figure 1).

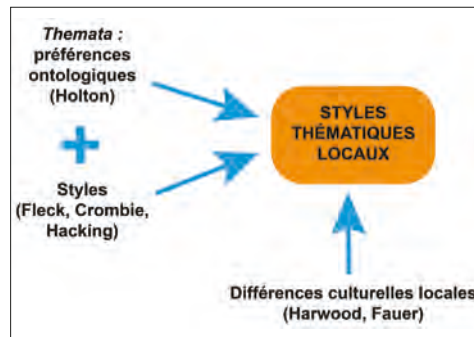


Figure 1 – Élaboration du concept de style thématique local.

Source : Rabourdin, 2016.

La notion d'aire culturelle

Dans ce travail, le concept de « culture » est conçu suivant la proposition de Claude Clanet comme « un ensemble de schèmes interprétatifs qui permettent à chacun, au sein de ce cadre spécifique, de produire et de percevoir les significations sociales de ses propres comportements et de ceux d'autrui » (Clanet, 1990 : 15). Dans son ouvrage *Par-delà nature et culture* (2005), Philippe Descola étudie les schèmes collectifs qui constituent l'un des principaux moyens de construire des significations culturelles partagées. Une règle sociale ou une langue commune facilitent le partage inconscient de ces schèmes au sein d'une société. « La nation comme objet historique ne peut être définie par un empilement de critères matériels. Ni le territoire, ni le peuple, ni la langue, ni la religion, ni les mœurs, ni la durée historique ne constituent des critères décisifs » (Férreol, Gilles & Jucquois, 2004 : 1). Mais l'ensemble peut constituer une unité. Ainsi en France, l'homogénéité culturelle est recherchée/favorisée par la langue et l'école qui véhicule l'idéal universaliste (les êtres humains égaux en droit...).

Les cultures se transforment et évoluent. Elles le font d'ailleurs en partie en se confrontant aux sciences. Il est délicat de considérer la culture française comme uniforme et unilatéralement partagée. Nous pouvons

au mieux parler de l'Inde ou de la France en tant qu'aire culturelle. Le concept anthropologique d'aire culturelle définit un espace géographique et social (territoire) sur lequel se répartissent et s'échangent croyances et objets matériels, rapports sociaux, rituels, systèmes de valeurs, modes de vie partagés entre individus relevant d'une même culture ou de plusieurs et ayant certains points en commun. C'est dans ces aires culturelles que nous situons respectivement les physiciens indiens et français de notre étude.

Il est à spécifier que la culture des physiciens « indiens » ou « français » renvoie respectivement à une forme d'éducation commune, de culture populaire commune et de croyances partagées qui peuvent conduire à un contexte d'enseignement proprement indien ou français. Ce qui fait l'originalité de chacune de ces cultures réside, indique Lévi-Strauss, « dans sa façon particulière de résoudre des problèmes, de mettre en perspective des valeurs, qui sont approximativement les mêmes pour tous les hommes : car tous les hommes sans exception possèdent un langage, des techniques, un art, des connaissances de type scientifique, des croyances religieuses, une organisation sociale, économique et politique » (Lévi-Strauss, 1962 : 50).

La physique et les physiciens français et indiens

D'après Dominique Pestre, sociologue et historien des sciences, qui publie en 1984 (réédition en 1992) *Physique et physiciens en France entre 1918 et 1940*,

La physique française présente un certain nombre de traits particuliers. Ce que nous entendons par trait particulier peut très bien être défini négativement : nous ne voulons pas dire que ces traits sont exclusifs et propres aux seuls physiciens français. Certains d'entre eux se retrouvent en effet hors des frontières de l'Hexagone. Je ne veux pas dire non plus qu'ils sont absolus et communs à tous les physiciens sans exception : il existe bien sûr des cas atypiques. Il s'agit plutôt de définir les comportements dominants, ceux de l'immense majorité et dans la mesure essentielle où ils sont originaux relativement à l'étranger, à l'Allemagne, à l'Angleterre, aux États-Unis notamment. (Pestre, 1984 : 4)

Il note :

[L]a volonté toujours réaffirmée en France de suivre des principes de clarté dans l'exposition et de logique dans l'énoncé des

postulats et des théorèmes, dans le désir de ramener la science à une synthèse close et définitive : les maîtres mots toujours répétés sont « logique rigoureuse, ordonnance solide, fermeté gracieuse, pureté élégante ». Le désordre de la science en construction, voire en révolution – ne saurait être toléré (Pestre, 1984 : 34).

Pestre observe également des valeurs auxquelles les physiciens s'attachent volontiers, ou du moins qu'ils ne contestent pas, comme le déterminisme, à l'inverse de certains de leurs collègues frontaliers. « Le contexte idéologico-philosophique, écrit Pestre, n'incite en rien à remodeler les schémas de la physique galiléenne, ni le sacro-saint déterminisme du "sens commun" qui postule à l'évidence que telle cause produira toujours tel effet, que tout est localisable, que tout est toujours reconnaissable dans la science, aux imprécisions de mesure près » (1984 : 50).

L'Inde est un pays qui possède une riche tradition savante. La littérature scientifique indienne a joué en Asie orientale le même rôle que la littérature scientifique grecque en Europe et en Asie occidentale (Filliozat, 1957). C'est de la littérature scientifique indienne que relève la majeure partie des littératures scientifiques d'Asie. Tandis que la science grecque dans l'Antiquité a été en présence des traditions scientifiques de l'Orient classique (pays arabes), la science indienne a rencontré, outre une partie de ces mêmes traditions, celle de la Chine, moins largement répandue que les siennes propres, mais dominant massivement l'Asie extrême-orientale. Au moment de l'indépendance, la science a été, dans une plus grande mesure qu'ailleurs, un enjeu d'émancipation et d'identité nationale (Salomon & Sagasti, 1994). Les historiens Krishna et Jain (1990) décrivent comment une science nationale indienne s'est développée dans les années 1920 en opposition à la science coloniale britannique autour de quelques leaders scientifiques, principalement en physique, chimie et mathématiques. L'école indienne de physique, née aux alentours des années 1920 accueille des physiciens renommés comme J.C. Bose, C.V. Raman, S.N. Bose (qui donna son nom au condensat de Bose-Einstein) ou M.N. Saha. Sous la direction de Jawaharlal Nehru, d'ambitieux efforts ont été faits pour implanter ce que celui-ci appelait « un esprit scientifique dans la société indienne ». Les mouvements de popularisation cherchent à déployer la science au sein de toutes les strates sociales, afin que le peuple puisse s'en emparer. Ils entendent construire une stratégie contre-hégémonique. Les mouvements « alternatifs »

envisagent pour leur part de contrarier l'hégémonie en développant des solutions alternatives, telles que les sciences locales, indigènes, traditionnelles. Malgré cela, l'Inde est de plus en plus impliquée dans les rouages de la science mondiale, comptant le plus grand réservoir mondial de scientifiques qualifiés². En comptabilisant la diaspora, les Indiens représentent la plus grande population de scientifiques de la planète, même s'ils sont en grande partie dispersés, en particulier aux États-Unis.

Les interprétations de la mécanique quantique

Il existe aujourd'hui différentes interprétations de la physique quantique : l'interprétation de Copenhague, l'interprétation de l'onde pilote (théorie des variables cachées de Bohm), la théorie des multivers d'Everett (MWI), la théorie de Ghirardi-Rimini-Weber (GRW), etc. Elles sont plus ou moins connues et plus ou moins plébiscitées par les physiciens. L'interprétation présentée aux étudiants de physique dans les cours et les manuels (en France comme en Inde, puisqu'il s'agit globalement des mêmes manuels) est souvent implicitement l'interprétation dite « orthodoxe », issue de l'interprétation de Copenhague. Il y a en réalité et surtout une absence d'interprétation. La plupart des physiciens ne reçoivent jamais d'enseignement sur les interprétations alternatives pendant leur cursus universitaire. S'ils les connaissent (ce qui n'est pas le cas de la majorité), c'est par une démarche personnelle. Pourtant, comme l'écrit le physicien Dipankar Home, il y a des raisons profondément physiques qui indiquent que le cadre standard (formalisme et interprétation) est fondamentalement inadéquat, bien que ses succès en termes de prédiction expérimentale restent, de manière surprenante, impressionnants. « La question de savoir si cela vaut la peine d'étudier les interprétations alternatives de la mécanique quantique peut paraître, pour certains, un sujet totalement philosophique, largement dépendant de préférences subjectives, pourtant ce n'est pas vrai » (Home, 1997 : 37).

Pour des raisons de brièveté, nous explicitons uniquement dans le tableau 1 deux des *themata* auxquels sont associées les interprétations de

² Aujourd'hui, l'Inde délivre chaque année 10 000 thésards en science (Maslen, 2013). Elle possède 370 universités, 1 500 institutions de recherche, 10 428 instituts d'éducation supérieure (Dept of Science and Technology India, 2012).

la mécanique quantique mentionnées plus haut et renvoyons le lecteur à Rabourdin (2016) pour les autres. Nous développons ensuite quelques éléments de compréhension autour de ces deux *themata*.

	Déterministe/Indéterministe	Subjectivité/Objectivité
Interprétation « orthodoxe »	Indéterminisme	Objectivité faible ou subjectivité
Interprétation de type Bohm	Déterminisme en général, mais n'exclut pas l'indéterminisme	Objectivité forte
Interprétation de type GRW	Indéterminisme	Objectivité forte
Interprétation de type MWI	Déterminisme	Objectivité forte

Tableau 1 – *Themata* et interprétations de la physique quantique.

Source : Rabourdin, 2016.

*Quelques éléments de compréhension
autour du thema déterminisme/indéterminisme*

Une définition simple du déterminisme consiste à dire que les mêmes causes produisent les mêmes effets³. Chaque changement, chaque mouvement d'objet est déterminé par les forces qui agissent sur lui et par les conditions initiales. Dans le cadre de la mécanique quantique, le déterminisme est mis en question : une mesure effectuée sur un objet/système quantique perturbe le système de façon imprévisible et produit un résultat non déterministe. Autrement dit, les mêmes causes ne donnent pas les mêmes effets.

L'interprétation de Copenhague repose sur l'hypothèse que l'état d'un système est décrit complètement par une fonction, la fonction d'onde. Cette fonction, continue et parfaitement déterministe entre deux mesures, est à interpréter en termes de probabilité. Elle permet de calculer la probabilité d'obtenir une valeur donnée lors d'une mesure sur le système. Ces prédictions probabilistes ne sont pas dépassables en principe : rien ne permet de prédire mieux que le formalisme quantique quel résultat de mesure

³ Même si l'on a souvent prétendu que la théorie classique du chaos remettait déjà en cause cet idéal de la physique classique, la restriction qu'elle imposait au déterminisme se faisait à un niveau épistémique (c'est-à-dire au niveau de notre capacité de connaître et de prédire) et non à un niveau ontologique (c'est-à-dire au niveau de la réalité du monde).

va être effectivement observé. Max Born fut le premier, en 1926, à remettre explicitement en question le déterminisme à un niveau ontologique en interprétant la fonction d'onde de manière intrinsèquement probabiliste :

Ici se pose tout le problème du déterminisme. Du point de vue de notre mécanique quantique, il n'existe pas de grandeur qui, dans un cas particulier, déterminerait causalement l'effet d'une collision. [...] Devons-nous espérer que l'on découvre plus tard de telles propriétés [...] et que certains cas puissent être déterminés ? Ou devons-nous croire que l'incapacité, partagée aussi bien par la théorie que par l'expérience, de trouver les conditions d'un déroulement causal provient d'une *harmonie préétablie*, qui repose sur l'inexistence de telles conditions ? Je serais d'avis, quant à moi, de renoncer au déterminisme dans le domaine de l'atome. (Born, 1926 : 75)

Einstein, c'est connu, n'était pas de cet avis. Parmi les pères fondateurs de la mécanique quantique, seuls Louis de Broglie et Erwin Schrödinger suivirent Einstein dans son refus d'abandonner le déterminisme. Les membres du puissant axe Copenhague-Göttingen, centrés autour des deux grandes figures, Max Born et Niels Bohr, furent dans l'ensemble enthousiastes pour prendre le virage de l'indéterminisme.

Pour les pères de l'interprétation orthodoxe actuelle, les probabilités quantiques ne reflètent pas une ignorance de notre part – comme c'est le cas en mécanique statistique⁴ –, mais soulignent le caractère fondamentalement indéterminable du système. L'interprétation orthodoxe estime que, puisque les prédictions ne peuvent être que probabilistes, le monde – en tout cas le monde microscopique ou plus généralement quantique – est fondamentalement indéterministe. Certaines interprétations alternatives ont essayé de remettre du déterminisme dans la théorie.

Quelques éléments de compréhension du thema objectivité/subjectivité

Selon l'interprétation de Copenhague, la mesure perturbe de manière fondamentale l'évolution temporelle d'un système composé de particules

⁴ En mécanique statistique, les probabilités ne reflètent que la méconnaissance des états exacts des systèmes individuels ; la théorie ne prétend pas être une description complète du système. La mécanique quantique interprétée de façon orthodoxe se veut à l'inverse une description complète, où les probabilités reflètent un hasard fondamental (Boyer, 2011).

quantiques. Avant la mesure, les propriétés du système sont indéfinies ; celui-ci est dans un état dit superposé, c'est-à-dire dans un état correspondant à la superposition des états possibles des particules. Lors de la mesure, le système prend un état particulier parmi les états possibles, on dit qu'il est réduit. Comment interpréter la réduction du système lors de la mesure ? L'état des particules avant la mesure est-il défini ? Historiquement, ces questions ont fait appel à des positionnements divers. Si l'état d'une particule est déjà défini avant la mesure faite par un observateur, l'observateur ne joue pas de rôle fondamental, il peut changer l'état, mais ce n'est pas lui qui « crée » un état. En revanche, si l'état d'une particule est indéfini avant la mesure, cette dernière donne un rôle essentiel à l'observateur. La subjectivité est bien plus importante dans cette représentation.

Nous nous inspirons du philosophe et physicien Bernard d'Espagnat (1994) et de sa définition des différents degrés d'objectivité. Pour lui, « fortement objectif » signifie que les propriétés d'un système peuvent être définies même en l'absence d'un observateur, comme par exemple l'existence de la lune qui ne dépend pas du promeneur nocturne. « Faiblement objectif » signifie que les propriétés d'un système ne peuvent être établies qu'en fonction de l'observation qui en est faite, l'objectivité résidant dans le fait que ces propriétés seront les mêmes pour n'importe quel observateur. Nous nous accordons par exemple entre êtres humains pour dire qu'un objet est rouge, bien que la couleur ne réside pas dans l'objet lui-même, mais dans la relation que nous entretenons avec lui. De la même manière, selon cette façon de comprendre la mécanique quantique, la position d'un objet n'est pas une propriété intrinsèque de celui-ci, mais simplement la relation que cet objet entretiendrait avec n'importe quel observateur présent. Et nous rajoutons « subjectif », qui signifie que les propriétés d'un système ne peuvent être établies que relativement à un observateur, et qu'elle diffère en fonction des observateurs.

Problématique et questions de recherche

Les études sur les styles en sciences mentionnées plus haut montrent que la façon de faire et penser la science est plurielle et locale. Il existe une diversité de type de problèmes, d'activités et de démarches au

sein d'une même discipline. Les pratiques scientifiques dépendent du contexte national et institutionnel dans lequel les scientifiques évoluent. Cependant, la recherche s'est largement internationalisée et uniformisée depuis quelques décennies. Il est bien plus difficile qu'il y a un siècle de mettre en valeur des socles nationaux de styles scientifiques. Il ne suffit pas de s'intéresser aux « traditions institutionnelles qui expliquent la persistance de styles ou stéréotypes nationaux de comportement scientifique » (Gayon, 1996 : 17).

Selon Pestre, il est nécessaire, pour comprendre les aspects locaux de la science, d'explorer le « socle archéologique culturel, voire épistémologique » (Pestre, 1984 : 323). Souscrivant à cette recommandation, nous avons réalisé une étude comparative entre scientifiques indiens et français afin de savoir si leurs croyances ontologiques dépendent de l'aire culturelle dans laquelle ils évoluent.

Comme les théories induisent des interprétations et des représentations diverses et la physique davantage encore que les autres (Boyer, 2011), nous avons choisi de nous intéresser à des physiciens et d'explorer leurs visions du monde autour du thème de la mécanique quantique. Cette théorie offre en effet un cadre de mise en perspective particulièrement fructueux des différents *themata*.

Nous avons opté pour les cinq couples thématiques les plus mentionnés dans l'enquête Philpapers⁵ : objectivité/subjectivité, déterminisme/indéterminisme, continuité/discontinuité, ordre/désordre, systémisme/réductionnisme.

Nous avons cherché à apporter des éléments de réponses aux questions suivantes :

- Quels sont les *themata* partagés par chaque groupe de physiciens, indiens ou français ? Sont-ils identiques ?

⁵ L'enquête Philpapers est une enquête menée en novembre 2009 auprès de philosophes, professionnels et autres, sur leurs opinions philosophiques. L'enquête a été menée auprès de 3 226 répondants, dont 1 803 membres du corps enseignant et/ou docteurs en philosophie et 829 étudiants diplômés en philosophie (<http://philpapers.org>).

- Quelles sont les interprétations de la mécanique quantique auxquelles chaque groupe adhère ? Quels sont les principaux problèmes d'interprétation identifiés par chaque groupe ? Y a-t-il un lien entre ces interprétations et leurs préférences en termes de *themata* ? Entre les problèmes identifiés et les préférences thématiques ?

Nous avons aussi cherché à discerner si d'autres paramètres comme l'âge ou la discipline de recherche conduisaient à des différences de *themata*.

Méthodologie

Pour explorer les questions précédentes, nous avons réalisé des entretiens semi-directifs auprès de soixante-douze physiciens à l'aide d'un guide d'entretien préalablement élaboré. Nous avons également examiné certains de leurs écrits (articles de vulgarisation, conférences, etc.) afin d'approfondir leur point de vue en diversifiant les supports.

Pour davantage de lisibilité, nous avons dû délimiter les cultures indiennes et françaises par des frontières géographiques, celles de l'Inde et de la France. L'unité spatiale délimite en effet en général un « milieu homogène à plus d'un égard : histoire, culture, niveau de développement – autant de dimensions qui peuvent être utilisées comme éléments de contrôle » (Dogan & Pelassy, 1982 : 136).

Nous avons interrogé trente-cinq physiciens français et trente-sept physiciens indiens (en comptant les premiers entretiens tests) formés au moins jusqu'au doctorat dans leur pays d'origine (même s'ils ont pu ensuite voyager). Ces scientifiques ont été choisis pour répondre à une diversité en termes de genre, d'âge et de discipline de recherche et, pour éviter des biais dans la comparaison, les deux groupes – Français et Indiens – sont comparables (en termes de niveaux de formation, de disciplines de spécialisation, d'âge, etc.). Tous utilisent la mécanique quantique dans leurs recherches, mais certains sont en physique appliquée, d'autres en physique théorique. Tous sont nés au xx^e siècle, et ont été interviewés entre 2012 et 2014.

Le guide d'entretien présentait plusieurs questions dédiées à chaque *thema*. Elles étaient suffisamment explicitées pour être bien comprises. À titre d'exemple, voici les questions associées aux deux *thematas* dont nous détaillons les résultats ci-après :

- Pour le *thema* continuité/discontinuité :
 - La microphysique (sous le femtomètre) se réfère-t-elle à des entités discrètes ou continues ?
 - Existe-t-il des « briques élémentaires » de la matière. Si oui, quelles sont-elles ?
 - La violation des inégalités de Bell induit-elle que les particules intriquées sont non locales ou bien non séparables ?
- Pour le *thema* objectivité/subjectivité :
 - Les objets physiques ont-ils leur propriété (position, vitesse, etc.) définie indépendamment de, et avant la mesure ?
 - À propos de la conscience (impression d'un « Je » qui existe) : émerge-t-elle de la matière ou bien est-ce la matière qui émerge de la conscience ?
 - Quel est le rôle de l'observateur dans l'effondrement de la fonction d'onde ?
 - Quel est le principal critère de scientificité ?

La question de la langue a été un point important dans cette étude. Les entretiens ont été menés en français avec le groupe de physiciens français et en anglais avec les physiciens indiens. Le vocabulaire est donc différent et peut parfois être sujet à interprétation différente. Cependant, comme l'anglais est la langue scientifique internationale, cela nous a permis d'avoir un vocabulaire commun quand il y avait un risque de confusion. Par ailleurs, le format qualitatif des entretiens a permis de s'assurer que le sens des questions et des réponses apportées était bien compris.

L'ensemble des entretiens réalisés représente plus de cent heures de discours enregistrés et étudiés. Leur analyse s'est faite à la fois de manière qualitative (analyse du discours, étude du contexte biographique de la personne, de ses écrits, etc.) et de manière quantitative (attribution d'un degré d'adhésion à un *thema* et comparaison entre les deux groupes de physiciens). Compte tenu de l'effectif des populations interrogées, les pourcentages doivent être interprétés comme « des tendances », ils ne sont pas nécessairement statistiquement significatifs.

Individuellement, les physiciens interrogés n'adhèrent que rarement totalement à un *thema*. Par exemple, il est très rare qu'un individu prétende adhérer totalement au déterminisme et refuser totalement l'indéterminisme ou le hasard. Le plus souvent d'ailleurs, les scientifiques n'ont pas conscience de leurs préférences et ce sont des réponses à des questions en apparence anodines qui nous permettent de leur attribuer un degré d'adhésion. Si, par exemple, les réponses d'un physicien aux questions associées au déterminisme sont toutes en faveur du déterminisme, son degré d'adhésion pour le déterminisme sera de 1. À l'inverse, on le situera à l'opposé en faveur de l'indéterminisme (-1) si chacune des réponses est en faveur de l'indéterminisme, ou bien encore entre les deux pôles, de manière plus ou moins proche d'un *thema* en fonction de la répartition des réponses. Le degré d'adhésion peut ainsi varier entre -1 et 1, -1 correspondant dans cet exemple à l'indéterminisme total et 1 au déterminisme total.

Résultats

L'étude que nous avons menée rentre dans les détails des arguments des physiciens et du contexte philosophique de chaque *thema*. Nous ne pouvons pas les retranscrire ici.

Après avoir donné un aperçu des résultats globaux, nous proposons un résumé succinct pour deux *themata*, choisis ici pour leur plus grande différenciation entre les deux groupes de physiciens : continu/discontinu et subjectif/objectif.

Les préférences thématiques des physiciens indiens et français

La figure 2 récapitule les résultats de l'analyse thématique sous la forme d'un double histogramme. Elle permet de donner une vision large des préférences thématiques des physiciens selon leur aire culturelle. Les chiffres en abscisse indiquent le degré d'adhésion d'un groupe de physiciens à un *thema* donné. Ainsi, par exemple, les physiciens indiens adhèrent majoritairement au déterminisme (0,6), alors que les physiciens français sont davantage partagés mais penchent sensiblement plus pour l'indéterminisme (0,2).

Sur cette figure, nous pouvons identifier certaines tendances fortes qui différencient Indiens et Français. À l'inverse, l'âge et la discipline de recherche ne produisent pas de différence sensible entre les deux groupes.

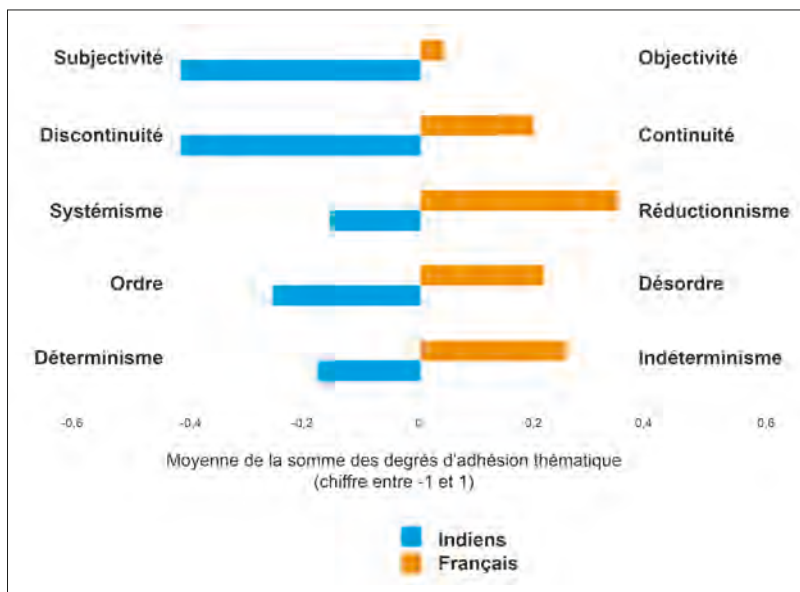


Figure 2 – Préférences thématiques des physiciens français et des physiciens indiens.

Source : Pour connaître l'origine des chiffres de la légende, on pourra se référer à : Rabourdin, 2016.

Nous constatons de manière générale que, comparativement aux physiciens français, les physiciens indiens apparaissent :

- plus déterministes ;
- plus attachés à une appréhension discrète de la matière ;
- plus attachés au caractère subjectif de la connaissance (ils accordent un rôle plus grand à l'observateur) ;
- plus enclins à envisager une approche systémique (et non réductionniste) des objets et phénomènes physiques ;

- plus convaincus de l'existence d'un ordre sous-jacent aux phénomènes naturels.

Comparativement aux physiciens indiens, les physiciens français apparaissent :

- plus indéterministes ;
- plus attachés à une appréhension continue de la manière ;
- légèrement plus attachés au caractère objectif de la connaissance ;
- avoir une approche plus réductionniste des phénomènes,
- percevoir moins un ordre derrière les phénomènes.

Des résultats annexes viennent compléter ce tableau, par exemple sur des questions qui recueillent des réponses très différenciées. Ainsi, par exemple, les physiciens indiens conçoivent la conscience davantage comme immatérielle, alors que c'est l'inverse pour les physiciens français⁶.

Thema continu/discontinu

Le tableau présente les résultats obtenus aux trois questions posées pour ce couple de *thema*. Précisons que la première abordait la question sur le plan théorique (« entités » de la microphysique) et la seconde sur le plan ontologique (« briques élémentaires » de la matière).

En ce qui concerne les entités de la microphysique, les réponses des physiciens français se répartissent de manière équivalente entre discrètes, continues, les deux, alors que celles des physiciens indiens relèvent majoritairement de discret (74 %), même s'ils sont nombreux à reconnaître qu'il peut y avoir des contextes expérimentaux qui mettent en valeur un aspect plus que l'autre. En ce qui concerne la matière, beaucoup de physiciens de chaque groupe fournissent une réponse relevant des catégories « aucune ou autre⁷ » ou « ne sait pas » (32 % pour les Français et 39 % pour les Indiens). Les réponses des physiciens français sont là encore plus diversifiées que celles des physiciens indiens, ces derniers estimant plus

⁶ Matérielle sous-entend ici liée à un substrat neurologique.

⁷ Les réponses autres renvoient à des objets ni continus, ni discrets, par exemple les lois, l'information, l'espace-temps, etc.

souvent que les physiciens français que la matière est discrète (45 % vs 30 %). De plus, davantage de physiciens indiens que français interprètent les inégalités de Bell⁸ de manière séparable (47 % vs 32 %), ce qui rejoint leur vision discrète de la matière. Nous observons ainsi une tendance des physiciens indiens à adopter une représentation discrète de la matière à son niveau le plus fondamental.

Alors que les physiciens indiens proposent de voir la continuité comme une propriété émergente du monde microphysique discret, on trouve chez les physiciens français la proposition inverse, de voir le caractère discret comme une propriété émergente.

Questions	Nature des entités de la microphysique				« Briques élémentaires » de la matière					Inégalités de Bell		
	Discrètes	Continues	Les deux	Ne sait pas	Discrètes	Continues	Les deux	Ne sait pas	Aucune ou autre	Non séparable	Séparable	Ne sait pas
Physiciens français	26 %	37 %	34 %	3 %	30 %	39 %	0 %	6 %	26 %	62 %	32 %	6 %
Physiciens indiens	74 %	17 %	8 %	0 %	45 %	9 %	6 %	0 %	39 %	53 %	47 %	0 %

Tableau 2 – Répartition des réponses aux 3 questions liées au *thema* continu/discontinu.

Source : Rabourdin, 2016.

Thema objectif/subjectif

Dans notre étude, nous constatons que :

- Plus de physiciens indiens accordent un rôle à l'observateur dans la mesure quantique, ils se situent principalement du côté de l'objectivité faible et de la subjectivité.

⁸ Les inégalités de Bell concernent la non-séparabilité de particules intriquées, voire leur non-localité. Pour approfondir, voir Rabourdin, 2016.

- Les physiciens français se situent du côté de l'objectivité faible en majorité, voire de l'objectivité forte.
- Les physiciens français sont plus nombreux que leurs homologues indiens à adopter une attitude matérialiste au sujet de la conscience⁹, et sont aussi nettement plus partagés quant à l'état du système avant la mesure¹⁰.

Les choix d'interprétations et les problèmes

Le tableau 3 indique quelles sont les interprétations de la mécanique quantique retenues au sein de chaque groupe de physiciens. Les répartitions entre les différentes interprétations des physiciens de chaque groupe sont voisines sauf à propos de l'interprétation des mondes multiples légèrement plus présentes chez les physiciens français qu'indiens (18 % *vs* 8 %). Un tiers des physiciens de chaque groupe environ (30 % et 31 %) adhère à l'interprétation orthodoxe. Un cinquième environ des physiciens (18 % et 22 %) se passe d'interprétation, le tiers restant répondant qu'ils ne savent pas ou faisant appel à une autre interprétation.

Les physiciens indiens sont plus nombreux à évoquer la mesure comme principal problème d'interprétation¹¹ dans la théorie quantique et

⁹ Le rôle de l'observateur en mécanique quantique a donné lieu à quelques interprétations mettant au centre la conscience de l'observateur dans la mesure. Il s'agit d'interprétations marginales, mais parmi les plus connues du grand public. Commentant la théorie de la mesure de Von Neumann, Edmond Bauer et Fritz London estiment que c'est la faculté d'introspection de l'observateur qui est à l'origine de la réduction de la fonction d'onde (London & Bauer, 1939). Le rôle de la conscience dans le processus de mesure va être défendu encore plus explicitement au début des années 1960 par le prix Nobel de physique Eugène Wigner. Ce dernier regarda la conscience comme un élément de l'esprit, et ainsi l'esprit « collapsant » la fonction d'onde devint un exemple de l'emprise de l'esprit sur la matière, le monde de l'esprit agissant sur le monde de la matière.

¹⁰ La plupart des physiciens estiment, dans leurs réponses, que lors de la mesure, l'interaction avec un objet macroscopique induit la perte de superposition des états. Mais cela peut être valable pour n'importe quel objet macroscopique, pas spécifiquement l'observateur. Si l'état est déjà défini avant la mesure, alors l'observateur ne joue pas de rôle précis, sauf peut-être celui de changer l'état du système.

¹¹ L'évocation de plusieurs problèmes était acceptée. Dans la case « autres », on trouve le lien avec la théorie de la relativité, la dualité onde-corpuscule, le caractère discret des quantas, la question du vide quantique, ou le rôle de l'observateur.

les physiciens français la localité (tableau 4). Ils sont aussi plus nombreux à considérer qu'il n'y a pas de problème d'interprétation, les physiciens français fournissant un nombre élevé de réponses alternatives.

Interprétation	Physiciens français	Physiciens indiens
Copenhague/Orthodoxe	30 %	31 %
Everett/Many Worlds	18 %	8 %
Bohm/Onde pilote	9 %	11 %
Aucune	18 %	22 %
Autre	18 %	6 %
Ne sait pas	10 %	22 %

Tableau 3 – Les différentes préférences en termes d'interprétation de la physique quantique selon l'origine des physiciens (pourcentages arrondis au chiffre supérieur).

Source : Rabourdin, 2016.

	Physiciens français	Physiciens indiens
Localité (EPR)	21 %	7 %
Mesure (perte de superposition)	21 %	37 %
Aucun	8 %	37 %
Autres	50 %	20 %

Tableau 4 – Le principal problème d'interprétation dans la théorie quantique, selon les physiciens interrogés (pourcentages arrondis au chiffre supérieur).

Source : Rabourdin, 2016.

Pour étudier l'existence éventuelle d'un lien entre les préférences thématiques et les interprétations de la mécanique quantique privilégiées par chaque groupe, nous avons rapproché les résultats obtenus avec le tableau présenté dans le cadre conceptuel qui fait le lien entre *themata* et interprétations de la mécanique quantique. Ce rapprochement montre :

- l'existence possible d'une influence des *themata* sur la manière dont les problèmes sont perçus par chaque groupe. Ainsi, les physiciens français sont bien plus intrigués par le problème de localité (paradoxe EPR) que les physiciens indiens, et ceci est à rapprocher de leur adhésion plus

grande à l'aspect continu du *thema* continu/discontinu. Les Indiens, qui sont plus indéterministes, sont davantage intéressés par l'indiscernabilité (problème de la mesure). Autre point notable, les Indiens voient moins de problèmes d'interprétation que les Français.

- le peu d'influence des *themata* sur le choix d'une interprétation de manière collective, ce que nous interprétons comme lié notamment au manque de connaissance des interprétations alternatives.

Cependant, sur des cas individuels de physiciens – en particulier ceux qui soutiennent des interprétations alternatives –, nous avons pu estimer, indépendamment de leur origine, de quelle manière les *themata* influencent leur choix d'interprétation. Par exemple, J.H, qui défend l'interprétation de Bohm, dit la défendre à cause du fait que : « Le problème central est que [...] le résultat d'une mesure individuelle ne peut pas être prévisible de manière unique et certaine ». C'est la recherche de déterminisme qui le pousse à opter pour cette interprétation.

C'est finalement à l'échelle de la population interrogée que nous avons pu repérer que les *themata* influencent les physiciens sur leurs choix d'interprétations de la théorie quantique. Cette influence est légère et moindre que celle liée à d'autres paramètres comme la discipline de recherche (appliquée ou théorique) ou le parcours personnel (lieu d'étude, rencontres, etc.). Par exemple, les physiciens théoriciens vont chercher des théories alternatives quand les physiciens appliqués adoptent plus généralement la théorie de Copenhague, dite orthodoxe.

Discussion

*Éléments d'explication des différences thématiques,
en termes d'histoire culturelle et savante*

Peut-on trouver des éléments d'explication des tendances thématiques observées dans ces deux groupes de physiciens ? Existe-t-il des raisons culturelles qui rendent les physiciens indiens plus déterministes que les Français ? Plus attachés à une vision discontinue, ordonnée, systémique ? Plus enclins à attribuer un rôle à l'observateur dans la mesure ?

Il existe probablement des raisons personnelles, dues aux aléas de l'histoire individuelle qui expliquent les préférences des physiciens – les *themata*. Mais les différences que nous observons entre les deux groupes laissent supposer qu'il existe aussi des raisons collectives et culturelles, et ce sont elles que nous recherchons ici.

Continuité/discontinuité

Les physiciens indiens adhèrent bien plus au discontinu que les Français. Y aurait-il des raisons culturelles ? Dans son ouvrage *Concepts d'espace. Une histoire des théories de l'espace en physique*, Max Jammer raconte la divergence des avis sur la discontinuité de la matière depuis l'Antiquité gréco-latine (Jammer, 2008). Or, cette divergence se retrouve aussi dans l'Antiquité indienne¹². L'Inde antique est l'une des premières sociétés connue à avoir pensé l'atome, peut-être même avant Leucippe et Démocrite, à travers notamment l'école du *Nyāya-Vaiśeṣika*¹³ qui a élaboré des théories basées sur les composés ultimes de la matière (Rabourdin, 2012). Le fonds culturel indien semble plus fermement atomiste que le fonds culturel gréco-latin. D'après Masson-Oursel, le *Nyāya-Vaiśeṣika* s'est, à partir du Moyen Âge, imposé à tout Hindou cultivé par sa doctrine de logique et d'épistémologie ; par suite sa physique, qui en est solidaire, est devenue très familière à tout esprit indien, même partisan d'une métaphysique anti-atomiste » (Masson-Oursel, 1925 : 348). Même Lilian Siburn écrit : « Dans la pensée indienne, le donné primitif est toujours discontinu » (Siburn, 1989 : 138). Cette ancienne particularité indienne est peut-être la raison sous-jacente du penchant actuel des physiciens en faveur d'une discrétisation de la matière.

En revanche, concernant les physiciens français, la tendance pour le continu n'est pas suffisamment prégnante pour revendiquer une tendance

¹² L'atomisme de Démocrite date du v^e-iv^e siècle av. J.-C. L'atomisme indien remonte à Kanada, auteur présumé (et probablement mythique) des *Vaiśeṣika-sūtras*, antérieur d'environ un siècle à Démocrite.

¹³ Les philosophies indiennes ont admis une sorte de jointure entre le discontinu et le continu Ākāśa. Il permet de penser la discontinuité. Ākāśa est comme un liant des particules indépendantes de matière. Avec Ākāśa, les objets ne sont pas absolument distincts, ils sont des parties d'un tout (Rabourdin, 2012).

culturelle. Les physiciens français interrogés présentent un penchant à peine majoritaire pour le continu. Mais, s'il existe une faveur française pour la vision continue de la matière, il sera intéressant de la rapprocher de la préférence, pour un physicien comme L. De Broglie, d'une théorie ondulatoire (et donc continue) plutôt que discrète des phénomènes quantiques.

Subjectivité/objectivité

Les Indiens se montrent un peu plus subjectifs – ils accordent un plus grand rôle à l'observateur – que les Français. Sudhir Kakar, un psychanalyste indien explique que généralement, parmi les Indiens, les objets n'ont pas de place séparée, une existence indépendante, mais ils sont intimement reliés au soi et à son état affectif. Pour Darius Shayegan, « Dans les ontologies orientales [...], ce qu'on appelle si fièrement l'objet n'a aucun sens » (Shayegan, 2003 : 52). La revendication de la valeur de l'expérience vécue tient une grande place dans l'histoire des traditions savantes indiennes. L'objet est intimement lié au sujet qui l'observe (Filliozat, 1957). Dans la plupart des *darśana* – école de pensée ou point de vue doctrinal –, le pôle objectif est si évanescent que finalement la connaissance suprême est celle d'une pure subjectivité, une vérité incommunicable (Belzile, 2009). Cela vaut avec des variantes pour tous les savoirs développés dans l'Inde traditionnelle, y compris ceux qui peuvent nous apparaître comme relevant des sciences exactes, tels que les mathématiques ou l'astronomie. L'objet de la connaissance véritable est justement d'atteindre cette non-séparation entre l'observé et l'observateur (Arguillère, 2005). Pour S. Sarukkai « *both Indian logic and mathematics are themselves empirical. Experience is thus the ultimate grounding of all Indian formulations of knowledge* » (Sarukkai, 2005 : 52). On peut supposer que ce choix philosophique ancien induit une tendance qui s'observe dans l'inconscient collectif, et qui ne sépare pas l'observateur de la connaissance.

Concernant les physiciens français, on peut relier la préférence envers l'objectivité à une continuité historique avec l'ambition des sciences européennes qui se sont construites dans la perspective de développer un savoir objectif. L'objectivité est d'ailleurs un des critères essentiels de la science pour la majorité des physiciens français rencontrés. La physique quantique est venue perturber la place de l'objectivité en science, de même qu'elle l'a fait avec le déterminisme. Les physiciens français sont

relativement partagés sur cette question de l'objectivité. Le penchant en faveur de l'objectivité est ténu. Preuve que le rôle de l'observateur est de plus en plus questionné et que la physique quantique a nettement changé la place de l'objectivité en science pour un certain nombre de physiciens.

Conclusion

Les résultats présentés ici montrent l'existence de différences dans les préférences thématiques des physiciens français et indiens. Si la caractérisation d'une préférence thématique par un degré moyen nous a permis de dégager des différences entre les deux groupes, elle n'est pas suffisante pour caractériser précisément chaque groupe, entre autres son homogénéité. Si, à l'échelle de l'ensemble des interrogés, nous avons pu repérer une légère influence des préférences thématiques sur le choix d'interprétation de la mécanique quantique, cela n'a pas été possible à l'échelle d'un groupe. Pour ce faire, l'étude demande à être poursuivie et la population de chaque groupe étoffée. Une autre méthodologie non fondée sur l'utilisation de moyenne pourrait être mobilisée. Des profils types pourraient être recherchés.

Les différences observées entre physiciens indiens et français, au moins pour certaines tendances, plaident pour une science qui n'est pas complètement indépendante de la culture (ou de l'aire culturelle) et donc, qui incorpore une dimension subjective.

Comme pour tout individu, les chercheurs ont souvent peu conscience des choix philosophiques et des modes préférentiels de représentation véhiculés par leur culture d'origine. Les *themata* peuvent être vus comme des outils permettant de comprendre les différences d'interprétation des théories scientifiques entre les scientifiques. Ils permettent de mieux saisir l'influence parfois inconsciente des valeurs épistémologiques qui traversent l'histoire des peuples.

Reconnaître l'existence de *themata* personnels parmi les scientifiques permet de repenser le rôle du sujet connaissant dans la science. En s'y intéressant, les scientifiques pourront d'autant mieux s'enrichir de ce qui influence leurs modes de représentation. Les *themata* sont personnels mais « une composante » est individuelle et une autre culturelle, notre étude porte sur cette dernière. Il serait intéressant d'étudier une communauté

de physiciens d'une même aire culturelle pour approfondir l'origine des différences individuelles.

Références bibliographiques

- BELZILE Jean-François, 2009. *Vaincre et Convaincre : Une dialectique indienne de la certitude (III^e-VI^e s.). Son éthique et sa comparaison avec la dialectique grecque*, Québec, Presses Universitaires de Laval.
- BORN Max, 1926. « Sur la mécanique quantique des collisions », *Zeitschrift für Physik*, 37, p. 863-67.
- BOYER Thomas, 2011. *La Pluralité des interprétations d'une théorie scientifique : le cas de la mécanique quantique*, thèse de doctorat, sous la dir. de J. Dubucs et A. Barberousse, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- CHRISTIE John R., 1974. « The Origins and Development of the Scottish Scientific Community, 1680-1760 », *History of Science*, 12 (2), p. 122-141.
- CLANET Claude, 1990. *L'interculturel. Introduction aux approches interculturelles en éducation et en sciences humaines*, Toulouse, Presses Universitaires du Mirail.
- CROMBIE Alistair C., 1994. *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition: The History of Argument and Explanation Especially in the Mathematical and Biomedical Sciences and Arts*, London, Duckworth.
- DAVIE George Elder, 1961. *The Democratic Intellect: Scotland and her universities in the Nineteenth Century*, Edinburgh, Edinburgh University Press.
- DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2012. *Bibliometric Study of India's Scientific Publication Outputs during 2001-10. Evidence for Changing Trends*, New-Delhi, <http://www.nstmis-dst.org/pdfs/Evidencesofchangingtrends.pdf> (consulté le 30/11/2023).
- DESCOLA Philippe, 2005. *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard.
- DOGAN Mattèi & PELASSY Dominique, 1982. *Sociologie politique comparative : problèmes et perspectives*, Paris, Economica.
- DUHEM Pierre, 1906. *La Théorie physique : son objet, sa structure*, Paris, Vrin.
- ESPAGNAT Bernard d', 1994. *Le réel voilé : analyse des concepts quantiques*, Paris, Fayard.
- FÉRÉOL Gilles & JUCQUOIS Guy, 2004. *Dictionnaire de l'altérité et des relations interculturelles*, Paris, Armand Colin.

- FILLIOZAT Jean, 1957. « La science indienne du xv^e au xviii^e siècle », in R. Taton (éd.), *Histoire générale des sciences*, vol. 2, Paris, Presses Universitaires de France, p. 737-741.
- FLECK Ludwik, 1935. *Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaftlichen Tatsache Einführung in die Leher vom Denkstil und Denkkollektiv*, Basel, B. Schwabeund Co.,Verlagbuchhandlung.
- GAYON Jean, 1996. « De La Catégorie de Style En Histoire Des Sciences », *Alliage*, 26, p. 13-25.
- HACKING Ian, 2010. « Scientific Reason, Lectures given in Taiwan, 21 April », in *Methods, objects, and truth*, Taiwan.
- HARWOOD Jonathan, 1993. *Styles of Scientific Thought: The German Genetics Community, 1900-1933*, Chicago, University of Chicago Press.
- HOLTON Gerald, 1981. *L'Imagination Scientifique*, Paris, Gallimard.
- HOLTON Gerald, 1996. « The Role of Themata in Science », *Foundations of Physics*, 26 (4), p. 453-465, <https://doi.org/10.1007/bf02071215>.
- HOLTON Gerald, 1975. « On the Role of Themata in Scientific Thought », *Science, New Series*, 418 (188), p. 328-334, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.188.4186.328>.
- HOME Dipankar, 1997. *Conceptual Foundations of Quantum Physics: An Overview from Modern Perspectives*, New York, Plenum Press.
- JAMMER Max, 2008. *Concepts d'espace : une histoire des théories de l'espace en physique*, Paris, Vrin.
- KRANAKIS Eda, 1989. « Social Determinants of Engineering Practice: A Comparative View of France and America in the Nineteenth Century », *Social Studies of Science*, 19 (1), p. 5-70, <https://doi.org/10.4000/amnis.1943>.
- KRISHNA V. V. & JAIN A., 1990. « Country Report: Scientific Research, Science Policy and Social Studies of Science and Technology in India », in *Paper presented at the First Workshop on the Emergence of Scientific Communities in the Developing Countries*, Paris, ORSTOM.
- LÉVI-STRAUSS Claude, 1962. *La Pensée sauvage*, Paris, Plon.
- LONDON Fritz & BAUER Edmond, 1939. *La Théorie de l'observation en mécanique quantique*, Paris, Hermann and Cie.
- MASLEN Geoff, 2013. « Turning out Millions of Doctorates », *University World News*, April 3, 266, <http://www.universityworldnews.com/article.php?story=20130403121244660> (consulté le 30/11/2023).

- MASSON-OURSSEL Paul, 1925. « L'atomisme indien », *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, 99, p. 342-368.
- PESTRE Dominique, 1984. *Physique et physiciens en France, 1918-1940*, Paris, Éditions des archives contemporaines.
- RABOURDIN Sabine, 2012. *Ākāśa dans le Vaiśeṣika. Regard sur une théorie substantielle de l'espace dans une école de pensée logique de l'Inde*, Mémoire de Master 2 (Recherche) en histoire, philosophie et didactique des sciences, Lyon, Université Claude-Bernard (Lyon 1).
- RABOURDIN Sabine, 2016. *Les styles thématiques locaux : l'interprétation du réel par les physiciens selon leur culture : une étude comparative des physiciens indiens et français autour de l'interprétation de la mécanique quantique*, thèse de doctorat, sous la dir. de P. Lautesse et J. Simon, Lyon, Université Claude-Bernard (Lyon 1), <tel-01456846v2>.
- SALOMON Jean-Jacques & SAGASTI Francisco R., 1994. *The Uncertain Quest: Science, Technology, and Development*, Tokyo/NY/Paris, United Nations University.
- SARUKKAI Sundar, 2005, *Indian Philosophy and Philosophy of Science*, Delhi, Centre for Studies in Civilisations.
- SHAYEGAN Daryush, 2003. *Le regard mutilé : schizophrénie culturelle*, La Tour-d'Aigues, Éditions de l'Aube.
- SIBURN Lilian, 1989. *Instant et Cause, le discontinu dans la pensée philosophique de l'Inde*, Paris, De Boccard.

LES MULTIPLES DIMENSIONS DE L'HOMME ET DE LA CONNAISSANCE

QUESTIONS ÉPISTÉMOLOGIQUES, ÉDUCATIVES ET CULTURELLES

À un moment où nombre de défis que le monde contemporain doit relever nécessitent un regain d'intérêt pour les métiers scientifiques (en particulier chez les filles) et l'acquisition par tout citoyen d'une culture scientifique qui lui permette de penser et d'agir dans des contextes variés pouvant mettre en jeu des questions socio-scientifiques ou liées à la diversité culturelle, ce livre aide à comprendre ce qui caractérise la/les science(s) et à en saisir la spécificité.

La thématique centrale, celle des sciences et de leurs frontières par rapport à d'autres pratiques culturelles, est abordée en considérant la science comme pratiques de communautés et en mettant au cœur du questionnement le scientifique, considéré comme une personne multidimensionnelle (avec ses connaissances, émotions, croyances, pratiques culturelles...) et non comme un individu générique.

Sont explorées dans cet ouvrage des questions portant sur ce qui caractérise la/les science(s), sur ce qui la/les distingue ou au contraire la/les rapproche d'autres pratiques – culture(s), art(s) et religion(s) –, ainsi que sur les scientifiques et leur engagement dans chaque pratique, sur les représentations de la/des science(s) par les élèves et étudiants.

Les auteurs réunis ici offrent une multiplicité d'angles d'approche (philosophie, histoire, sociologie, psychologie, anthropologie, sciences de l'éducation et didactique des sciences) sur les sciences et leur enseignement, les arts, les religions. Ils souhaitent aider à « (re)mettre la science en culture », à redonner « de l'épaisseur » aux savoirs scientifiques dans l'enseignement, la formation et leur diffusion, à déconstruire les représentations stéréotypiques de la/des science(s) et des scientifiques, ainsi qu'à dissocier ce qui relève de la personne de ce qui concerne chaque domaine de connaissance et/ou pratique. Ils proposent quelques pistes aux enseignants pour aider les élèves à saisir les caractéristiques des sciences, ainsi que l'existence de régimes de vérité différents.



université
PARIS-SACLAY

EST DidaScO
Didactique des Sciences

ARIST
Association de Recherche et de Recherches des Sciences et des Technologies

Maison des
Sciences de
l'Homme
PARIS-SACLAY

ISSN : 2800-7891
ISBN : 978-2-9590898-1-7
EAN : 9782959089817

