



HAL
open science

Les multiples dimensions de l'Homme et de la connaissance

Laurence Maurines, José-Luis Wolfs

► **To cite this version:**

Laurence Maurines, José-Luis Wolfs. Les multiples dimensions de l'Homme et de la connaissance. Journées d'étude "Les multiples dimensions de l'Homme et de la connaissance: questions épistémologiques, éducatives et culturelles", MSH Paris-Saclay Éditions, Université Paris-Saclay, pp.232, 2024, Actes, 978-2-9590898-1-7. 10.52983/ZJBJ3579 . hal-04633410

HAL Id: hal-04633410

<https://universite-paris-saclay.hal.science/hal-04633410v1>

Submitted on 3 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



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

Les multiples dimensions de l'Homme et de la connaissance

Questions épistémologiques, éducatives et culturelles

**Journées d'étude
(MSH Paris-Saclay, 21 et 22 janvier 2021)**

Sous la direction de
Laurence MAURINES & José-Luis WOLFS

SOMMAIRE

Laurence MAURINES & José-Luis WOLFS	
Introduction. Scientifiques, sciences et frontières de la science par rapport à d'autres pratiques culturelles : regards croisés et caractérisations.....	7
Sabine RABOURDIN	
La subjectivité culturelle dans l'interprétation de la physique quantique. Une comparaison des physiciens indiens et français.....	29
Léna SOLER	
« La » nature de la science ? Réflexions sur les présupposés monistes et inévitabilistes inhérents aux conceptions et pratiques de la science dans notre monde.....	57
Anouk BARBEROUSSE	
Croyances, connaissances et raisonnement. La philosophie de la connaissance comme ressource pour l'enseignement des sciences.	87

José-Luis WOLFS & Xavier HAINE	
Les positionnements entre science et croyances religieuses. Modalités d'analyse, pistes de recherche et stratégies d'enseignement.....	109
Laurence MAURINES & Magali FUCHS-GALLEZOT	
Les sciences et leurs spécificités. Représentations d'étudiants entrant en première année d'université scientifique.....	133
Samira BOURGEOIS-BOUGRINE & Todd LUBART	
Les processus créatifs en sciences et en arts.....	161
Alain KERLAN	
Activité artistique - Activité scientifique. Des frontières réinterrogées sous le signe de l'esthétique.....	181
Cora COHEN-AZRIA	
Postface. Sciences et Connaissances : une question de sujet.....	209
Auteur-es.....	227

Introduction

Scientifiques, sciences et frontières de la science par rapport à d'autres pratiques culturelles : regards croisés et caractérisations

Laurence MAURINES & José-Luis WOLFS

Nombre des défis que le monde contemporain doit relever nécessitent que tout citoyen appréhende ce qui caractérise le savoir scientifique et son mode d'élaboration et ce qui les spécifie comparativement à d'autres domaines de connaissances. Cette composante épistémologique de la culture scientifique est mise en avant dans différents textes institutionnels relatifs à l'enseignement des sciences et à la formation scientifique en France et à l'étranger. Elle est au cœur du champ de recherches en éducation aux sciences désigné par l'acronyme *NoS* (*Nature of Science*) dans les pays anglo-saxons (Lederman, 2007 ; Erduran & Dagher, 2014) et sous-tend les autres champs de recherche en éducation aux sciences.

Le champ de la *NoS* est encore peu exploré en France et dans le monde francophone, malgré des travaux pionniers en ce domaine¹. Si de nombreuses études, se situant au carrefour de la philosophie, de l'histoire et de la sociologie des sciences, des sciences de l'éducation et des didactiques disciplinaires, etc., ont été conduites depuis une trentaine d'années à travers le monde, elles l'ont été principalement à l'étranger et dans le monde anglo-saxon. Les travaux explorent les représentations des sciences des élèves², étudiants et enseignants. Ils examinent l'image des sciences renvoyée par

¹ Il est ainsi à signaler les travaux dans les années 1980-1990 de Fourez (1985) en Belgique, de Larochelle et Désautels (1992) au Canada, de Roletto (1998) en France.

² Le volume est rédigé en langage épïcène.

les programmes, les manuels d'enseignement, et les pratiques enseignantes. Ils étudient l'impact de dispositifs innovants visant à les faire évoluer. Le champ de la *NoS* est parcouru par de nombreux débats, dont celui de la caractérisation de la/des science(s)³ à des fins d'enseignements et des stratégies à mettre en œuvre en classe. Les études sur les sciences auxquelles se réfèrent les chercheurs relèvent d'approches et courants divers en partie liés aux objectifs éducatifs et de recherche poursuivis.

De nombreuses enquêtes conduites dans le champ de la *NoS* soulignent le contraste entre la manière dont les sciences sont perçues, notamment par les élèves et les étudiants, et la manière dont elles sont décrites et analysées dans la sphère académique. Ainsi, les scientifiques sont perçus comme visant « la découverte d'une réalité objective et certaine (ou vraie) existant indépendamment du monde éprouvé par l'individu et social » (Deng *et al.*, 2011 : 964). Ils se doivent d'être sans préjugé, objectifs et logiques (Ryan, 1987). Ils laissent peu de place à l'émotion et à la créativité, celles-ci étant associées avant tout aux arts (Glëveanu, 2014). Des études examinent la corrélation entre ces représentations et différentes variables comme l'appartenance disciplinaire et le genre (Deng *et al.*, 2011). D'autres travaux portant sur l'équité d'accès aux sciences et discutant de la construction de l'identité scientifique soulignent le risque de démotivation pour les sciences et les études scientifiques que ce type de représentations peut engendrer, en particulier parmi les filles (Baker, 2003).

Le séminaire intitulé « Les multiples dimensions de l'Homme et de la connaissance : questions épistémologiques, éducatives et culturelles » que nous avons organisé les 21 et 22 janvier 2021 sous l'égide de la Maison des Sciences de l'Homme Paris-Saclay visait à soutenir le développement de travaux sur les représentations des sciences dans l'enseignement et la formation. Nous souhaitons également contribuer à enrichir et renouveler le questionnement sur la *NoS* par le choix de la thématique des sciences et de leurs frontières par rapport à d'autres pratiques culturelles et par l'adoption d'une approche doublement originale consistant à mettre au cœur du

³ Selon Soler (2009 : 16 et 18), « Parler de la science au singulier, c'est se référer à l'idée générale de scientificité [...]. Mentionner les sciences au pluriel, c'est sous-entendre l'existence d'une multitude de disciplines qui d'un côté différent, de l'autre sont semblables en ce qu'elles sont des instanciations particulières de l'idée de science ».

questionnement le scientifique et à le considérer comme une personne et non comme un individu générique. Ont ainsi été explorées des questions portant sur ce qui caractérise les sciences, les distingue et les rapproche d'autres pratiques (culture(s), art(s) et religion(s)), sur les scientifiques et leur engagement dans chaque pratique.

Nos choix d'organisation reposent sur une conception de la/des science(s) mobilisant l'ensemble des études sur les sciences et la volonté d'ouvrir le champ des possibles en termes de formation aussi bien d'un futur scientifique que de tout citoyen.

En nous appuyant sur le concept de pratiques sociales de référence introduit par Martinand (1986)⁴, l'une de nous (Maurines *et al.*, 2013, 2018 ; Maurines et Fuchs-Gallezot, 2021) a cherché à caractériser les sciences telles qu'elles sont pratiquées au sein d'une communauté de scientifiques. Nous considérons que ces pratiques sont celles de personnes qui vivent dans un contexte socioculturel et historique donné et qui ont appris au cours de leur formation à penser et agir en scientifique. Nous avons retenu plusieurs dimensions pour traduire la cohérence propre de ces pratiques, leur richesse et leur complexité. Certaines se réfèrent à l'épistémologie et permettent de caractériser les savoirs et leurs modalités d'élaboration. D'autres se rapportent à la sociologie et à l'histoire des sciences et permettent de rendre compte de l'inscription des pratiques dans une communauté et une société et d'appréhender leur évolution au cours du temps. Une dernière renvoie à la psychologie des sciences et permet de caractériser les individus, leurs qualités et attitudes. Si, pour certaines études, le scientifique est considéré comme un individu générique, pour d'autres, il est considéré comme une personne singulière avec ses multiples dimensions (connaissances, valeurs, affectivité, etc.) située à la fois au centre des pratiques scientifiques et des autres pratiques culturelles. La figure 1 vise ainsi à montrer qu'au cœur des pratiques scientifiques, il y a des personnes dont l'activité professionnelle est orientée

⁴ Martinand (1986 : 137) définit les pratiques sociales comme des « [...] activités objectives de transformation d'un donné naturel ou humain » (« pratique ») qui « concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels » (« sociale ») et dont « la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité » mais relève d'une relation de comparaison dont elle constitue la référence.

par le niveau institutionnel et qui sont également engagées dans d'autres pratiques.

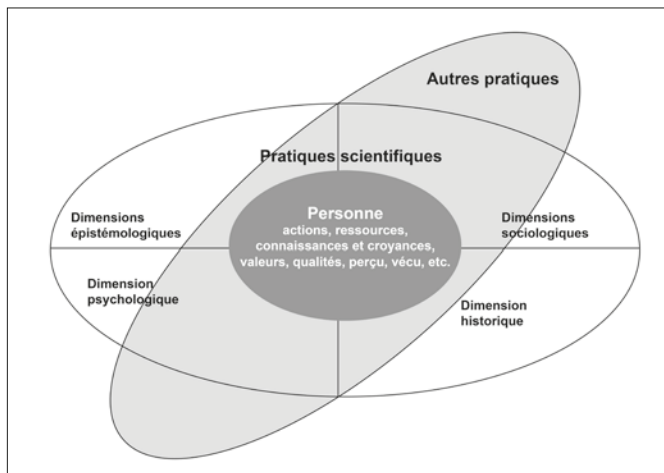


Figure 1 – La science comme pratiques de communautés de personnes agissant en scientifiques.

Source : Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021.

Nos choix proviennent de différents constats. Les travaux qui mobilisent la psychologie et l'anthropologie se développent essentiellement dans d'autres champs des recherches en éducation aux sciences que celui de la *NoS*. De plus, il y a peu d'études comparatives hormis celles sur les rapports entre sciences et religions. Parallèlement, les enseignants du second degré en France sont appelés à la coopération disciplinaire, en particulier avec les disciplines littéraires et artistiques, les rencontres entre sciences et arts se développant également au niveau de l'enseignement supérieur et de la recherche⁵. Depuis quelques années, un nouveau champ de recherches en éducation est apparu : STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*). Les potentialités de l'intégration des arts – notamment perçus comme pouvant favoriser l'émotion et la créativité – dans l'enseignement des disciplines scientifiques et technologiques, y sont entre autres explorées.

⁵ Voir, par exemple, la page « arts, sciences, technologies » du site de l'université Paris-Saclay.

Nos choix sont sous-tendus par trois hypothèses. Premièrement, la comparaison permet d'éclairer chaque pratique et ce que dit chaque pratique de l'autre, de l'être humain, du monde et de la connaissance qu'il peut en avoir, et ainsi d'aider à développer des recherches répondant à la visée éducative défendue par Edgar Morin (1999 : 1) : « faire connaître ce qu'est connaître ». Comme pour Larochelle et Désautels (1992 : 5), il ne s'agit pas pour nous « de promouvoir la supériorité du savoir scientifique sur les autres savoirs, mais bien de le resituer au sein de la panoplie des jeux de connaissance inventés par les hommes et les femmes pour organiser, de façon viable, leurs expériences de cognition ». Deuxièmement, mettre au cœur du questionnement le scientifique considéré comme une personne singulière nous semble susceptible d'aider à articuler les savoirs et les acteurs/personnes et à mettre au jour l'inscription humaine et socio-culturelle des savoirs scientifiques. Enfin, cela nous semble également susceptible d'encourager à penser des objectifs d'enseignement et de formation en termes de développement de personnes ayant à articuler différentes sphères de vie (en particulier scolaire/professionnelle et privée).

Ce séminaire était ainsi non seulement important sur le plan de la recherche en éducation mais aussi sur le plan sociétal. Il s'agissait pour nous d'aider à (re)mettre la science en culture⁶, à redonner de l'épaisseur aux savoirs scientifiques⁷ dans l'enseignement, la formation et la diffusion des sciences. Soutenir l'orientation vers les métiers scientifiques, parfois perçus comme éloignés de certaines populations (les filles, par exemple), favoriser l'acquisition par tout citoyen d'une culture scientifique qui lui permette d'agir de manière responsable, avec esprit critique et ouverture d'esprit dans des contextes variés, caractérisés par la diversité culturelle et idéologique se révèlent des orientations indispensables pour relever les défis du monde contemporain.

Quelques questions clés

Trois grandes catégories de questions, à l'origine de ce séminaire, sous-tendent ce volume :

⁶ Selon l'expression de J.-M. Lévy-Leblond (2007).

⁷ Expression inspirée de B. Maitte (2000).

- Qu'est-ce que la science ? Quelles sont ses caractéristiques ? Comment la définir à des fins d'enseignement ? Comment approcher « l'idée de science⁸ » en classe ?
- Comment situer la science par rapport à d'autres formes de pensée/pratiques communément associées au monde de la culture ? En quoi s'en distingue-t-elle et en quoi, le cas échéant, s'en rapproche-t-elle ? Quelles sont les distinctions entre savoirs/connaissances et croyances et quels rapports savoirs/connaissances et croyances entretiennent-ils ?
- Qu'est-ce qu'un scientifique ? Qu'est-ce qu'engage chez une personne la pratique scientifique ? En quoi le sujet engagé dans une pratique scientifique est-il particulier ? Qu'est-ce qui le différencie, le rapproche du sujet engagé dans une autre pratique ?

En ce qui concerne la première catégorie de questions, les recherches se sont longtemps référées à la vision consensuelle de Lederman (2007) et son équipe. Elle consiste à retenir comme objectif d'enseignement des caractéristiques de la science qui font consensus au sein de la communauté de spécialistes. Les travaux initiaux s'intéressent aux caractéristiques du savoir scientifique, les suivants aux modalités d'élaboration de ce savoir.

Un changement d'approche est apparu depuis quelques décennies dans le champ des études sur les sciences et plus récemment dans le champ de la *NoS*. Désigné par « le tournant pratique » (Soler *et al.*, 2014), il consiste à abandonner une vision normative et trop idéalisée de la science et à adopter une approche descriptive des sciences telles qu'elles sont pratiquées au sein de différentes communautés. Il conduit à s'intéresser non plus uniquement aux savoirs et aux modalités d'élaboration de ces savoirs, mais aussi aux contextes, et à tenir compte d'aspects matériels, collectifs, psycho-sociaux, tacites, etc. Si toutes les propositions de caractérisation des sciences avancées ces dernières années à des fins scolaires permettent d'aider à dégager des ressemblances et spécificités disciplinaires, elles prennent en compte les dimensions humaines, sociales, historiques des sciences à des degrés divers.

La caractérisation présentée plus haut et illustrée au travers de la figure 1, qui sous-tend l'organisation du séminaire et ce volume, se distingue de

⁸ Nous reprenons ici l'expression de Larochelle et Désautels (1992).

celles développées ailleurs dans le champ de la *NoS* (Erduran & Dagher, 2014) notamment par le choix de considérer également l'arrière-plan des croyances et valeurs qui orientent les pratiques scientifiques et le scientifique comme une personne singulière et multidimensionnelle articulant différentes sphères de vie. Cette approche nous conduit à abandonner l'existence d'un critère fort de démarcation entre science/non-science et à défendre l'idée d'un périmètre aux frontières floues toujours à élaborer. Comme le note Ruphy (2018), malgré l'absence de consensus entre les penseurs sur les outils conceptuels à mobiliser pour aborder la démarcation, l'abandon d'un unique critère en faveur d'un ensemble de critères les conduit néanmoins, une fois ces derniers appliqués, à des positions communes sur ce qui est scientifique.

En ce qui concerne les modalités de travail de la *NoS* en classe, différentes approches sont mises en avant : l'approche valorisée par Lederman et son équipe consiste à travailler explicitement en classe des objectifs d'enseignement d'ordre épistémologique en s'appuyant par exemple sur l'histoire des sciences (Abd-El-Khalick, 2013) ; l'approche que nous qualifierons d'implicite soutenue par Duschl et Grandy (2012) vise une *NoS* fonctionnelle et repose sur la pratique de sciences « authentiques » en classe. Les recherches sur l'impact de dispositifs innovants montrent que « faire faire des sciences » aux élèves ne suffit pas pour qu'ils se construisent une représentation des sciences plus proche de celle de l'épistémologie contemporaine. Un enseignement explicite de la *NoS* est nécessaire ainsi qu'une approche réflexive, la complémentarité des stratégies (histoire des sciences, investigation, cas contemporains) étant défendue (Allchin *et al.*, 2014) ainsi qu'une progressivité (Khisfe, 2022).

La deuxième catégorie de questions amène à situer les sciences par rapport à la culture et à d'autres pratiques culturelles, ainsi qu'à situer les savoirs/connaissances par rapport aux croyances.

Il existe différentes manières d'envisager les rapports entre science et culture. Ainsi, à certaines époques ou dans certains contextes culturels, une forme d'imbrication entre sciences et arts était présente. Par exemple, au Moyen Âge, la faculté préparatoire, dite des arts (au sens d'arts libéraux de l'Antiquité) incluait au sein d'un même ensemble de matières – le quadrivium – l'arithmétique, la géométrie, l'astronomie et la musique.

La notion de mesure était commune à toutes ces disciplines. À d'autres époques, un cloisonnement beaucoup plus marqué s'est instauré entre les disciplines considérées comme culturelles (littéraires ou artistiques) et les disciplines scientifiques, les unes supposées correspondre plus à l'esprit de « finesse » et les autres davantage à l'esprit de « géométrie », pour paraphraser Pascal.

Pour d'autres auteurs, plus contemporains, la science doit être pensée comme une forme de culture, ayant ses pratiques propres, chaque communauté scientifique pouvant être considérée comme ayant les siennes. Knorr-Cetina (1999 : 1) désigne ces « *cultures that create and warrant knowledge* » par « cultures épistémiques » et les définit comme « *those amalgams of arrangements and mechanisms—bonded through affinity, necessity, and historical coincidence—which, in a given field, make up how we know what we know* ». Selon elle, la conception universaliste et moniste de la science longtemps prévalente a entravé l'appréhension de la science comme culture : « *If there was only one scientific method and one knowledge, how could the notion of culture apply to science?* » (Knorr-Cetina, 2005 : 66).

Dans le champ des recherches en éducation, cette conception de la science comme cultures/pratiques épistémiques est également présente. C'est celle qui sous-tend la défense de Duschl et Grandy (2012) pour l'approche implicite de la *NoS* par la « *participation in the culture of scientific practices* ». Comme ils le soulignent : « *science education is more than teaching what we know. Science education is also and importantly about how we know and why we believe what we know over alternatives; e.g., the cognitive, epistemic, and social discourse practices that characterize science* ». (2012 : 23). Plus récemment, Kind et Osborne (2017) rappellent que le but de l'enseignement scientifique est avant tout culturel : il s'agit d'initier aux grandes manières de penser en sciences. En s'appuyant sur les travaux de Ian Hacking, les auteurs en définissent plus précisément six : *Mathematical Deduction, Experimental Evaluation, Hypothetical Modeling, Categorization and Classification, Probabilistic Reasoning, Historical-Based Evolutionary Reasoning*. Dans cette perspective, l'enseignement des sciences est clairement perçu comme une acculturation.

Une autre manière d'envisager les rapports entre science et culture consiste à s'intéresser à la diversité des productions scientifiques selon les contextes culturels (science grecque, science arabe, etc.), ainsi qu'aux

circonstances ayant conduit à l'émergence de la science dite moderne (Stengers, 1995), telle qu'elle s'est institutionnalisée en Europe au xvii^e siècle, avec la création et la multiplication des académies savantes. Malgré la diversité de ses origines, la science peut être perçue aujourd'hui, dans différentes parties du monde, comme occidentale et impérialiste. Un important courant de recherche dénonce d'ailleurs aujourd'hui la colonialité des savoirs scientifiques (Quijano, 2007 ; Quiroz, 2019). Par ailleurs, en ancrant la science conçue comme une culture dans une culture et en adoptant une approche comparative, Hasse (2009) rend compte du plus grand nombre de femmes physiciennes dans plusieurs pays du sud et de l'est de l'Europe comparativement à ceux du nord. Les différences observées entre ces pays dans les représentations de la physique semblent liées à la place accordée aux sciences humaines dans l'enseignement et la société et impacter les processus tant d'orientation que de sélection vers l'enseignement supérieur scientifique. Encore valorisée dans un pays comme l'Italie, la physique est davantage intégrée à l'histoire culturelle générale et ne semble ni perçue comme une discipline particulièrement difficile, ni associée au masculin, si bien qu'environ 44 % des étudiants entrant à l'université en physique sont des femmes et que plus d'un tiers d'entre elles ont une formation de base en sciences humaines⁹.

Ces considérations historiques et épistémologiques ont des implications importantes sur le plan éducatif. Ainsi, les travaux en éducation inscrits dans une perspective anthropologique et culturelle des sciences (Hodson, 2009) ancrent la science dans la société et une culture (occidentale), et considèrent l'apprentissage des sciences comme un franchissement de frontières culturelles, « *a cultural border-crossing* » pour reprendre les termes de Cobern et Aikenhead (1998). Les conflits de vérité perçus par certains apprenants entre la science considérée comme une culture et la vision du monde portée par leur culture familiale sont parfois difficilement vécus et tels qu'ils les considèrent à l'origine de leur situation d'échec (Roth & Alexander, 1997). Ils se manifestent aussi par des résistances et un désengagement dans certains apprentissages dont les sujets sont potentiellement sensibles, tels que l'origine de la vie (Hanley, Bennett & Ratcliffe, 2014).

⁹ L'enquête réalisée dans les universités italiennes porte sur l'année 2000-2001.

Il existe aussi différentes manières d'envisager les rapports entre savoirs/connaissances *versus* croyances.

Un des thèmes qui a sans doute le plus retenu l'attention ces dernières décennies est celui des sources de tensions possibles entre certains savoirs scientifiques et des croyances de type religieux, amenant en particulier à un rejet total ou partiel de la part d'élèves, mais aussi d'enseignants de la théorie de l'évolution (ex : Clément, 2014). Plus largement, le thème de la croyance/des croyances est présent également au travers des *worldviews* dans les études appréhendant la science comme une culture et intégrée dans une culture.

En plus des croyances relevant d'autres sphères possibles de la pensée (*worldviews*, religions, etc.), il convient de **reconnaître** aussi la présence de croyances au sein même du **domaine** scientifique. Les croyances font partie intégrante des pratiques et prennent différentes formes. Les énoncés qui se rapportent à la dimension métaphysique du paradigme sont à leur fondement et restent le plus souvent tacites. Ces présupposés portent sur la réalité et la connaissance que l'on peut en avoir, sur les questions auxquelles la science peut répondre ainsi que les démarches à adopter et les preuves à apporter. Il n'existe pas de consensus sur les présupposés ontologiques hormis le fait qu'il existe une réalité extérieure à l'esprit. Les scientifiques peuvent en effet avoir une vision différente de la nature de cette réalité. Même dans le cas où leur vision du monde ne fait intervenir qu'un seul niveau de réalité, ils peuvent le concevoir différemment (vision déterministe *vs* vision fondée sur le hasard, vision continue *vs* vision discontinue, etc.). Les valeurs ou critères de positionnement théorique et de choix (la parcimonie, la cohérence, par exemple) orientent l'activité scientifique et l'élaboration de nouveaux savoirs et peuvent être à l'origine de désaccord et de débats au sein de la communauté scientifique¹⁰. Si certains de ces éléments sont partagés par les scientifiques à une époque donnée et stables dans le temps (par exemple, le principe du matérialisme méthodologique), d'autres sont interprétés différemment, remodelés et redéfinis.

¹⁰ Voir par exemple Brenner (2011).

Enfin, en référence à la troisième catégorie de questions, en considérant le scientifique comme une personne, nous souscrivons à l'idée qu'il lui faut articuler des pratiques relevant de différentes « sphères de vie » et domaines de connaissances, que celles-ci peuvent être liées à une vision du monde particulière, par exemple religieuse. Au cours de sa formation, le scientifique apprend à différencier les contextes, ce qui relève de la sphère professionnelle et personnelle, ce qui relève du registre scientifique et du registre religieux. Plus largement, l'activité scientifique fait appel à différentes qualités/dispositions qui doivent être vues comme en tension et non pas comme exclusives. Elle nécessite par exemple de mobiliser et d'articuler « esprit créatif » et « esprit de contrôle » (Cariou, 2015), engagement émotionnel et neutralité émotionnelle (Gauld, 2005).

Ce séminaire s'est voulu interdisciplinaire. La caractérisation des sciences selon une approche pluridimensionnelle des pratiques et des personnes, la centration sur le thème des frontières des sciences questionnées par la mise en perspective avec d'autres formes de pensée/pratique comme les arts ou les religions, l'articulation de cette thématique à des questions éducatives et de formation ont conduit à convoquer plusieurs approches (philosophie, histoire, sociologie, psychologie, anthropologie, sciences de l'éducation et didactique des sciences) et à les articuler autour de différents objets (sciences, religions, arts, éducation et formation).

Ce volume offre un aperçu quasi complet de ce qui s'y est tenu¹¹. Il contient sept textes relevant de différents champs académiques, le dernier étant une mise en perspective des précédents par le grand témoin de ces journées, Cora Cohen-Azria. Nous la remercions ainsi que tous les intervenants d'avoir accepté de croiser leurs regards et de permettre ainsi de nourrir et enrichir la réflexion sur les sciences, l'éducation et la formation scientifique.

Les textes

Le parcours proposé débute par deux textes centrés sur les pratiques scientifiques. Les deux invitent à penser les croyances qui orientent et guident les pratiques scientifiques, plus précisément l'activité d'interprétation

¹¹ Voir le programme : <https://msh-paris-saclay.fr/journees-detude-les-multiples-dimensions-de-lhomme-et-de-la-connaissance-21-22-01-2021> (consulté le 12/02/2024).

théorique. Le premier relève de l'anthropologie culturelle, le second de la philosophie des sciences.

Les questions de l'universalité et de l'objectivité/subjectivité de la science ont fait l'objet de nombreux débats. **Sabine Rabourdin** les aborde en anthropologue des sciences à partir d'une étude des représentations du réel des scientifiques, plus précisément de leurs présupposés métaphysiques. Elle cherche à déterminer si ces présupposés sont partagés au-delà des spécificités culturelles géographiques des scientifiques. Centrant son étude sur la physique quantique, elle examine comment des physiciens français et indiens abordent les problèmes conceptuels centraux de cette théorie et l'interprètent. Dans la lignée de Holton, elle cherche à dégager les *themata* privilégiés par un physicien et par un groupe de physiciens vivant dans la même aire géographique. À partir des entretiens semi-directifs réalisés auprès de deux groupes comptant chacun trente-deux physiciens, elle repère l'existence de différences entre les groupes de physiciens français et indiens. La mise en perspective des *themata* privilégiés par chaque groupe avec leur arrière-plan culturel et savant local tend à conforter l'hypothèse d'un lien entre la culture et les préférences thématiques. À l'échelle de la population totale interrogée, un lien a pu être repéré entre les préférences thématiques et le choix d'interprétation théorique.

Léna Soler questionne également les présupposés métaphysiques qui fondent et orientent les pratiques scientifiques dans le cadre particulier des sciences de la nature. Elle attire l'attention sur les présupposés « moniste » et « inévabiliste » et analyse leurs effets insidieux et préjudiciables en philosophie des sciences mais aussi plus largement. Le premier est un présupposé d'unicité théorique selon lequel, à propos d'un objet étudié dans une perspective scientifique, il y a une unique théorie optimale. Le second repose sur la conviction selon laquelle les théories et autres résultats scientifiques n'auraient pas pu, *en droit*, être radicalement autres. Ces présupposés sont puissamment ancrés et associés à un ensemble d'actions, de réactions, de jugements et d'affects, constitutifs de la manière dont la science est conçue, pratiquée, discutée et évaluée – c'est-à-dire constitutifs de « la » nature de la science communément appréhendée au singulier. Léna Soler montre que quand on cesse d'être aveugle aux effets insidieux de ces présupposés, des arguments classiques centraux s'avèrent n'avoir ni le sens, ni la force qui leur sont très largement conférés. Elle invite à discuter ce

que pourraient être et apporter des sciences alternatives « pluralistes » et « contingentistes », et fait quelques suggestions. Les impacts d'une telle discussion sont cruciaux bien au-delà de la philosophie des sciences, car de telles sciences alternatives engageraient des transformations essentielles des pratiques scientifiques professionnelles et des cursus scientifiques actuels.

Le texte suivant aborde les croyances et leurs transformations en connaissance au travers du raisonnement. Constatant qu'elles sont au cœur de la relation entre élèves et enseignants, **Anouk Barberousse** cherche à proposer aux enseignants des outils d'analyse et des aides pour soutenir le développement des capacités argumentatives des élèves et ainsi faire entrer les élèves dans les pratiques épistémiques des sciences. En s'appuyant sur la philosophie de la connaissance qui étudie la nature des croyances et des connaissances et leur rapport à la vérité et sur les études empiriques réalisées en psychologie, elle discute des croyances au sens de « ce que l'on tient pour vrai ». Elle examine différents types de croyances en mettant l'accent sur celles susceptibles d'affecter les pratiques pédagogiques plutôt que sur celles qui nourrissent le débat philosophique (croyances ordinaires vs scientifiques, croyances religieuses vs scientifiques). Sont ainsi distinguées, entre autres, croyances occurrentes et implicites, croyances générales et particulières, croyances vraies et fausses, croyances pertinentes et non pertinentes. Elle s'intéresse aux trois sources des croyances que sont la perception, le témoignage, le raisonnement. L'analyse des raisonnements mobilisés dans l'enseignement des sciences l'amène à distinguer les preuves mathématiques du raisonnement sur les faits et de l'interprétation des faits. La prise de conscience que le raisonnement sur les faits transcende la frontière entre les raisonnements pratiqués dans la vie quotidienne et les raisonnements scientifiques est présentée comme susceptible d'avoir des effets libérateurs pour les élèves comme pour les enseignants.

Les quatre textes suivants abordent les sciences comparativement à deux autres domaines/pratiques : les religions abordées en tant que telles ou sous l'angle plus large de la croyance, les arts.

Les textes de José-Luis Wolfs et Xavier Haine et de Laurence Maurines et Magali Fuchs-Gallezot sont ancrés en sciences de l'éducation et didactique des sciences.

Depuis en particulier Galilée et Descartes (distinction entre causes ultimes et causes efficientes), la science dite « moderne » (Stengers, 1995) est une science que l'on peut qualifier aussi de « sécularisée » (autonome par rapport aux croyances religieuses). Alors que l'on aurait pu penser que cette conception sécularisée de la science était aujourd'hui largement diffusée et admise, des études réalisées dans différentes parties du monde montrent que des élèves, et même des enseignants (ex : Clément, 2014), rejettent totalement ou partiellement la théorie de l'évolution au nom de motifs religieux. **José-Luis Wolfs** et **Xavier Haine** montrent que, loin d'être un cas particulier lié au caractère sensible du thème (la question des origines), c'est la conception même d'une science sécularisée qui n'est pas acceptée par un grand nombre d'élèves croyants (quelle que soit leur religion) dans différents pays. Dans leur article, les auteurs présentent succinctement les résultats d'une enquête internationale réalisée auprès de plus de six mille élèves de terminale de seize pays et développent le cadre théorique élaboré pour cette enquête (Wolfs, 2013 ; Wolfs *et al.*, 2021). Ils discutent de la méthodologie utilisée et des implications didactiques, notamment dans la perspective de la création d'un dispositif d'enseignement-apprentissage visant à amener des élèves, dès l'enseignement primaire, à différencier le registre explicatif scientifique et les croyances religieuses et à éviter toute forme d'amalgame, confusion ou instrumentalisation entre les deux (thèse de Xavier Haine, en cours).

Dans la perspective d'une acculturation scientifique citoyenne de tous les élèves et d'un regain d'intérêt pour les métiers scientifiques, il est attendu plus ou moins explicitement des enseignants de sciences du secondaire en France qu'ils aident les élèves à saisir la spécificité des sciences ainsi que l'existence de régimes de vérité différents. **Laurence Maurines** et **Magali Fuchs-Gallezot** présentent les résultats d'une partie d'un questionnaire visant à explorer les représentations des sciences de six-cent-un primo-entrants dans une université scientifique. Elles développent l'approche théorique qu'elles ont adoptée consistant à caractériser les sciences en articulant pratiques sociales, psychologie et anthropologie puis examinent les réponses à trois questions qui interrogent les sciences selon différentes entrées. L'une est centrée sur les scientifiques considérés comme individus génériques et leurs pratiques (quelles sont les quatre qualités les plus importantes pour un scientifique ?).

Les deux autres abordent les sciences comparativement à deux autres pratiques, l'une sous l'angle des savoirs (les connaissances scientifiques sont-elles de même nature que les connaissances artistiques et philosophiques ?), l'autre sous l'angle du sujet (un scientifique peut-il être croyant ?). Elles analysent les verbatims fournis aux questions comparatives et examinent l'impact du positionnement sur les caractéristiques des sciences mises en avant par les étudiants. Elles discutent de l'intérêt d'une approche centrée sur le sujet et en termes de possibles.

Les deux textes centrés sur sciences et arts permettent de déconstruire les visions stéréotypiques de deux domaines perçus comme séparés sans pour autant les confondre, de dissocier ce qui relève de l'individu et ce qui est associé à chaque domaine. Dans les sciences aussi et pas uniquement dans les arts, il y a de la créativité et de l'émotion, ou, plutôt, un scientifique est créatif et vit des moments de perception esthétique tout comme un artiste. Ils permettent également de montrer l'apport au niveau individuel des transferts d'un domaine de formation à l'autre et des interactions entre artistes et scientifiques.

Samira Bourgeois-Bougrine et **Todd Lubart** s'intéressent à la créativité – compétence considérée, à la fois sur le plan personnel, professionnel et sociétal, comme une des compétences clés du XXI^e siècle – ainsi qu'aux modules de formation visant à favoriser la résolution créative de problèmes que les universités proposent de plus en plus aux étudiants. Ancrée en psychologie différentielle, leur étude examine les points communs et les différences dans les processus créatifs d'étudiants en ingénierie et en écriture scénaristique engagés dans des projets créatifs et évalue l'efficacité de la formation à la créativité reçue préalablement par les étudiants-ingénieurs (150 h). Elle repose sur les carnets de suivi renseignés par vingt-sept étudiants en école d'ingénieurs (ESAM) et sept étudiants se destinant à un métier de l'image et du son (FEMIS). Des similitudes sur les étapes suivies au début et à la fin du processus créatif par les deux populations et des différences sur les points privilégiés (les étudiants écrivains sont davantage préoccupés par l'essai de différentes idées et les étudiants ingénieurs par la gestion des contraintes) sont mises au jour. D'importantes différences interindividuelles sont repérées au sein de la population d'étudiants-ingénieurs dans les étapes du processus de création, dans leurs performances ainsi que dans la nature et l'efficacité des

outils de créativité et de développement utilisés. Le besoin de clôture pourrait être à l'origine des abandons et arrêts précoces. Les auteurs concluent par des suggestions en matière de formation, le but étant de sensibiliser les personnes à leur propre créativité et d'éliminer les obstacles à l'expression de leur nature créative.

C'est en philosophe de l'éducation et de l'éducation artistique qu'**Alain Kerlan** traite des frontières et des relations entre les sciences et les arts, plus largement les « humanités », depuis la réforme de l'enseignement secondaire en France en 1902 et la généralisation de l'enseignement scientifique. Il montre comment la séparation des sciences et des arts, qui est encore très présente dans les esprits et structure les conceptions dominantes de la culture et de l'éducation, résonne avec le programme éducatif imprégné de positivisme de Durkheim. La culture esthétique s'est trouvée écartelée entre dévalorisation de ce côté, et survalorisation du côté du romantisme et de l'avant-gardisme, la capacité éducative des sciences étant par ailleurs mise en question et la notion de culture scientifique restant fragile. Il donne à voir les nouvelles configurations entre arts et sciences qui se dessinent aujourd'hui depuis le mot d'ordre de Lévy-Leblond dans les années 1980, « mettre la science en culture » dès lors que la séparation entre sciences et arts est assumée¹². Des artistes recourent, dans leurs créations mêmes, à des concepts et à des processus empruntés au monde des sciences. Des scientifiques et des artistes se réunissent dans un même projet. Des scientifiques se nourrissent de la rencontre des artistes et de leurs œuvres. L'auteur conclut en s'appuyant sur la philosophie de l'art du philosophe fondateur du pragmatisme, John Dewey. Quoique différentes, l'activité artistique et l'activité scientifique ont néanmoins un sol commun, celle de l'expérience esthétique. Déjà-là dans l'expérience ordinaire, elle est aussi à l'œuvre dans le travail intellectuel.

Terminons par l'article de **Cora Cohen-Azria**, grand témoin des journées. Il propose un cheminement de pensée issue de la rencontre entre sa lecture des textes et les axes de réflexion qu'ils lui ont permis de construire dans le cadre de son espace de recherche. À partir d'un ancrage

¹² C'est aussi la position défendue par Jean-Marc Lévy-Leblond (2010). (Re)mettre en culture ne signifie pas faire disparaître les différences.

en didactique des sciences, la dynamique entre sujet de la recherche (chercheur, scientifique, etc.) et objet de recherche (les contenus au sens large) est ici centrale. Dans cette contribution, les sciences sont d'abord analysées comme discipline d'enseignement explorant les questionnements autour de la conscience disciplinaire des sujets, de la naturalisation des concepts, des différentes recontextualisations possibles (que celles-ci soient en lien avec l'espace de leur élaboration ou avec les choix politiques et sociétaux d'une époque). Les sciences sont ensuite pensées comme le fruit de l'activité du scientifique. En effet, penser la science ne peut pas se concevoir en faisant abstraction du sujet premier de la recherche : le chercheur lui-même. Il se caractérise par ses spécificités, ses singularités qui prennent place dans l'espace théorique culturel et partagé. Mettre de côté les singularités du sujet chercheur n'est pas plus objectif que de choisir de les identifier, d'apprendre à les connaître, à les définir pour les contrôler sans les nier. Sont alors interrogées des notions rarement mises en relation avec la science comme celle de communauté d'invention, de religions ou encore d'émotion.

Au travers de ces journées et de ce volume, il s'est agi essentiellement d'interroger la/les science(s) en adoptant une approche comparative et en partant du sujet, afin de dissocier ce qui relève de la personne et de son expérience vécue de ce qui est associé à chaque domaine de connaissance/pratique. Ce faisant, la science se révèle plurielle, conduite par des êtres humains formés dans une culture donnée, fondée sur des raisonnements sur les faits et un arrière-plan de croyances imprégné de monisme. Les scientifiques apparaissent eux aussi pluriels, diversement attachés aux valeurs qui imprègnent les pratiques épistémiques de leur communauté et nourris de croyances. Ils vivent des moments de perception esthétique/créative et sont enrichis par les interactions avec d'autres pratiques, entre autres artistiques. Les chercheurs y sont invités à la vigilance sur leurs propres présupposés et les enseignants de sciences à penser les raisonnements sur les faits comme transcendant la frontière entre raisonnements scientifiques et ceux de la vie quotidienne, à faire appel à des approches pédagogiques mobilisées dans des domaines communément appréhendés comme opposés aux sciences, notamment celles proposées dans les écoles d'art.

Ce sont autant d'incitations à poursuivre des recherches dans le champ de la *NoS* afin d'offrir un cadre explicite de caractérisation de la/des science(s) à

des fins scolaires fondés sur une approche psycho-anthropologique et culturelle des pratiques scientifiques. Il s'agit selon nous d'élaborer un cadre prenant comme entrée non pas uniquement le scientifique comme le suggère Mohan et Kelly (2020) mais aussi le sujet, en étant vigilant à celui que l'on construit au travers du cadre choisi comme le recommande Tutiaux-Guillon (2019) en didactique de l'histoire et auquel on se réfère dans le champ des « éducations à » (Hagège, 2014). Cela devrait conduire à offrir un cadre explicite de travail de la *NoS* permettant de penser la/les science(s) comme des cultures épistémiques ancrées dans une culture/des cultures, un cadre cohérent avec celui qui sous-tend les travaux réalisés dans d'autres champs des recherches en éducation et aidant à répondre à différents enjeux éducatifs, entre autres d'orientation et de prise en charge de la diversité, en particulier culturelle.

Ce sont également autant d'incitations à poursuivre des recherches afin de soutenir le développement de la place accordée à la dimension épistémologique dans l'enseignement et la formation scientifique. Des pistes de réflexion et d'action nous semblent déjà pouvoir être proposées aux enseignants et formateurs en sciences et sciences humaines. Outre la proposition d'un enseignement explicite et réflexif de la *NoS* mobilisant des approches complémentaires, il nous semble important de différencier le sujet et les communautés scientifiques pour penser la/les science(s), et corollairement souligner le pluralisme interne et externe de la science. D'une part, lorsque cela s'y prête, il s'agit de mettre au jour la diversité de croyances ontologiques et de valeurs qui orientent les pratiques scientifiques et de montrer l'existence de plusieurs interprétations, modèles, théories, paradigmes, au sein d'un même champ d'études. Cela nous semble pouvoir aider à donner du sens à l'existence de controverses en sciences et à penser les savoirs scientifiques comme socialement construits. D'autre part, il s'agit de pouvoir situer et caractériser la/les science(s) par rapport à d'autres champs de la pensée (ex : cultures, arts, savoirs traditionnels, croyances religieuses, etc.) ou par rapport à des enjeux sociétaux (valeurs, enjeux politiques notamment par le biais des questions socialement vives).

De nombreux débats restent néanmoins ouverts dont celui sur les façons d'articuler différents cadres élaborés pour penser et définir la/les science(s) à des fins scolaires, sur les approches théoriques à privilégier en fonction des

objectifs éducatifs poursuivis. Quelles disciplines mobiliser pour la/les caractériser (philosophie, histoire, anthropologie, sociologie, psychologie, etc.) ? Quelles entrées adopter (le savoir scientifique ou les modes d'élaboration de ce savoir, la science ou une discipline scientifique, le scientifique ou l'institution, le scientifique en tant qu'individu générique ou en tant que personne, la science uniquement ou comparativement à d'autres champs de la pensée) ? Quel empan de l'ancrage sociétal, historique et culturel retenir ?

Références bibliographiques

- ABD-EL-KHALICK Fouad, 2013. « Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains », *Science & Education*, 22, p. 2087-2107, <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9520-2>.
- ALLCHIN Douglas, HANNE MØLLER Andersen & KELD Nielsen, 2014. « Complementary approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice », *Science Education*, 98 (3), p. 461-486, <https://doi.org/10.1002/sce.21111>.
- BAKER Dale R., 2003. « Equity issues in science education », in B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education*, Dordrecht, Kluwer Academic publishers, p. 869-895.
- BRENNER Anastasios, 2011. *Raison scientifique et valeurs humaines. Essai sur les critères du choix objectif*, Paris, PUF.
- CARIOU Jean-Yves, 2015. « Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle », *Recherches en éducation*, 21, p. 12-33, <https://doi.org/10.4000/ree.7489>.
- CLÉMENT Pierre, 2014. « Les conceptions créationnistes d'enseignants varient-elles en fonction de leur religion ? », *Éducation et Société*, 33 (1), p. 113-136, <https://doi.org/10.3917/es.033.0113>.
- COBERN William W. & AIKENHEAD Glen S., 1998. « Cultural aspects of learning science », in B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education*, Dordrecht, Kluwer Academic publishers, p. 39-52.
- DENG Feng, CHEN Der-Thanq, TSAI Chin-Chung & CHAI Ching Sing, 2011. « Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research », *Science Education*, 95 (6), p. 961-999, <https://doi.org/10.1002/sce.20460>.

- DUSCHL Richard A. & GRANDY Richard, 2012. « Two views about explicitly teaching nature of science », *Science & Education*, 22 (9), p. 2109-2139, <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>.
- ERDURAN Sibel & DAGHER Zoubeida R, 2014. *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*, Dordrecht, Springer.
- FOUREZ Gérard, 1985. *Pour une éthique de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, Vie ouvrière.
- GAULD Colin F., 2005. « Habits of Mind, Scholarship and Decision Making in Science and Religion », *Science & Education*, 14, p. 291-308, <https://doi.org/10.1007/s11191-004-1997-x>.
- GLĂVEANU Vlad Petre, 2014. « Revisiting the “Art Bias” in Lay Conceptions of Creativity », *Creativity Research Journal*, 26 (1), p. 11-20, <https://doi.org/10.1080/10400419.2014.873656>.
- HAGÈGE Hélène, 2014. « Des modèles du sujet pour éduquer à la responsabilité. Rôles de la conscience et de la méditation », *Éducation et socialisation*, 36, <https://doi.org/10.4000/edso.1068>.
- HANLEY Pam, BENNETT Judith & RATCLIFFE Mary, 2014. « The Inter-relationship of Science and Religion: A typology of engagement », *International Journal of Science Education*, 36 (7), p. 1210-1229, <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.853897>.
- HASSE Cathrin, 2009. « Cultural Models of Physics. An Analysis of Historical Connections Between Hard Sciences, Humanities and Gender in Physics », in O. Skovsmose & P. Valero (eds), *University Science and Mathematics Education in Transition*, Hamburg, Springer Verlag, p. 109-132.
- HODSON Derek, 2009. *Teaching and Learning about Science. Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*, Rotterdam & Boston & Taipei, Sense publishers.
- KIND Per & OSBORNE Jonathan, 2017. « Styles of Scientific Reasoning—a Cultural Rationale for Science Education? », *Science Education*, 101 (1), p. 8-31, <https://doi.org/10.1002/sc.21251>.
- KHISFE Rola, 2022. « Improving Students’ Conceptions of Nature of Science: A Review of the Literature », *Science & Education*, <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00390-8>.
- KNORR-CETINA Karin, 1999. *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge*, Cambridge & London, Harvard University Press.

- KNORR-CETINA Karin, 2005. « Culture in Global Knowledge Societies: Knowledge Culture and Epistemic Cultures », in M. D. Jacobs & N. Weiss Hanrahan (eds), *The Blackwell Companion to the Sociology of Culture*, Malden & Oxford & Australia, Blackwell Publishing, p. 65-79.
- LAROCHELLE Marie & DÉSAUTELS Jacques, 1992. *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants*, Bruxelles, de Boeck.
- LEDERMAN Norman, 2007. « Nature of Science: Past, Present and Future », in S. K. Abell & N. G. Lederman (eds), *Handbook of Research on Science Education*, London, Lawrence Erlbaum associates, p. 831-879.
- LÉVY-LEBLOND Jean-Marc, 2007. « (Re)mettre la science en culture : de la crise épistémologique à l'exigence éthique », Allocution lors de l'inauguration de l'ISEM (Institute for scientific methodology) de Palerme en mars 2007, <https://hal.science/hal-01197326/file/C56Levy.pdf> (consulté le 30/11/2023).
- LÉVY-LEBLOND Jean-Marc, 2010. *La science (n')e(st) (pas) l'art. Brèves rencontres*, Paris, Hermann.
- MAITTE Bernard, 2000. « Mettons la science en culture », *Spirale. Revue de recherches en éducation*, 26 (Culture scientifique et culture technique à l'école), p. 23-33, https://www.persee.fr/doc/spira_09943722_2000_num_26_1_1485 (consulté le 30/11/2023).
- MARTINAND Jean-Louis, 1986. *Connaître et transformer la matière*, Berne, Peter Lang.
- MAURINES Laurence, GALLEZOT Magali, RAMAGE Marie-Joëlle & BEAUFILS Daniel, 2013. « La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 7, p. 19-52, <https://doi.org/10.4000/rdst.674>.
- MAURINES Laurence, FUCHS-GALLEZOT Magali & RAMAGE Marie-Joëlle, 2018. « Représentations des étudiants sur les scientifiques et les savoirs scientifiques : exploration des caractéristiques associées et de leurs spécificités », *Recherches en Éducation*, 32, p. 51-71, <https://doi.org/10.4000/ree.2266>.
- MAURINES Laurence & FUCHS-GALLEZOT Magali, 2021. « Un scientifique peut-il être croyant ? Enquête exploratoire auprès d'étudiants entrant en première année d'étude universitaire en sciences », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, p. 31-58, <https://doi.org/10.4000/rdst.3893>.
- MOHAN Ashwin & KELLY Greg J., 2020. « Nature of Science and Nature of Scientists. Implications for University Education in the Natural Sciences », *Science & Education*, 29, p. 1097-1116, <https://doi.org/10.1007/s1191-020-00158-y>.

- MORIN Edgar, 1999. *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*, Unesco.
- QUIJANO Anibal, 2007. « Coloniality and modernity/rationality », *Cultural Studies*, 21 (2-3), p. 168-178.
- QUIROZ Lissell, 2019. *Le leurre de l'objectivité scientifique. Lieu d'énonciation et colonialité du savoir. La production du savoir : formes, légitimations, enjeux et rapport au monde*, congrès « Les nouveaux imaginaires » (Nice, septembre 2019), <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02422696> (consulté le 30/11/2023).
- ROTH Wolff-Michael & ALEXANDER Todd, 1997. « The interaction of students' scientific and religious discourses: two case studies », *International Journal of Science Education*, 19 (2), p. 125-146, <https://doi.org/10.1080/0950069970190201>.
- RUPHY Stéphanie, 2018. « Regards philosophiques sur la question de la démarcation entre science et non-science aujourd'hui », *Recherches en Éducation*, 32, p. 10-17, <https://doi.org/10.4000/ree.2236>.
- RYAN Alan G., 1987. « High-School Graduates' Beliefs about Science-Technology- Society. IV. The Characteristics of Scientists », *Science Education*, 71 (4), p. 489-510, <https://doi.org/10.1002/sce.3730710403>.
- ROLETTO Ezio, 1998. « La science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants », *Aster*, 26, p. 11-30, https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1998_num_26_1_1115 (consulté le 30/11/2023).
- STENGERS Isabelle, 1995. *L'invention des sciences modernes*, Paris, Flammarion.
- TUTIAUX-GUILLON Nicole, 2019. « Comment les recherches en didactique de l'histoire construisent-elles l'élève ? », *Revue des sciences de l'éducation*, 45 (2), p. 129-159, <https://doi.org/10.7202/1067536ar>.
- WOLFS José-Luis, 2013. *Sciences, religions et identités culturelles : quels enjeux pour l'éducation ?*, Bruxelles, De Boeck.
- WOLFS José-Luis, DELHAYE Coralie, ALTEPE Cansu, VANHOVE Roxane & HASSAN Wafaa, 2021. « Les postures entre science et croyance religieuse : construction d'un modèle d'analyse et comparaison avec les taxonomies existantes », *Recherche en didactique des sciences et des technologies*, 23, p. 161-181, <https://doi.org/10.4000/rdst.3794>.

**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).

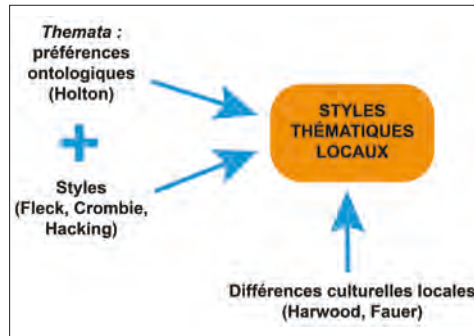


Figure 1 – Élaboration du concept de style thématique local.

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 prédilections 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.

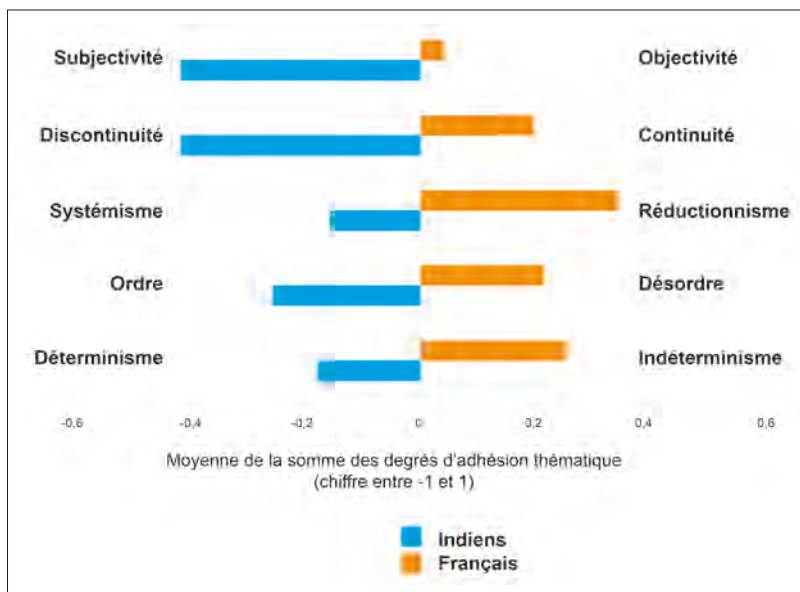


Figure 2 – Préférences thématiques des physiciens français et des physiciens indiens.

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 *daršana* – 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.

« La » nature de la science ?

Réflexions sur les présupposés monistes et inévitabilistes inhérents aux conceptions et pratiques de la science dans notre monde

Léna SOLER

RÉSUMÉ

Cette réflexion attire l'attention sur des présupposés « monistes » et « inévitabilistes » puissamment ancrés, associés à un ensemble d'actions, de réactions, de jugements et d'affects « quasi-pavloviens », constitutifs, dans notre monde, de la manière dont la science est conçue, pratiquée, discutée et évaluée – i.e., constitutifs de « la » nature de la science communément appréhendée au singulier. J'analyse les effets insidieux et préjudiciables de ces présupposés, en philosophie des sciences mais aussi plus largement. En philosophie des sciences, je montre que quand on cesse d'être aveugle aux effets insidieux de ces présupposés, des arguments classiques centraux s'avèrent n'avoir ni le sens, ni la force qui leur sont très largement conférés. Pour expliquer que l'aveuglement soit si massif, j'insiste sur le rôle décisif de l'éducation scientifique. J'invite alors à discuter ce que pourraient être et apporter des sciences alternatives « pluralistes » et « contingentistes », et je fais quelques suggestions. Les impacts d'une telle discussion sont cruciaux bien au-delà de la philosophie des sciences, car de telles sciences alternatives engageraient des transformations essentielles des pratiques scientifiques professionnelles et des cursus scientifiques actuels.

MOTS-CLÉS : monisme, pluralisme, inévitabilisme, contingentisme, enseignement des sciences, Bohm

Cette contribution vise à attirer l'attention sur un ensemble de présupposés fondamentaux très puissamment et très insidieusement ancrés, constitutifs, dans notre monde, de la manière dont la science est conçue et pratiquée – autrement dit constitutifs de « la » nature de la science, communément

appréhendée au singulier. À l'examen, il s'avère plus approprié de parler métaphoriquement d'« instincts », plutôt que simplement de « présupposés », dans la mesure où ce qui est en jeu, loin d'être cantonné au plan des idées, s'accompagne toujours simultanément d'actions, de réactions, de jugements et d'affects typiques, pour ne pas dire « quasi-pavloviens ».

Les présupposés intégrés aux instincts en question gagnent à être différenciés sur le plan conceptuel, même si, en pratique, ils sont étroitement liés entre eux. J'en distinguerai trois, que je caractériserai comme « monistes », « inévitabilistes », et « réalistes », et me focaliserai plus particulièrement sur les deux premiers.

La réflexion qui suit se propose d'identifier les effets insidieux de tels présupposés et instincts en illustrant comment ils biaisent des argumentations centrales en philosophie des sciences. Je soutiens que quand on cesse d'être aveugle à ces présupposés, les arguments au sein desquels ils opèrent s'avèrent n'avoir ni le sens, ni la force qui leur sont généralement conférés. Pour expliquer que l'aveuglement soit si massif, j'insiste sur le rôle décisif de l'éducation scientifique.

Via de telles considérations, j'espère encourager les philosophes à discuter plus systématiquement la possibilité d'entreprises scientifiques qui renieraient les présupposés impliqués, i.e., à analyser ce à quoi pourraient ressembler des sciences alternatives basées sur des engagements opposés – disons « pluralistes », « contingents », et « non réalistes ». Les impacts potentiels d'une telle discussion ne concernent pas exclusivement les philosophes des sciences : ils sont aussi cruciaux pour les scientifiques en activité et les responsables des formations scientifiques à tous les niveaux, car les sciences alternatives en question engagent des transformations essentielles, d'une part des pratiques scientifiques actuelles (comme je le suggérerai en m'appuyant sur le cas de la mécanique quantique), d'autre part des manières actuellement dominantes d'enseigner les sciences.

Approche des composantes moniste, inévitabiliste et réaliste de la conception commune de la science

Tentons pour commencer une première esquisse de l'appréhension tout à la fois moniste, inévitabiliste et réaliste de la science, en partant de la composante réaliste.

« L'instinct réaliste » renvoie ici à l'intuition fondamentale qui soutend les multiples formes de positions plus raffinées que la philosophie des sciences nomme « réalisme scientifique », à savoir, la conviction que la science nous fournit une description au moins approximativement fidèle de la réalité visée.

« L'instinct inévitabiliste », lui, est mû par la conviction selon laquelle les théories et autres résultats scientifiques successivement tenus pour solidement établis par notre science tout au long de son histoire devaient pour l'essentiel être ce qu'ils ont été, i.e., n'auraient pas pu, *en droit*, être radicalement autres. Ou pour exprimer ce point sous une forme négative qui met mieux en lumière ce qu'il interdit, et qui saisit, par contraste, le noyau de toute position « contingentiste » qui envisagerait de le remettre en cause : l'idée est qu'à chaque étape décisive du développement scientifique, une théorie concurrente *incompatible* avec celle que notre science a validée et sélectionnée n'aurait pas pu être *légitimement* retenue ; retenir une telle alternative aurait forcément été une erreur.

Quant à la composante moniste, elle s'organise autour d'un présupposé d'unicité théorique selon lequel, à propos d'un objet étudié dans une perspective scientifique, il y a une *unique* théorie *optimale* – supérieure à toutes les autres.

La conviction réaliste est la plus forte des trois, car elle intègre les deux autres. En effet, à suivre l'instinct réaliste, puisque la science est supposée décrire à peu près fidèlement ce qu'est *la* réalité visée par une discipline, il ne peut y avoir qu'une *unique* description correcte de chaque domaine, correspondant à *la théorie la plus proche* de la vérité *en l'état du développement scientifique* ; la théorie en question doit alors *inévitablement* s'imposer à *l'exclusion de toutes les autres*. La conviction réaliste institue en outre le réalisme en *justification* des convictions moniste et inévitabiliste (cette unique théorie était inévitable, *car* elle était plus proche de la vérité que toutes ses rivales).

La conviction inévitabiliste est moins forte que la conviction réaliste, car si toutes deux assument que la théorie sélectionnée historiquement était effectivement *la* meilleure des concurrentes en lice et était inévitable à cette étape en vertu de sa supériorité sur toutes ses rivales, l'inévitabilisme n'oblige pas *nécessairement* à expliquer la supériorité et l'inévitabilité de la théorie

sélectionnée *en termes de vérité*. Une position inévitabiliste peut en droit, même si rarement en fait, être tenue sans assumer le réalisme scientifique.

Le présupposé moniste est le plus faible et le plus largement partagé des trois, puisqu'il constitue un ingrédient à la fois des engagements inévitabiliste et réaliste. On peut l'identifier au *noyau* de la conception commune de la science. Ce présupposé moniste appelle presque inéluctablement un présupposé inévitabiliste qui s'ajoute alors au premier et s'avère lui aussi très largement partagé. En effet, qu'il y ait une unique théorie optimale à chaque étape semble *impliquer* que celle-ci est inévitable au sens où elle devait en droit s'imposer au détriment de toutes ses rivales. Comparativement, le présupposé réaliste semble « moins inéluctablement » appelé par le présupposé moniste, en tous cas en principe, dans la mesure où il rajoute encore quelque chose au présupposé inévitabiliste. En pratique, cependant, le réalisme s'agrège très souvent au monisme et à l'inévitabilisme à titre d'explication « la plus naturelle ».

Deux débats philosophiques biaisés par l'instinct inévitabiliste

Dans cet article, j'arguerai que la conception commune de la science qui vient d'être esquissée biaise des discussions importantes en philosophie des sciences, notamment du fait que le noyau de cette conception – le présupposé moniste qu'il existe une *unique* théorie correcte ou meilleure – est traité sans discussion comme une sorte de « donnée naturelle », sans envisager que la conviction moniste et ses effets concrets pourraient découler d'une approche socialement dominante de la science *parmi d'autres possibles*. Pour désigner l'approche de la science socialement dominante en question, je parlerai du « régime moniste de notre science » – le terme « régime » visant à couvrir les nombreuses voies hétérogènes par lesquelles s'exercent les influences monistes, dont l'éducation scientifique. Je soutiendrai que des régimes scientifiques davantage pluralistes pourraient être institués, et que prendre en compte cette possibilité conduit à remettre foncièrement en cause le sens et la force d'arguments épistémologiques largement tenus pour convaincants.

Pour montrer comment l'instinct inévitabiliste et la conviction moniste qu'il intègre introduisent des biais en philosophie, je vais me pencher sur quelques arguments paradigmatiques impliqués dans deux débats épistémologiques liés : le débat traditionnel sur la sous-détermination (SD) du

choix entre théories scientifiques empiriquement équivalentes (EE) ; et le débat, moins traditionnel et plus récent, sur la contingence ou l'inévitabilité (C/I) des résultats scientifiques considérés comme établis (i.e. de tout ce qui compte comme connaissance scientifique).

*Le problème de la contingence ou de l'inévitabilité
des résultats établis par notre science*

Partons du problème C/I qui est le plus général. Ce problème a tout d'abord été introduit en philosophie des sciences par Ian Hacking (1999, 2000), puis élaboré et discuté par d'autres (Radick, 2005 ; Soler & Sankey, 2008 ; Martin, 2013 ; Kinzel, 2015 ; Soler, 2015a ; Soler *et al.*, 2015).

L'inévitabilisme à propos d'un résultat R validé par notre science peut être défini comme la thèse *conditionnelle* selon laquelle, étant donné un certain nombre de conditions C_i à spécifier, toute enquête satisfaisant ces conditions devait nécessairement aboutir, soit à R, soit à un résultat R' différent de R mais compatible avec R.

Si [C_i], alors, nécessairement, R (ou R' compatible avec R)

Le contingentisme s'oppose alors à l'inévitabilisme comme la thèse selon laquelle, sous l'ensemble des mêmes conditions C_i , il aurait été empiriquement possible et *épistémologiquement légitime* que l'enquête valide un résultat scientifique alternatif Ralt incompatible avec R.

Si [C_i], alors, possiblement *et légitimement*, Ralt incompatible avec R

L'une des conditions C_i qui s'avère le plus souvent mobilisée dans le débat C/I est ce que je nomme la « condition de l'égalité de valeur » (C_{EV}). C_{EV} requiert que R et Ralt soient « aussi bien justifiés l'un que l'autre », ce qui exige que soient méthodologiquement « aussi bonnes l'une que l'autre » les deux entreprises scientifiques d'où émanent ces justifications. C_{EV} doit figurer dans les C_i constitutives de la définition conditionnelle de l'inévitabilisme, car l'instinct inévitabiliste n'est nullement heurté par l'éventualité qu'une science alternative *moins performante que la nôtre* ait établi des résultats incompatibles avec ceux de notre science : dans ce cas, jugera l'inévitabiliste, les résultats que la science alternative a cru établir

sont erronés, voilà tout. Ce que l'instinct inévitabiliste ne peut tolérer, c'est qu'une science *aussi performante* que la nôtre puisse *légitimement* établir un Ralt *incompatible* avec un R établi par notre science *et de même valeur* que R ($\text{Ralt}_{\text{Inc}} \&_{\text{EV}}$).

Le problème de la sous-détermination des théories scientifiques empiriquement équivalentes

Le contingentisme tel qu'il vient d'être défini peut être reformulé en termes de SD : il implique en effet que le choix entre les résultats incompatibles R et Ralt est *sous-déterminé* (puisque R et Ralt sont tout aussi légitimement acceptables l'un que l'autre). Dans ce cadre, le problème classique de la SD *des théories empiriquement équivalentes* (TEE) apparaît comme un cas particulier du problème C/I : le cas dans lequel R et $\text{Ralt}_{\text{Inc}} \&_{\text{EV}}$ correspondent à deux TEE rivales T et $\text{Talt}_{\text{Inc}} \&_{\text{EV}}$

Dans ce cas, Talt est, d'une part, *incompatible* avec une théorie T acceptée – typiquement, Talt et T proposent des descriptions conflictuelles du même objet étudié – et, d'autre part, de *même valeur* que T *au sens où exactement les mêmes données observables sont dérivables et prédictibles à partir de T et de Talt*. Ce sens de la même valeur coïncide avec la définition commune de l'équivalence empirique (EE) entre deux théories, à savoir, deux théories qui, étant exactement aussi bonnes l'une que l'autre du point de vue de leurs conséquences observables, ne peuvent *pas* être départagées sur la base des observations disponibles. Le cas de la SD *des TEE* est le plus favorable de tous ceux que les contingentistes peuvent espérer mobiliser en faveur de leur position, car c'est le cas où l'égalité de valeur des résultats concurrents R et Ralt est la moins contestable.

Le noyau commun des inquiétudes suscitées par le contingentisme et la sous-détermination

La thèse de la SD des TEE, comme toutes les thèses rattachables au contingentisme à propos des résultats scientifiques, a été largement perçue comme inquiétante. Elle a paru menacer l'essentiel de ce qui est communément supposé conférer à la science sa valeur et son autorité : la vérité des théories scientifiques, l'objectivité de la science, la rationalité des

choix inter-théoriques, etc. (Laudan & Leplin, 1991 : 450, 460 ; Kitcher, 2001 : ch. 3 ; Acuna & Dieks, 2014 : 153, 155, 157).

Cependant, au-delà des différences constatées, d'un épistémologue à l'autre, quant à la manière dont la menace se trouve spécifiée, on peut me semble-t-il identifier un *noyau commun* à toutes les inquiétudes exprimées, coïncidant avec ce que *toutes* les personnes inquiètes ont *au minimum* à cœur de « sauver » dans leurs travaux dédiés à la SD (des TEE ou d'autres types de résultats scientifiques). Ce minimum commun, c'est la conviction inévitabiliste appliquée aux résultats scientifiques effectivement sélectionnés et acceptés dans l'histoire humaine. Selon cette conviction, la théorie scientifique (ou tout autre type de résultat scientifique) qui, à chaque étape décisive de l'histoire de notre science, a *de facto* été retenue, était *en droit* inévitable, au sens où c'est elle et elle seule qui devait s'imposer au détriment de toutes ses concurrentes, car elle était effectivement *la* meilleure d'entre toutes ; choisir une autre des candidates en lice aurait été méthodologiquement fautif.

Dans la mesure où cette conviction inévitabiliste correspond à la cible minimale commune que tous les épistémologues inquiets s'efforcent de « sauver », je me permettrai pour simplifier l'exposé, d'une part de qualifier en bloc d'« inévitabilistes » toutes les personnes inquiètes ayant soutenu qu'à l'examen, les promoteurs de la thèse de la SD n'ont fourni aucun argument concluant susceptible de remettre en cause la cible en question, d'autre part de nommer « contingentistes » tous ceux qui ont soutenu le contraire – que les penseurs concernés aient ou non utilisé ces labels pour désigner leurs positions.

Réactions et stratégies inévitabilistes paradigmatiques

Quand on se penche sur les tentatives pour sauver la cible en question, on peut repérer, chez les « inévitabilistes » en ce sens permissif, toute une gamme de mêmes réactions et stratégies paradigmatiques frappantes.

« Montre ou tais-toi ! » : une réaction « quasi-pavlovienne » des inévitabilistes supposée aboutir à un argument décisif contre le contingentisme

Ici, je prendrai comme point de départ une réaction « quasi-pavlovienne » presque toujours observée sous une forme ou une autre. Pour saisir l'esprit

de cette réaction, Hacking a eu recours à l'expression anglaise percutante « *Put up or shut up!* », que je vais abrégé en « PUSU » : « Montre, ou tais-toi ! ».

Voici ma reconstruction de la « logique » de la réaction PUSU (un exemple emprunté à Philip Kitcher sera fourni plus bas).

Face à une thèse contingentiste à propos d'un résultat R accepté par notre science, les inévitabilistes, foncièrement incrédules, demandent aux contingentistes de « montrer » un spécimen *réel* de résultat alternatif $R_{\text{Inc}} \&_{\text{EV}}$ – ou bien, s'ils en sont incapables, d'avoir la décence de « se taire », i.e., de cesser de professer des thèses aussi absurdes que mal étayées.

À travers cette « demande PUSU », les inévitabilistes entendent dénoncer chez leurs adversaires la tendance trop facile à simplement affirmer *que* un résultat incompatible d'égale valeur R_{alt} *pourrait* exister. Ils exigent des contingentistes qu'ils spécifient ce prétendu R_{alt} en exhibant un exemple « réel ». Cette exigence leur apparaît comme une indispensable demande d'étayage empirique face à une thèse aussi dénuée de plausibilité que le contingentisme.

Tant qu'aucune réponse n'a été apportée à la demande PUSU, ils continuent à assumer plus ou moins explicitement que l'inévitabilisme est la position raisonnable « par défaut » (ce qui est une autre manière de dire que l'instinct inévitabiliste est à l'œuvre). La charge de la preuve leur apparaît revenir aux contingentistes, et en matière de preuve, ils imposent la satisfaction de la demande PUSU comme *la* précondition *nécessaire* qui devrait être remplie pour qu'une thèse contingentiste, et à titre de cas particulier la SD des TEE, puisse commencer à acquérir le *minimum de plausibilité* qui justifierait de s'inquiéter de ses implications sceptiques à propos de la science.

Or, d'après les inévitabilistes, les contingentistes échouent à répondre à la demande PUSU. Les inévitabilistes voient dans cet échec une confirmation éclatante que le contingentisme est dépourvu de fondement et que, dans cette mesure, sa crédibilité tend vers zéro. L'incapacité alléguée des contingentistes à satisfaire la demande PUSU est alors perçue comme un *argument décisif contre* le contingentisme, et indirectement, *pour* l'inévitabilisme (argument PUSU).

Ce que recouvre la conclusion inévitabiliste que les contingentistes sont incapables de montrer une science alternative

Sur quelle base les inévitabilistes concluent-ils que les contingentistes sont incapables de répondre à la demande PUSU ?

Soulignons d'abord que soumis à la demande PUSU, les contingentistes, loin de rester cois, « montrent » des *candidats* de $R_{Inc} \&_{EV}$. Ainsi, l'affirmation que les contingentistes échouent à répondre à la demande PUSU renvoie en fait au *jugement* que les réponses effectivement proposées ne sont *pas satisfaisantes*. Quels types d'arguments les inévitabilistes sont-ils susceptibles d'invoquer à l'appui d'un tel jugement ?

On peut commencer par noter qu'ils rejettent quasi-systématiquement les candidats de Ralt incompatibles avec R qui sont *inventés* par les contingentistes pour étayer leur position. Le rejet des inévitabilistes se fait particulièrement virulent dans les cas où les contingentistes, pour concocter leurs candidats de Ralt, fournissent des « algorithmes » prétendant permettre de générer, à partir de *n'importe quelle* théorie T, une TEE Talt incompatible (e.g. Kukla, 1993). À accepter un tel mode de génération, *toute* théorie scientifique serait en principe sous-déterminée. Le recours à ce mode par les contingentistes vise d'ailleurs spécifiquement à étayer la version la plus forte, *universelle*, de la thèse de la SD, celle qui apparaît la plus inquiétante aux inévitabilistes. Ces derniers, cependant, ravalent les « *fake* » théories Talt générées par ce type de « stratagème philosophique » (Kitcher, 2001 : 37) au rang d'élucubrations « artificielles », « surréalistes », « parasitiques », etc., ne méritant même pas le titre de « rivales » ou d'« alternatives » aux théories T en vigueur : « *algorithms for producing alternatives to a given theory do not produce rivals* », écrivent dans cette veine Leplin et Laudan (1993 : 10)¹. Dans ma terminologie, les inévitabilistes contestent ici que la condition de l'égale valeur s'applique : ils rejettent l'alternative Talt au nom de son infériorité criante par rapport à T.

Corrélativement, ils réclament aux contingentistes des cas « réels » de Talt : « *unlike the underdeterminationists, [...] I would prefer real examples, so as not to take refuge behind contrived cases* » (Laudan, 1990 : 286). Les

¹ Cf. aussi Laudan & Leplin, 1991 : 456-457 ; Leplin & Laudan, 1993 : 13 ; Kitcher, 2001 : 36-38 ; Acuna, 2014. Les mentions **en gras** sont soulignées par l'auteur de la citation ; celles affublées d'un trait en dessous sont soulignées par moi.

contingentistes pourraient protester que leurs cas inventés sont « réels » au sens où ils sont des Ralt *effectivement* produits de *contenu spécifié*, mais ce n'est clairement pas ce sens minimal de « réel » qui est mobilisé dans une demande PUSU. Ultimement, « réel » équivaut pour les inévitabilistes à « recevable par des scientifiques professionnels ».

Les contingentistes ne sont pas incapables de présenter certains spécimens de Ralt « réels » au sens de « effectivement élaborés et pris au sérieux par des scientifiques compétents dans l'histoire des sciences passée ou présente ». Mais les inévitabilistes, presque toujours, concluent que les spécimens en question ne sont pas foncièrement inquiétants. Comment ?

Ailleurs, j'ai produit une cartographie des principales stratégies argumentatives au moyen desquelles les inévitabilistes s'efforcent de neutraliser la menace potentiellement associée aux candidats de Ralt réels exhibés par les contingentistes (Soler, 2015b). Ici, je vais m'en tenir à discuter une seule tentative de cette espèce, mais qui joue un rôle décisif dans les débats.

Je l'ai baptisée la « stratégie du caractère seulement transitoire de l'égalité de valeur » (de R et Ralt). Son rôle est décisif, car les inévitabilistes ont tendance à l'emprunter lorsque toutes les autres stratégies ont échoué, et car ils se sentent autorisés grâce à elle à disqualifier *même les Ralt les plus prometteurs* d'un point de vue contingentiste – en fait, virtuellement *n'importe quel* Ralt. Ainsi, ultimement, c'est le recours à cette arme « à tout disqualifier » qui permet aux inévitabilistes de conclure, *quel que soit le Ralt présenté*, que celui-ci ne satisfait pas les conditions requises C_i , et donc que les contingentistes ont échoué à répondre à la demande PUSU. De là, les inévitabilistes délivrent un message du type « pas d'inquiétude » : pas d'inquiétude, en particulier, s'agissant de la capacité des scientifiques à reconnaître et sélectionner *la* théorie optimale, y compris dans le cas des TEE concurrentes incompatibles.

Je soutiendrai que la stratégie du caractère seulement transitoire de l'égalité de valeur, le soi-disant argument PUSU que cette stratégie vise à instaurer, et plus généralement toute la grille de lecture inévitabiliste, n'ont ni le sens ni la force qui leur sont si largement conférés : leur pouvoir de conviction apparaît usurpé, dès que l'on prend acte que la nature moniste de *notre* science (et les instincts inévitabilistes et réalistes qui vont avec) n'épuise pas la nature de *toute* science viable.

La stratégie inévitabiliste du caractère seulement transitoire de l'égalité de valeur appliquée aux théories empiriquement équivalentes

Pour simplifier l'exposé, je vais maintenant raisonner sur le cas particulier de SD le plus discuté, celui où les deux résultats candidats à la SD correspondent à deux TEE – mais les conclusions sont généralisables. Commençons par préciser ce en quoi consiste la stratégie inévitabiliste du caractère seulement transitoire de l'égalité de valeur.

Cette stratégie intervient, comme dit, en dernier recours, notamment lorsqu'il n'est pas facile de contester que les deux TEE incompatibles Talt et T sont d'égalité de valeur. Elle met alors typiquement en avant les trois points suivants.

1. À examiner l'histoire des sciences, les cas réels de TEE sont *rare*s.
2. Quand des cas de cette espèce ont été instanciés, ils ont été *seulement transitoires* (sous-entendu : les spécialistes ont fini en pratique, tôt ou tard, par trouver un moyen *légitime* de surmonter la SD initiale, c'est-à-dire de reconnaître *la* meilleure des concurrentes incompatibles en lice).
3. Étant donné que par le passé, les rares cas réels de TEE incompatibles d'égalité de valeur se sont avérés seulement transitoires, autrement dit que la SD initiale a ultérieurement été défaire, nous pouvons être raisonnablement confiants qu'il continuera à en aller ainsi à l'avenir.

Conclusion : pas d'inquiétude (ou pas trop) à se faire en rapport avec la thèse de la SD des TEE.

Ainsi reconstruite, la stratégie comporte trois ingrédients : deux affirmations à propos du passé de notre science, celle de la rareté de la SD et celle de son impermanence (ou « défaisabilité »), et une induction optimiste selon laquelle la rareté et l'impermanence continueront de valoir à l'avenir.

C'est l'induction optimiste qui fait de la stratégie une arme « à tout disqualifier » vis-à-vis des tentatives contingentistes pour répondre à la demande PUSU. L'induction permet en effet *toujours* aux inévitabilistes, *quel que soit le* $Ralt_{Inc} \&_{EV}$ montré, de conclure que celui-ci ne satisfait pas toutes les conditions C_i requises pour étayer une variété *vraiment inquiétante* de SD, dès lors que la condition de la permanence de ce $Ralt_{Inc} \&_{EV}$ n'est pas démontrée,

et qu'à considérer l'histoire des sciences, son caractère seulement transitoire apparaît plus plausible.

Une illustration frappante chez Philip Kitcher

Pour illustrer, je m'en tiendrai à un exemple certes unique, mais qui, en tant qu'émanant d'un philosophe universellement reconnu dans son domaine, à savoir Philip Kitcher, sera, j'espère, plus susceptible que d'autres d'être jugé significatif. Dans le chapitre 3 du fameux ouvrage *Science, Truth, and Democracy* (2001) dédié à la SD, tous les ingrédients des raisonnements caractérisés plus haut sont présents : une version de « demande PUSU » et de « stratégie du caractère seulement transitoire de l'égalité de valeur » débouchent sur un « argument PUSU » à partir duquel, *in fine*, Kitcher conclut que les « contempteurs de l'idéal d'objectivité » (38) n'ont pas fourni les preuves qui seraient requises pour s'inquiéter fondamentalement de la thèse de la SD.

On trouve bien chez Kitcher l'affirmation que *globalement*, les TEE sont rares quand on considère la science *dans son ensemble*, même si le cas de la physique est présenté comme spécial, au sens où les configurations de SD des TEE y adviennent quand même moins exceptionnellement que dans les autres disciplines.

On trouve corrélativement chez Kitcher l'affirmation que l'immense majorité des configurations de SD des TEE qui sont survenues dans l'histoire se sont avérées seulement transitoires et ne sont donc nullement inquiétantes. Kitcher introduit explicitement (30-31) une différence entre une « sous-détermination transitoire » (SDT), « inoffensive » puisque finalement défaite, et une « sous-détermination permanente » (SDP), correspondant au cas où « *for any further results that might be garnered, there is always a way to extend each of the rivals to obtain theories which continue to be equally well supported* ». Seuls les cas de SDP seraient *susceptibles* de constituer une menace pour l'objectivité de la science, mais sous la condition *supplémentaire* que la SDP soit « globale » (SDG), c'est-à-dire s'applique à *toutes ou presque* les théories scientifiques.

C'est sur fond d'une telle analyse de la SD des TEE que Kitcher (36) formule sa version de demande PUSU :

Geologists, chemists, biologists, and many physicists tend to be impatient when they hear about the problem of the underdetermination of theory by evidence. A common response is to declare that this is simply a philosopher's problem [...] of no relevance to the sciences. That response is overblown, for [...] there are cases in which the problem does emerge in scientific practice [...]. Yet the sound instinct expressed in quick dismissal is a legitimate wish to be shown convincing examples across the range of scientific disciplines.

L'exigence d'exemples « *convaincants* » vise à exclure d'emblée les exemples produits par « les dispositifs philosophiques standards [...] pour générer des "alternatives" » aux théories scientifiques acceptées, tout spécialement les « alternatives générées mécaniquement » (37), i.e., par algorithme.

Ceux qui prétendent remettre en question l'objectivité de la science à partir de la thèse de la SD des TEE peuvent-ils satisfaire une telle demande PUSU ? Peuvent-ils montrer un *grand nombre* d'exemples réels de sous-détermination *permanente* distribués sur *toutes* les disciplines scientifiques ? La réponse de Kitcher est évidemment négative.

Pour attester qu'ils en sont incapables, Kitcher poursuit, juste après le passage cité ci-dessus : « *To pick one case at random, what's the supposed rival to the hypothesis that the typical structure of DNA is a double helix [...]?* » (37). Dans ce cas, comme dans tous les autres :

Critics of the ideal of objectivity [...] point out that, because of global underdetermination, there's a failure of objectivity [...]. We ask for specification of the rival and a demonstration of permanent underdetermination. They reply that there must be one. We press for details. There is a long silence. Then we are offered a chaotic future in which molecular structures change after 2100 or one of the other mechanically generated alternatives. (38)

Autrement dit et dans mes termes, pour la biologie comme pour la plupart des autres sciences de la nature, les contingentistes, soumis à la demande PUSU de montrer une théorie alternative *réelle* Talt, s'avèrent *strictement* incapables d'apporter la *moindre proposition de réponse* : ils restent complètement cois. La seule discipline en rapport avec laquelle ils s'avèrent capables de présenter effectivement *quelques* candidats d'exemples réels de SDP est la physique.

Cela révèle et traduit d'après Kitcher le fait frappant – déjà frappant à se restreindre à la physique considérée isolément, mais encore plus éclatant à prendre en compte l'ensemble des disciplines scientifiques comme il se doit pour pouvoir soutenir le caractère global de la SDP – qu'au total, à examiner le *passé* de notre science, il n'y a que de « *rare instances in which we do face permanent underdetermination* » (36).

À propos de ce qui pourrait arriver à l'avenir, Kitcher concède la possibilité de situations susceptibles de nous conduire à supposer « *a genuine issue which we do not see how we could ever settle* » (35), i.e., la possibilité de cas réels de SDP (il mentionne la théorie des cordes à titre de candidate). Mais derrière une telle concession explicite, opère me semble-t-il implicitement une version d'induction optimiste qui, en pratique, inhibe tout sentiment d'inquiétude. Fort du constat que par le passé, les si rares situations de SD qui sont survenues ont été si souvent surmontées d'une manière ou d'une autre (quelques types de résolution sont esquissés dans le texte), Kitcher reste manifestement confiant qu'il continuera d'en aller ainsi à l'avenir : que les situations de SDP resteront exceptionnelles, autrement dit que la SDG, seule configuration menaçante, ne sera pas instanciée. L'objectivité de la science dans son ensemble n'est donc pas foncièrement menacée.

Ainsi, on trouve chez Kitcher une version de chacun des trois ingrédients typiques de la stratégie inévitabiliste du caractère seulement transitoire de l'égale valeur : une assertion de rareté – ici, de la SDP en physique et de la SD tout court dans les autres disciplines scientifiques ; une affirmation d'impermanence – ici, de la SD en physique dans presque tous les cas où elle survient ; et une induction optimiste qu'il continuera à en aller ainsi.

Conclusion intermédiaire de Kitcher, exprimée dans mes termes, à partir de ces trois ingrédients pris ensemble : les contingentistes ont échoué à fournir une réponse satisfaisante à la demande PUSU.

Cet échec à relever de défi PUSU est alors, conformément à la manière habituelle de raisonner, converti par Kitcher en un *argument* PUSU en défaveur du contingentisme (ici, de la SD *des TEE*). Puisque les contingentistes sont incapables de fournir les justifications minimales exigées à bon droit en vue de conférer quelque plausibilité à la thèse de la SD, affirmer cette thèse, c'est affirmer sans preuve : « *Underdetermination is cheap* » (37) ; aucune bonne raison n'a été fournie pour « *undermine*

our confidence that the resolution of scientific debate on the basis of evidence is impossible » (41).

Conclusion finale de Kitcher (dans mes termes) : puisqu'aucune bonne raison n'a été fournie pour remettre en cause la possibilité de reconnaître la meilleure des théories rivales qui doit *inévitablement* être choisie à chaque étape, pas d'inquiétude !

Telles sont les voies par lesquelles le raisonnement PUSU est mobilisé pour « sauver » les convictions moniste et inévitabiliste qui, *in fine*, restent intactes.

*Présumés et suggestions véhiculés par la stratégie inévitabiliste
du caractère seulement transitoire des théories empiriquement équivalentes*

Je souhaite maintenant élucider les présumés et les suggestions que véhicule l'insistance, massive dans les débats relatifs à la SD, sur la rareté et la non-pérennité de la SD des TEE invoquées *en tant que données empiriques frappantes à propos de l'histoire des sciences*.

Le message plus ou moins explicitement délivré est que les *faits* de la rareté et de la non-pérennité *résultent de*, et *révèlent*, une importante difficulté « intrinsèque », pour ne pas dire une quasi-impossibilité empirique : quelque chose *dans le monde* s'opposerait fondamentalement à l'instanciation des TEE ou au moins à la persistance de leur SD.

Kitcher (2001 : 36) émet un message de ce type à propos de l'ensemble des disciplines scientifiques à l'exception du cas, tenu pour spécial, de la physique – illustrant son point, comme on l'a vu, à partir du « cas pris au hasard » de l'hypothèse de la structure de l'ADN en biologie : « *If it's always possible to construct rival theories that generate exactly the same predictions [...], why are we so stumped when we try to think about alternatives [...]?* ». Sous-entendu : la tâche relève de la mission impossible.

Un message similaire est également présent dans les articles classiques de Laudan et Leplin qui prétendent avoir « réfuté » (1991 : 466) la thèse de la SD et qui sont souvent crédités d'y être parvenus. Par exemple (dans le contexte d'une discussion consacrée aux TEE générées par algorithme) :

it might seem an easy matter to produce a rival to a given theory [i.e., de produire une TEE Talt incompatible avec T]. We are unconvinced. [...] It is not trivial that such an alternative will

always be forthcoming. Indeed, in contemporary theoretical physics it is often difficult to come up with one theory meeting well-established desiderata, let alone two (Leplin & Laudan, 1993 : 12).

Ce que suggèrent ces citations, c'est que quelque chose dans la réalité résiste à – rend difficile, voire impossible – l'instanciation effective ou la persistance durable de la SD des TEE incompatibles. La rareté et le caractère transitoire des TEE révéleraient et attesteraient que ces configurations ne sont pas viables, ou pas durablement.

À suivre ces suggestions et à adhérer aux présupposés monistes et inévitabilistes qu'elles contiennent, il n'y a qu'un tout petit pas à franchir pour aboutir à la conviction qu'« *il n'existe pas* » de théories durablement sous-déterminées par les observations, ou dit autrement, qu'« *il existe* », au sein d'un ensemble de TEE concurrentes incompatibles, une unique théorie correcte ou au moins supérieure dans un sens pour ainsi dire absolu. Comme si « la » théorie optimale correspondante était déjà prédéterminée avant que les scientifiques ne réussissent à la découvrir... Comme si elle s'identifiait à une réalité préexistante n'attendant que d'être reconnue par les scientifiques, tôt ou tard, au sein des concurrentes disponibles, indépendamment de ce que font et pensent les spécialistes singuliers impliqués en pratique, des manières créatrices dont ils ont ou non *de facto* l'idée de développer les concurrentes en lice au cours du processus historique, de leur conception de la science et de ses buts, etc. Le fait empirique de la rareté de la SDP est alors interprété comme signifiant que les TEE incompatibles (ou l'immense majorité d'entre elles) « *ne sont pas* » véritablement sous-déterminées et que les scientifiques ont en pratique des moyens légitimes de les départager. En bref et dans la version la plus extrême : les rares TEE incompatibles d'égale valeur du point de vue des observations prédites ne sont jamais pérennes en fait, car « *il n'existe pas* » de TEE incompatibles réellement « aussi bonnes l'une que l'autre » du même objet étudié.

La ligne de pensée précédente tend à traiter « la théorie optimale » comme un « fait naturel » : comme une réalité aussi inexorable que la nature est censée l'être. La « nature » impliquée dans un tel fait « naturel » peut être référée à la nature *de la réalité étudiée* par les TEE incompatibles rivales, comme aussi à la nature *de la science* – l'essence de la méthode scientifique et de la rationalité humaine, ou toute caractéristique estimée constitutive du sujet de la science. Mais quelle

que soit la manière dont cette « nature » est appréhendée, la théorie optimale est pensée comme inexorable parce que préexistante et pré-déterminée, inévitablement imposée par ce qu'est « le monde ».

Critique des manières communes de penser la science

Je vais à présent critiquer l'ensemble des manières largement assumées de penser dont j'ai ci-dessus reconstruit la « logique » interne et dégagé les présupposés, en soutenant qu'elles tirent leur force apparente de l'occultation d'un autre fait à propos de notre science : le fait que notre science est caractérisée par un « régime moniste » qui, diffusant très largement et implantant très fortement les convictions monistes et inévitabilistes, favorise, voire produit, la réduction de toute pluralité théorique à l'unité. Kitcher, Laudan, Leplin, comme de nombreux autres philosophes qui développent les manières précédemment reconstruites de penser, restent complètement aveugles au régime moniste et à ses effets. Cette cécité a en particulier pour incidence d'exclure de leur champ de vision la possibilité que la rareté des TEE et l'impermanence de leur SD soient le résultat d'une *norme humaine* susceptible d'être discutée *et modifiée*, à savoir, la norme moniste. Typiquement, une telle possibilité n'est *même pas envisagée*, encore moins discutée.

L'aveuglement au régime moniste de notre science

Pour illustrer qu'une telle possibilité n'est même pas envisagée, revenons au passage cité plus haut où Leplin et Laudan pointent la grande difficulté d'obtenir *deux* théories physiques qui satisfassent aussi bien les « desiderata bien établis » compte tenu du fait qu'en obtenir *une seule* est déjà si difficile. Mais *quid* des « desiderata bien établis » eux-mêmes ? Les auteurs n'envisagent pas que ceux-ci pourraient incorporer une exigence d'unicité poussant activement les physiciens à élire *une et une seule* théorie comme « la bonne » et à rejeter toutes les autres... Ils n'envisagent pas que cette exigence pourrait être abandonnée... Que le régime moniste de notre science pourrait être remplacé par un régime pluraliste défini par des « desiderata bien établis » en partie différents qui porteraient les physiciens à *valoriser* la coexistence de plusieurs théories conflictuelles du même objet et à *tout faire pour l'obtenir*... Qu'alors, la construction

de théories physiques satisfaisant les « desiderata bien établis » – tout en restant comme en régime moniste une tâche hautement « difficile », car soumise à des contraintes multiples issues des desiderata dominants – n’empêcherait pas forcément pour autant la communauté scientifique d’obtenir *plusieurs* théories alternatives satisfaisant *chacune* les desiderata en question.

Voici une autre citation des mêmes auteurs (Laudan & Leplin, 1991 : 459) qui montre encore plus clairement que la norme moniste et ses ramifications ne sont pas reconnues comme telles :

We do not deny the possibility that the world is such that equally viable, incompatible theories of it are possible. We do not deny the possibility of the world’s being unamenable to epistemic investigation and adjudication, beyond a certain level. But whether or not the world is like that is itself an empirical question open to investigation. The answer cannot be preordained by a transcendent, epistemic scepticism.

On ne peut être plus clair : la SD est une « question empirique ». C’est « ce qu’est le monde » qui détermine si, oui ou non, *il existe* des théories incompatibles d’égale valeur sous-déterminées de façon permanente. *La* nature du monde, incluant potentiellement *la* nature de la science, est érigée en seul arbitre légitime. Laudan et Leplin restent ici aveugles à la possibilité que la rareté des TEE et le caractère transitoire de la SD pourraient advenir ou ne *pas* advenir *en tant que faits empiriques* en fonction de *ce que nous voulons* de notre science. Ils ne conçoivent pas que l’instanciation de la SDP pourrait dépendre d’idéaux régulateurs et de buts humains qui ne sont pas univoquement prédéterminés et gravés « dans le marbre » – i.e. « dans le monde » conçu comme une réalité elle-même univoquement prédéterminée.

Ils ont parfaitement raison de souligner que « tout constat d’équivalence empirique est à la fois « *contextual and defeasible* », et donc que les « *determinations of empirical equivalence are not a purely formal, a priori matter, but must defer, in part, to scientific practice* » (1991 : 454). Mais ils semblent concevoir « la pratique scientifique » de manière figée, comme si les desiderata fondamentaux imposés aux théories, et plus généralement l’idée de science et les normes de scientificité qui vont avec, étaient fixés

une fois pour toutes. Ils n'envisagent pas que des faits tels que la rareté et l'impermanence de la SD pourraient varier, selon que les scientifiques, *soit* perçoivent la pluralité incompatible comme foncièrement inquiétante et font tout ce qui est en leur pouvoir pour l'éliminer, *soit*, au contraire, valorisent cette pluralité comme indispensable au progrès de la science et font tout ce qui est en leur pouvoir pour la cultiver en permanence. Ils n'envisagent pas que les humains pourraient adopter une conception résolument pluraliste de la science, et, peut-être, y auraient intérêt.

Comment se fait-il qu'ils ne l'envisagent pas ? Quelques remarques sur la façon dont la perspective moniste est inculquée aideront à éclairer cette question.

*Rôle décisif de l'éducation scientifique dans l'implantation
d'une conception moniste de la science*

L'éducation scientifique me semble constituer le principal canal par lequel le régime moniste implante efficacement dans les acteurs sociaux l'idéal d'unicité théorique et l'instinct inévitabiliste qui va avec, puis exerce à partir de là ses effets, insidieusement mais très puissamment, par l'intermédiaire des acteurs ainsi formés.

Dans une société définie par un ordre scientifique moniste, l'éducation scientifique peut elle-même être caractérisée comme moniste. Elle est moniste, et elle inculque profondément la conception moniste aux étudiants d'aujourd'hui qui seront les scientifiques professionnels de demain, tout d'abord par la pratique intensive d'un *unique* paradigme dominant utilisé *à l'exclusion de tout autre* pour poser et résoudre les problèmes scientifiques relevant de chaque spécialité. Elle complète son œuvre moniste sur le plan des discours, en présentant le paradigme monopolistique comme « le bon », ou tout au moins comme « *empiriquement* supérieur à *tout autre* disponible à ce stade », et en suggérant en outre que les théories acceptées par le passé dans la spécialité se réduisent à des approximations ou des cas particuliers de la théorie présentement acceptée. De la sorte, elle implante la conviction qu'il existe à chaque étape de l'histoire des sciences une unique théorie scientifique optimale, laquelle apparaît alors tout naturellement inévitable si ce n'est vraie – ou inévitable *car* plus proche de la vérité. Elle inculque ainsi comme

évidents et naturels, subrepticement mais très profondément, des engagements monistes, inévitabilistes et réalistes à propos de la science.

Après avoir été éduqués dans un tel esprit, la plupart des acteurs sociaux – dont la plupart des scientifiques et certains philosophes des sciences – sont instinctivement inévitabilistes et réalistes, et foncièrement convaincus qu'« il existe » quelque chose comme *la* théorie optimale assimilée à une réalité naturelle prédéterminée. Plus important encore, ils ne reconnaissent pas la norme moniste *comme une norme dominante que les humains pourraient envisager d'assouplir* (et dont l'assouplissement dans le sens d'un pluralisme pourrait peut-être être bénéfique à la science). Au lieu de cela, ils traitent la norme moniste comme si elle était nécessairement imposée à tous « de l'extérieur », comme si elle découlait de « la » nature même « du monde ». Ils présupposent que « la » nature de la science est prédéterminée de façon univoque au moins en ce qui concerne l'exigence de reconnaître *la* meilleure théorie et de la cultiver *seule* au détriment de toutes ses rivales. Ils assument alors qu'à chaque étape du développement scientifique, une unique théorie optimale était *inévitablement* imposée par ce qu'est l'objet étudié – étant donné les ressources cognitives et techniques humainement acquises à l'époque. Ils sont convaincus que les théories effectivement sélectionnées dans l'histoire des sciences coïncident avec celles qui, à l'époque, étaient optimales donc inévitables. Et s'ils se trouvent confrontés à une situation de pluralité incompatible, ils s'en inquiètent et s'efforcent de réduire la pluralité à l'unité.

Ces manières monistes-inévitabilistes-réalistes d'appréhender la science opèrent, au terme du processus éducatif, tacitement et « comme une seconde nature » : elles ne peuvent être annulées ou même fondamentalement modifiées à volonté. Il n'en découle évidemment pas que l'éducation scientifique prédétermine tout et que ses présupposés ne peuvent aucunement être remis en question. Mais que l'enseignement scientifique soit moniste – au sens où il est organisé autour d'un seul et unique paradigme présenté comme le seul acceptable car empiriquement supérieur à tous ses concurrents – ou bien qu'il soit pluraliste – au sens où il valoriserait la pluralité incompatible dans ses discours et ferait pratiquer en permanence aux étudiants plusieurs cadres théoriques conflictuels pour aborder un seul et même objet étudié – ne peut pas ne pas avoir un impact différentiel décisif sur les manières d'appréhender la science.

*Comment le régime moniste de notre science induit la rareté
et l'impermanence des théories empiriquement équivalentes incompatibles*

Comment le régime moniste de notre science, et les instincts moniste-inévitabiliste-réaliste profondément et largement inculqués par l'éducation scientifique moniste associée, sont-ils susceptibles de produire, ou au moins de fortement favoriser, la rareté et le caractère transitoire constatés de la SD des TEE ? Esquissons le principe des processus correspondants.

i/ La rareté. Parce que dans notre monde, les pratiques scientifiques « normales » (au sens kuhnien) sont régies par une norme moniste qui prescrit de tout faire pour assurer l'unicité théorique, il s'ensuit (c'est quasiment tautologique) que la tâche de rechercher des TEE incompatibles ne fait pas partie des missions ordinaires des scientifiques théoriciens, et qu'aucun de ces derniers ne se dédie spécifiquement à cette tâche. Mais si personne ne travaille activement à construire des théories concurrentes incompatibles aboutissant aux mêmes prédictions observables, est-il surprenant que quand on scrute les pratiques scientifiques réelles, les TEE soient l'exception plutôt que la règle ? Que *de facto*, les situations de SD des TEE ne prolifèrent pas ?

Pour se convaincre que le fait empirique de la rareté des TEE est au moins en partie induit par ce que la norme moniste prescrit solidairement aux théoriciens de rechercher et d'éviter, on peut s'interroger sur ce qui adviendrait *si* les scientifiques étaient animés par un fort désir de disposer de TEE incompatibles au lieu de vouloir à toute force les éliminer dans les rares cas où elles émergent malgré tout.

Vis-à-vis de cette conditionnelle, la mécanique quantique nous fournit une instantiation réelle fort instructive. Elle nous offre en effet un exemple, qui pourrait être considéré comme unique dans l'histoire des sciences, de situation où des physiciens professionnels en sont venus à s'auto-assigner délibérément le but de construire des TEE alternatives incompatibles avec « la » mécanique quantique – expression consacrée pour désigner la théorie quantique en vigueur, historiquement associée aux noms de Bohr, Heisenberg et d'autres, qui s'est imposée autour des années 1930 au détriment de toutes ses concurrentes, et qui, depuis et toujours aujourd'hui, règne en maître, notamment dans les cursus scientifiques où elle est quasiment toujours seule pratiquée et mentionnée. Ainsi le physicien David

Bohm au début des années 1950, puis divers « bohmiens » après lui encore actifs aujourd'hui, rétifs à certaines caractéristiques de la théorie quantique en vigueur, et désireux de montrer que cette théorie n'était pas inévitablement imposée par l'expérience, contrairement aux affirmations dogmatiques de ses adhérents, se sont efforcés d'élaborer des théories quantiques concurrentes en s'auto-assignant la contrainte *que la théorie alternative fasse exactement les mêmes prédictions d'observations* que la théorie orthodoxe.

Or qu'ont donné ces tentatives ? Elles ont effectivement généré une multitude de théories quantiques alternatives Talt empiriquement équivalentes à la théorie orthodoxe T et incompatibles avec T, qui, toutes, sont « réelles » au sens de « prises au sérieux et même jugées supérieures à T par des physiciens professionnels bohmiens ». Des considérations analogues pourraient être appliquées aux théories quantiques alternatives dites des « mondes multiples » attachées au nom d'Everett.

Ainsi, n'en déplaise à Kitcher, Laudan et Leplin, il ne semble pas si difficile d'obtenir des TEE incompatibles « réelles », dès lors que l'objectif d'en construire est activement poursuivi par les spécialistes... Ce qui suggère que *si* la communauté scientifique dans son ensemble valorisait le développement des TEE conflictuelles et considérait leur obtention comme un but désirable facteur de progrès en science, autrement dit si la norme moniste était sérieusement relaxée, une prolifération de TEE en résulterait vraisemblablement, coordonnée à une SD *permanente et globale*.

ii/ Le caractère transitoire. En vertu de la norme moniste intériorisée par les scientifiques théoriciens, dans les rares cas où une SD entre théories rivales incompatibles semble réalisée en pratique, la situation est perçue comme inquiétante, et tous les spécialistes dédient leurs efforts à la tâche de réduire la pluralité à l'unité. À titre de résultat de ces efforts collectifs pour identifier « la » meilleure des concurrentes en lice, il arrive souvent, au moins dans certaines disciplines, notamment en physique, qu'à un moment, l'un des cadres théoriques rivaux en vienne à dominer, y compris alors même que tous les spécialistes reconnus ne sont pas convaincus de la supériorité de ce cadre et qu'une partie d'entre eux juge plus prometteuse une autre option théorique.

Lorsque la balance en vient ainsi à pencher nettement en faveur de l'une des théories rivales, la suite « normale » (toujours au sens kuhmien) prescrite

par le régime moniste, c'est de sélectionner et de développer cette seule théorie au détriment de toutes les autres candidates précédemment en lice.

Les théories rivales non sélectionnées subissent alors deux effets interdépendants (bien illustrés *de facto* quand on se penche sur le cas des théories bohmiennes). D'une part, elles sont largement dépréciées ou totalement ignorées, en particulier dans les discours et les pratiques de l'enseignement scientifique. D'autre part, elles sont l'objet de sévères restrictions en termes de ressources matérielles et humaines.

Ces deux effets combinés rendent difficile la vie des scientifiques « dissidents » qui n'adhèrent pas à la théorie sélectionnée et qui souhaiteraient continuer à explorer l'une des alternatives non retenues. Pas facile pour eux d'obtenir un soutien financier pour développer leurs recherches... Pas facile non plus de trouver un directeur de thèse... En outre, subjectivement, il leur faut supporter de faire partie d'une minorité scientifique socialement peu valorisée, voire dénigrée. Dans ces conditions, bien que travailler dans les cadres théoriques non sélectionnés ne soit pas impossible en principe, en pratique, peu d'individus seront prêts à s'engager dans cette voie – et toujours moins au fil du temps, puisque les nouvelles générations, soit ignoreront complètement les cadres non sélectionnés, soit en auront une image négative, dès lors que l'éducation scientifique qu'ils auront reçue aura passé sous silence ou dévalorisé les cadres en question.

Par conséquent, les programmes de recherche incompatibles non sélectionnés ont toutes les chances de rester sous-développés ou de disparaître. Lorsque ceci advient, la SD antérieure est alors considérée, par les scientifiques et par nombre de philosophes des sciences, au grand soulagement de tous, comme dissoutes à la fois en fait et en droit. Rétrospectivement, la SD leur apparaît alors comme seulement transitoire et donc épistémologiquement inoffensive. Corrélativement, la théorie effectivement sélectionnée est tenue pour celle qui devait inévitablement être choisie en l'état du développement scientifique, car « l'expérience » l'imposait de manière unique comme la meilleure, voire comme la plus proche de la vérité. *In fine*, « l'expérience » fait figure de déterminant décisif, le travail effectué par la norme moniste passant alors complètement inaperçu.

iii/ Au total, je conclus que la rareté et le caractère transitoire de la SD sont au moins en partie produites par le régime moniste de notre science, même si, bien entendu, l'existence d'une forte pression moniste n'est, à elle seule, pas suffisante pour *garantir* que le but commun de distinguer « la » théorie optimale sera toujours atteint de manière suffisamment consensuelle, et qu'en conséquence, un seul cadre théorique finira effectivement par dominer en l'absence de contestation significative.

*Voir la science autrement : une remise en cause radicale
de la grille de lecture inévitabiliste*

À prendre acte du régime moniste de notre science et à réaliser que celui-ci pourrait fort bien être relâché, on est conduit à appréhender dans une perspective complètement renouvelée la demande PUSU, la stratégie du caractère seulement transitoire de l'égalité de valeur, et le prétendu argument PUSU, ainsi qu'à attribuer une signification et une valeur probante nettement différentes aux faits empiriques de la rareté et du caractère transitoire de la SD.

Notre science, en tant que moniste, est conçue et activement organisée pour éliminer toutes les théories concurrentes incompatibles *sauf une* et pour ne cultiver ensuite *que* celle qui a été élue comme *la* bonne ou *la* meilleure à l'exclusion de toutes les autres, abandonnant et dévalorisant alors ces dernières comme fausses, inadéquates, ou en tous cas inférieures. Dans ces conditions, lorsque les contingentistes scrutent l'histoire des sciences en vue de dénicher une théorie alternative Talt incompatible avec quelque théorie T acceptée par la science présente mais aussi satisfaisante que T, les candidates de telles Talt_{Inc} & EV ne peuvent qu'être « excessivement difficiles » à trouver, en deux sens.

i/ Les candidates *non transitoires* de Talt_{Inc} & EV seront extrêmement rares, puisque l'immense majorité d'entre elles aura été éliminée sous l'effet de l'impératif catégorique d'unicité définitoire du régime moniste.

ii/ Les éventuelles rares *candidates* subsidiaires de Talt_{Inc} & EV extraites de l'histoire de notre science par les contingentistes apparaîtront facilement non convaincantes, du fait que le régime moniste alimente les instincts inévitabiliste et réaliste. En dernier recours, sera en général brandie une version de la stratégie du caractère seulement transitoire de l'égalité de valeur, incluant une induction optimiste selon laquelle l'une

des concurrentes finira bien par se révéler supérieure à plus long terme. Éternellement non convaincus, les inévitabilistes entonneront encore et toujours le même refrain PUSU, quoi que montrent les contingentistes : fournissez des exemples réels *convaincants* de Talt *vraiment inquiétants*, ou bien ayez la décence de vous taire !

Ainsi, à prendre acte du régime moniste de notre science, on comprend que relever le défi PUSU s'apparente à une mission impossible. Toute candidate Talt prélevée au sein de l'histoire des sciences est condamnée à apparaître, par rapport à la théorie T acceptée, soit de moindre valeur, soit seulement transitoirement d'égale valeur. Le régime moniste travaille activement à éliminer ce que les inévitabilistes demandent aux contingentistes de « montrer ».

Cependant, aucune « nécessité intrinsèque » ne peut être attachée au régime moniste. Un régime scientifique pluraliste pourrait être socialement institué. Certains ont même soutenu que l'option pluraliste serait plus bénéfique aux progrès de la science que le monisme actuel (voir par exemple le cas emblématique de Paul Feyerabend, ou plus récemment, les travaux de Hasok Chang, dont Chang, 2015). Le régime moniste qui caractérise notre science n'a donc rien d'absolument inévitable. La norme moniste est certes une propriété constitutive ou définitoire de *notre science*, mais elle n'est pas pour autant une propriété inévitable de *toute science digne de ce nom*. Dans cette mesure, la « durabilité éternelle » du règne de la norme moniste n'est nullement garantie.

À concéder ce point, la plausibilité de l'induction optimiste selon laquelle si une SD survient dans le présent, elle sera très probablement défaite à l'avenir, se réduit au mieux à la foi que les humains continueront indéfiniment à pratiquer la science dans le cadre d'un régime moniste.

Plus généralement, le soi-disant argument PUSU s'effondre complètement. Dans le cadre d'un régime moniste, un *échec* à satisfaire la demande PUSU ne peut être assimilé à un *argument* (empirique ou non) étayant l'in vraisemblance du contingentisme, dès lors que l'on reconnaît que des forces actives, issues d'une *norme humaine qui n'a rien d'inévitable et pourrait être humainement modifiée*, agissent puissamment pour entraver l'occurrence, et pour discréditer les rares occurrences, de ce que les inévitabilistes demandent aux contingentistes de « montrer ». Ainsi, même à concéder aux inévitabilistes que

les contingentistes ont échoué dans *toutes* leurs tentatives pour répondre à la demande PUSU, aucun argument n'en résulte contre le contingentisme, et *a fortiori* pour l'inévitabilisme. Un échec contingentiste ne nous dit *absolument rien* sur la plausibilité du contingentisme : il ne fait que manifester les effets du régime moniste de notre science.

**Une expérience de pensée en guise de conclusion :
et si notre science remplaçait le régime moniste par un régime pluraliste ?**

Pour clore cette réflexion, je souhaite considérer brièvement ce qui pourrait arriver *si* venait à se substituer, au régime moniste actuel, un régime scientifique résolument pluraliste qui valorise la pluralité incompatible et inclut une éducation scientifique elle-même pluraliste.

Imaginons... Une norme pluraliste fait désormais partie des traits défini-
toires de la bonne science : la coexistence de divers cadres théoriques conflic-
tuels à propos d'un seul et même objet étudié est socialement tenue pour
hautement bénéfique à la science. Cette norme est très largement et pro-
fondément intériorisée par les acteurs sociaux, dont les étudiants en science
au cours de leur formation. Ces étudiants ont été régulièrement entraînés,
en pratique tout au long de leur cursus, à aborder le même objet étudié au
moyen de plusieurs cadres incompatibles ; ils ont ainsi pris l'habitude, et
appris à apprécier, d'appréhender une même réalité visée selon des perspec-
tives radicalement différentes. Corrélativement, ils ont baigné dans des dis-
cours glorifiant une telle diversité de ressources et célébrant l'enrichissement
inégalé qui résulte de la capacité à adopter plusieurs manières radicalement
différentes de voir, de penser, de poser et de résoudre les problèmes scienti-
fiques à propos d'un même objet étudié. Au terme de leur formation, le déve-
loppement parallèle de plusieurs cadres théoriques conflictuels, et à titre de
cas particulier l'élaboration de TEE incompatibles, fait partie des missions
premières qu'ils assignent à leurs activités de recherche.

Si la pluralité incompatible était ainsi valorisée, les scientifiques tra-
vaillant dans un domaine donné « sècheraient-ils » complètement (pour
reprendre le lexique de Kitcher cité plus haut) vis-à-vis du but d'élaborer
plusieurs cadres théoriques conflictuels, dont des TEE incompatibles ?

On peut en douter... En effet, si même en régime moniste – au
sein duquel nous voulons absolument éviter la pluralité incompatible et

faisons tout ce qui est en notre pouvoir pour la réduire à l'unité lorsqu'elle survient –, nous ne réussissons pas toujours, n'est-il pas plus que plausible que *si* nous valorisions et voulions à toute force une pluralité incompatible de cadre théoriques, nous l'obtiendrions ?

À concéder ce point, dans un régime pluraliste du type de celui qui vient d'être esquissé, le fait empirique frappant serait une multiplicité *permanente et globale* de cadres théoriques conflictuels. Dans les termes de Laudan et Leplin cités plus haut, il deviendrait « trivial » qu'une certaine pluralité incompatible soit « toujours disponible ». Il deviendrait clair que la rareté et le caractère transitoire de la SD des TEE ne sont pas imposées par « ce qu'est le monde », y compris par « la » nature de la science.

Si un tel changement advenait, les présupposés, les intuitions et les réactions monistes-inévitabilistes-réalistes, ainsi que les inquiétudes et affects associés, s'en trouveraient radicalement déplacés.

La pluralité incompatible ne serait évidemment plus du tout perçue comme une menace. Très probablement, l'objectivité et la rationalité seraient conçues différemment. Il pourrait apparaître « rationnel », collectivement et même individuellement, d'accepter plusieurs cadres incompatibles, ou *a minima* d'utiliser en parallèle de tels cadres pour aborder le même objet étudié... Et chacun des cadres incompatibles correspondants pourrait être tenu pour « objectif », par exemple au sens de « fournissant chacun une perspective *en prise sur l'objet* ».

Quant à la conviction qu'« il existe » une seule théorie correcte ou optimale de l'objet visé par une enquête scientifique, elle aurait toutes les chances de se trouver au minimum affaiblie. Dans certains types de régimes pluralistes, elle n'aurait plus aucun sens : elle serait remplacée par l'idée que des cadres conflictuels peuvent être plus ou moins utiles et efficaces pour traiter les divers problèmes relatifs au domaine étudié, et que par conséquent, disposer de plusieurs cadres est toujours préférable à n'en avoir qu'un seul.

Nous pouvons même soupçonner que, dans certains régimes pluralistes, un instinct contingentiste et pluraliste remplacerait l'instinct moniste et inévitabiliste qui opère si puissamment dans notre monde !

Références bibliographiques

- ACUNA Pablo, 2014. « Artificial examples of empirical equivalence », in M.C. Galavotti *et al.* (eds), *New Directions in the Philosophy of Science*, Dordrecht, Springer, p. 453-467.
- ACUNA Pablo & DIEKS Dennis, 2014. « Another look at empirical equivalence and underdetermination of theory choice », *European Journal for Philosophy of Science*, 4 (2), p. 153-180, <https://doi.org/10.1007/s13194-013-0080-3>.
- CHANG Hasok, 2015. « Cultivating contingency: a case for scientific pluralism », in L. Soler, E. Trizio & A. Pickering (eds), *Science as It Could Have Been. Discussing the Contingency / Inevitability Problem*, Pittsburgh, Pittsburgh University Press, p. 359-382.
- HACKING Ian, 1999. *The Social Construction of What?*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- HACKING Ian, 2000. « How inevitable are the results of successful science? », *Philosophy of Science*, 67, supplement PSA 1998, p. 58-71, <https://doi.org/10.1086/392809>.
- KINZEL Katherina, 2015. « State of the field: are the results of science contingent or inevitable? », *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 52, p. 55-66, <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2015.05.013>.
- KITCHER Philip, 2001. *Science, Truth and Democracy*, Oxford/New York, Oxford University Press.
- KUKLA André, 1993. « Laudan, Leplin, empirical equivalence and underdetermination », *Analysis*, 53 (1), p. 1-7, <https://doi.org/10.1093/analys/53.1.1>.
- LAUDAN Larry, 1990. « Demystifying underdetermination », in C. Wade Savage (ed.), *Scientific Theories*, University of Minnesota Press, p. 267-297.
- LAUDAN Larry & LEPLIN Jarrett, 1991. « Empirical equivalence and underdetermination », *The Journal of Philosophy*, 88 (9), p. 449-472.
- LEPLIN Jarrett & LAUDAN Larry, 1993. « Determination underdetermined: reply to Kukla », *Analysis*, 53 (1), p. 8-16, <https://doi.org/10.1093/analys/53.1.8>.
- MARTIN Joseph D., 2013. « Is the contingentist/inevitabilist debate a matter of degrees? », *Philosophy of Science*, 80 (5), December, p. 919-930, <https://doi.org/10.1086/674003>.
- RADICK Gregory, 2005. « Other histories, other biologies », in A. O'Hear (ed.), *Philosophy, Biology, and Life*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 21-47.

- SOLER Léna, 2015a. « The Contingentist / Inevitabilist Debate: current state of play, paradigmatic forms of problems and arguments, connections to more familiar philosophical themes », in L. Soler, E. Trizio & A. Pickering (eds), *Science as It Could Have Been. Discussing the Contingency / Inevitability Problem*, Pittsburgh, Pittsburgh University Press, p. 1-44.
- SOLER Léna, 2015b. « Why Contingentists should not care about the inevitabilist demand to “put-up-or-shut-up”: a dialogic reconstruction of the argumentative network », in L. Soler, E. Trizio & A. Pickering (eds), *Science as It Could Have Been. Discussing the Contingency / Inevitability Problem*, Pittsburgh, Pittsburgh University Press, p. 45-98.
- SOLER Léna & Howard SANKEY (eds), 2008. « Are the results of our science contingent or inevitable? A symposium devoted to the contingency issue », *Studies in History and Philosophy of Science*, 39, p. 220-264, <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2015.05.013>.
- SOLER Léna, Emiliano TRIZIO & Andrew PICKERING (eds), 2015. *Science as It Could Have Been. Discussing the Contingency / Inevitability Problem*, Pittsburgh, Pittsburgh University Press.

Croyances, connaissances et raisonnement
*La philosophie de la connaissance
comme ressource pour l'enseignement des sciences*

Anouk BARBEROUSSE

RÉSUMÉ

Qu'est-ce que les élèves pensent ? Que croient-ils ? Comment transforment-ils leurs croyances en connaissances ? L'article vise à répondre à ces questions à partir de la théorie contemporaine de la connaissance, en insistant sur le rôle des raisonnements, tant formels que sur les faits.

MOTS-CLÉS : croyance, raisonnement, induction, faits, probabilités

Enseigner et réfléchir à son enseignement, ne serait-ce que pour en limiter les échecs, conduit naturellement à se demander « ce qu'il y a dans la tête des élèves ou des étudiants », c'est-à-dire ce qu'ils tiennent pour vrai, pour certain, pour douteux, etc. En effet, c'est seulement si on peut s'appuyer sur ce qu'ils croient être vrai que l'on peut commencer le processus d'apprentissage. Or, que savons-nous de ce que les élèves pensent probable, incertain, absolument sûr ? Bien peu, en général ! Aux débuts de l'enseignement obligatoire, on pouvait avoir l'illusion que les élèves avaient dans la tête ce qu'on leur avait enseigné dans les classes précédentes. Cependant, outre que cette règle ne peut s'appliquer à la première année, elle est bien entendu hasardeuse.

Dans quelle direction se tourner pour savoir ce que les élèves ont dans la tête ? Le travail de Jean Piaget (1964 [1940]) a fourni les premiers outils pour distinguer la vision spécifique que les enfants ont du monde et ses transformations au fur et à mesure de leur croissance ; il a fait prendre conscience à

ses lecteurs que les connaissances ne s'accumulaient pas dans les esprits des enfants de façon régulière et continue mais qu'au contraire, leurs perceptions changeaient plusieurs fois au cours de leur développement. Par exemple, les enfants de trois ans ne comprennent pas qu'autrui peut se tromper, c'est-à-dire croire qu'une poupée est dans un coffre alors qu'elle est sous le lit : leur conception des croyances d'autrui ne prend pas en compte la possibilité de l'erreur. Piaget pensait que les enseignants devaient s'appuyer sur ces évolutions internes plutôt que d'imaginer l'esprit des enfants comme une cire à modeler à loisir. Aujourd'hui, la psychologie du développement¹, qui est le nom de la psychologie cognitive appliquée aux enfants, fournit une image partiellement concordante avec celle dessinée par Piaget. Dans cet article, ses ressources seront combinées avec celles de la philosophie de la connaissance pour proposer une réflexion sur l'enseignement des sciences.

Le but de ce développement est ainsi de présenter les ressources de la philosophie de la connaissance pour l'enseignement des sciences en insistant sur la notion de raisonnement. Les enseignants des disciplines scientifiques ont en effet pour double tâche de transmettre des contenus de connaissance de sorte à enrichir et à améliorer « ce que les élèves ont dans la tête » et de leur apprendre à raisonner correctement. Il s'agira d'éclairer la façon dont ces deux tâches peuvent être articulées.

Nous commencerons par présenter le vocabulaire qui est devenu courant en philosophie de la connaissance, la discipline qui étudie la nature des croyances et des connaissances et leur rapport à la vérité. Ce vocabulaire sera utile pour s'entendre sur le sens des notions utilisées par la suite. La notion centrale est celle de « croyance », au sens de « ce que l'on tient pour vrai ». Parmi tout ce que les élèves ont dans la tête (désirs, intentions, projets, souvenirs, etc.), leurs croyances occupent une place très importante pour les enseignants : en effet, certaines serviront à élaborer les connaissances futures des élèves, mais d'autres seront plutôt des obstacles sur ce chemin. La première partie de l'article portera sur la diversité des croyances et la deuxième sur leurs sources. Elles serviront de soubassement à une analyse des raisonnements mobilisés dans l'enseignement des sciences, présentée dans la troisième partie.

¹ Voir, par exemple, Carey, 2009 ; Spelke, 2022.

Préambule : éléments de terminologie

Pour décrire les composantes de la vie mentale, ou de l'esprit, on peut introduire une première distinction entre celles qui peuvent être exprimées à l'aide de phrases et celles qui sont exprimées par des groupes nominaux. Ainsi, *l'espoir* est-il souvent exprimé grâce à une proposition subordonnée : « J'espère *qu'il fera beau demain* ». De même, la volonté : « Je veux *que le chien sorte de la maison* ». En revanche, d'autres composantes de la vie mentale sont exprimées par des noms : « J'ai peur *du chien* » ; « J'aime *Jules* ».

On appelle « attitudes propositionnelles » les composantes de la vie mentale dont la description appelle une proposition subordonnée. Certaines expressions en français sont cependant ambiguës. Par exemple, lorsque l'on dit « J'aimerais bien ce chapeau », on veut plutôt dire « J'aimerais bien *acheter ce chapeau* », ou « *posséder ce chapeau* », qui sont des phrases équivalentes à des propositions subordonnées, même si le verbe en est à l'infinitif. On exprime donc une attitude propositionnelle de cette façon aussi. Il se peut même que certaines attitudes mentales, qui semblent porter sur des objets, comme « J'ai peur du chien », soient des attitudes propositionnelles cachées, comme « J'ai peur *que le chien aboie* » ou « J'ai peur *que le chien me fasse du mal* ». Peu importe. La notion importante, celle de croyance au sens de « ce que l'on tient pour vrai », est clairement une attitude propositionnelle, indépendamment des cas ambigus : « Je crois *que le chien va faire des dégâts dans la maison* » (qui signifie « Je pense qu'il est vrai que le chien va faire des dégâts dans la maison »). Dans cette acception, le verbe croire ne possède aucune connotation particulière, il signifie simplement « penser qu'il est vrai que... ». En particulier, il n'a aucune connotation religieuse².

Certaines attitudes propositionnelles sont associées à des émotions, comme « Je crains *que le chien ne fasse des dégâts* ». Cependant, d'autres sont neutres relativement aux émotions, ou peuvent l'être. La croyance en fait partie. Comprise en ce sens, la croyance est souvent conçue comme ce qui guide l'action³ : c'est parce que je crois que le chien va causer des dégâts que *je le fais sortir*. Par ailleurs, les croyances entretiennent de

² Dans cet usage, le mot « croyance » ne s'oppose pas au mot « opinion », si « opinion » désigne l'attitude consistant à tenir pour vrai l'objet de l'opinion.

³ Voir Ramsey, 1990 [1926] ; et Ramsey, 1991 [1927-1929].

nombreuses relations entre elles et avec d'autres attitudes propositionnelles. C'est parce que je *crois* que le chien est nerveux que je *crois* qu'il va faire des dégâts et que je *souhaite* qu'il sorte. D'autres exemples sont plus parlants dans le contexte de l'enseignement des sciences : c'est parce que je crois que $a(b + c) = ab + ac$ que je crois que deux perles de 1 001 euros chacune valent ensemble 2 002 euros, parce que ma croyance en la distributivité de la multiplication par rapport à l'addition m'a fait d'abord doubler la plus grosse somme ronde (1 000 euros) puis additionner les 2 euros restants. Les croyances peuvent commander d'autres croyances, ainsi que des actions.

L'autre notion nécessaire à l'analyse du rapport entre élèves et enseignants est celle de connaissance. Rien de surprenant ici, si ce n'est peut-être que la philosophie contemporaine de la connaissance la conçoit, au moins en première analyse, comme une *croyance vraie justifiée*. Ainsi, si je crois que le chien est nerveux alors qu'il vient en fait de s'endormir, alors je me trompe, et je ne peux donc pas être dite *savoir* que le chien est nerveux. De même, si je crois que le chien est nerveux alors que je l'ai seulement vu courir après une balle, sans autre indice, il se peut que je ne me trompe pas, mais ce sera par hasard : ma croyance (vraie) ne sera pas justifiée, ce qui fait que je ne pourrai pas non plus être dite *savoir* que le chien est nerveux. On ne peut être dit *savoir que p* que si *p* est vraie et qu'on peut donner à autrui une raison convaincante que *p* est vraie. Lorsqu'un enfant de 4 ans croit que $5\,793 + 9\,871 = 15\,664$ sans savoir poser une addition, et sans que quiconque le lui ait dit antérieurement, il le croit par hasard et ne *sait* donc pas que $5\,793 + 9\,871 = 15\,664$.

La tâche des enseignants de sciences est, entre autres, de transformer les croyances vraies des élèves en connaissances (en leur en fournissant les raisons) et d'éliminer leurs croyances fausses, ou au moins celles qui les empêchent d'acquérir de nouvelles connaissances et de réaliser les objectifs de l'enseignement. Les rapports entre les croyances, leurs transformations, et en particulier leurs transformations en connaissances, sont donc au cœur de la relation entre élèves et enseignants. On parle de « dynamique des croyances » pour désigner ces transformations. La dynamique des croyances est indubitablement affectée par les émotions ; tout enseignant, tout parent en a fait l'expérience. Cependant, cet article se contentera de quelques considérations

sur la dynamique des croyances indépendamment du rôle des émotions, et abordera en particulier la question de savoir dans quelles circonstances le *raisonnement* est un moteur de la dynamique des croyances. Pour y parvenir, il est d'abord nécessaire de prendre la mesure de la diversité des croyances.

La diversité des croyances

Si la notion de croyance entendue comme « ce que l'on tient pour vrai » joue incontestablement un rôle majeur dans l'analyse de la vie mentale, elle n'est malheureusement pas aussi claire qu'il y paraît. Son analyse soulève en effet de nombreuses questions. Le but de cette partie est de présenter quelques distinctions et les difficultés associées, dans le but de repérer quelles distinctions sont utiles pour mieux comprendre le rapport entre les élèves et les enseignants.

Commençons par une des distinctions les plus difficiles, afin de la mettre plus vite de côté : la distinction entre croyances *occurrentes* et *implicites*. Parmi l'ensemble des propositions que je tiens pour vraies, l'immense majorité ne me vient pas à l'esprit au moment précis où j'écris : elles restent *implicites*. Seules certaines surnagent, pour ainsi dire, à la surface de mon esprit, comme par exemple celle selon laquelle il ne fait pas chaud à l'endroit où je me trouve. De façon imagée, on peut se représenter l'ensemble des croyances comme un océan dans lequel certaines remontent parfois à la surface de la conscience – une question bien posée pourrait les y aider et les rendre donc *explicites*. Par exemple, cela fait bien longtemps que je n'ai pas pensé à la date de naissance de ma grand-mère ; cependant, si on me la demande, je peux la retrouver au prix d'un petit effort. Du point de vue pédagogique, il est parfois important de savoir poser les bonnes questions aux élèves pour rendre *occurrentes* leurs croyances (et surtout leurs connaissances). Cependant, dans la suite de cet article, sont incluses dans la catégorie de croyances aussi bien celles qui sont présentes à l'esprit des élèves que celles auxquelles ils peuvent accéder quand on leur pose une question.

D'un point de vue logique, on distingue principalement les croyances générales et les croyances particulières : en effet, les unes et les autres ne permettent pas les mêmes conclusions lorsqu'elles sont utilisées comme prémisses dans des raisonnements. Si je crois que tous les chiens noirs

sont turbulents, je croirai aussi que Fripon, qui est noir, est turbulent. En revanche, si je crois que Fripon est turbulent, que, par ailleurs, il a le poil noir, je ne pourrai pas m'appuyer sur cette croyance pour croire aussi que tous les chiens noirs sont turbulents, sous peine d'une faute de raisonnement.

La distinction entre croyances particulières et croyances générales est indépendante du type de contenu des croyances : elle concerne tout autant les chiens noirs que les triangles isocèles. La distinction entre croyances vraies et croyances fausses, en revanche, n'est pas formelle en ce sens : elle dépend bien du contenu des croyances. Elle est d'une grande importance non seulement d'un point de vue pédagogique, mais aussi dans la vie quotidienne. Si, en effet, je crois que mon train part à 10 h 10 alors qu'il part à 9 h 10, je n'arriverai pas à destination à l'heure prévue. De même que la distinction entre croyances occurrentes et croyances implicites, celle entre croyances vraies et croyances fausses n'est simple qu'en apparence. Elle est non seulement opaque pour le sujet des croyances, qui, par définition, tient pour vraies toutes ses croyances, aussi bien les vraies que les fausses, mais elle est souvent difficile à établir de l'extérieur : peu d'entre vous, lecteurs, êtes capables de déterminer si ma croyance selon laquelle ma grand-mère est née le 31 janvier 1911 est vraie ou fausse ! J'ai pris à dessein l'exemple d'une croyance particulière portant sur un fait empirique, parce que ce type de croyance est souvent vérifiable – mais pas toujours –, et la vérité des croyances empiriques générales, comme celle selon laquelle tous les chiens noirs sont turbulents, est souvent bien difficile à établir.

À propos de la distinction entre croyances vraies et croyances fausses, une remarque épistémologique s'impose. Nos croyances sont vraies ou fausses indépendamment de nous ; la distinction n'a donc pas de rapport avec nos capacités à déterminer la vérité ou la fausseté des phrases qui les expriment. Dans la suite de cet article, d'autres notions seront donc indépendamment mobilisées qui lui sont volontiers associées, comme celles de certitude et de probabilité. Dans le contexte de notre discussion, ces deux notions sont relatives à un jugement que le sujet porte sur ses propres croyances. Lorsque je dis que je suis certaine que ma grand-mère est née le 31 janvier 1911, mon affirmation porte sur ma croyance et non pas sur le monde. En revanche, ma croyance selon laquelle ma

grand-mère est née le 31 janvier 1911 porte sur le monde, et sa vérité ou sa fausseté sont indépendantes de ma vie mentale : elles dépendent de ce qui est le cas dans le monde (en l'occurrence, de la date à laquelle ma grand-mère est née). Les mots « probable » et « probabilité », quant à eux, peuvent s'employer aussi bien pour désigner l'évaluation par un sujet de ses croyances qu'une évaluation objective, d'où la difficulté de leur usage dans le contexte de notre discussion. Nous y reviendrons par la suite, car le concept de probabilité est un instrument majeur de l'étude de la dynamique des croyances et du raisonnement. Restons-en pour le moment à la distinction fondamentale entre ce qui dépend du monde (le fait qu'une croyance soit vraie ou fausse) et ce qui dépend du sujet des croyances (le fait qu'il les tienne pour vraies, pour certaines, pour probables).

Jusqu'à présent, notre parcours au sein de la diversité des croyances a été le suivant : nous sommes partis d'une distinction psychologique (entre croyances occurrentes et croyances implicites), pour la mettre de côté car elle n'est pas au cœur de la discussion, puis nous avons abordé une distinction formelle (entre croyances particulières et croyances générales), avant de présenter la distinction centrale entre croyances vraies et croyances fausses, qui porte sur le *contenu* des croyances et leur correspondance avec le monde. Nous allons continuer d'explorer quelques distinctions portant sur le contenu des croyances, parce qu'elles peuvent jouer un rôle important dans la prise en compte des croyances des élèves par les enseignants. L'une de ces distinctions est celle entre croyances pertinentes et croyances non pertinentes. La notion de pertinence est relative à un contexte de discussion. Elle est assez difficile à définir de façon rigoureuse (Sperber & Wilson, 1995), mais, dans un dialogue, on remarque immédiatement si un interlocuteur énonce une phrase non pertinente. Par exemple, dans le cadre d'une activité pédagogique sur les propriétés des carrés, lorsqu'un élève rappelle que la somme des angles d'un triangle est de 180° , il y a fort à parier que l'enseignant lui fera remarquer d'une façon ou d'une autre que son intervention n'est pas pertinente. C'est une expérience pédagogique courante que de devoir expliquer aux élèves ou aux étudiants que ce qu'ils viennent de dire n'est pas en rapport avec le sujet de la discussion. En effet, parmi toutes les croyances qui « remontent à la surface » des esprits des élèves durant un

cours, nombreuses sont celles qui n'ont pas de rapport avec ce que dit l'enseignant – ou du moins, pas de rapport qui soit exploitable pédagogiquement. Ces croyances encombrant, pour ainsi dire, l'esprit des élèves, et sont donc importantes à prendre en compte pour améliorer les pratiques pédagogiques, ne seraient-ce que pour en minorer les effets.

Deux remarques peuvent être faites à propos de la distinction entre croyances pertinentes et croyances non pertinentes. La première est qu'il s'agit d'une distinction normative, comme celle entre croyances vraies et croyances fausses. Cet aspect normatif est au cœur de la relation pédagogique : il arrive que l'enseignant et l'élève n'apprécient pas de la même façon la pertinence d'une croyance occurrente au cours d'une séquence d'enseignement, et de la même façon qu'il incombe à l'enseignant d'agir face aux croyances fausses des élèves (au moins face à certaines d'entre elles), il lui incombe de faire comprendre à un élève pourquoi ce qu'il a dit (qui exprime parfois ce qu'il croit) n'est pas pertinent. La seconde remarque est que, contrairement à la distinction entre croyances vraies et croyances fausses, la distinction entre croyances pertinentes et croyances non pertinentes ne porte pas sur les croyances considérées indépendamment d'un contexte de discussion. L'évaluation de la pertinence d'une croyance est toujours faite relativement à un sujet de discussion, et doit donc être séparée de l'évaluation de la vérité ou de la fausseté de la croyance en question.

Parmi les distinctions relatives au contenu des croyances, une autre est importante pour les enseignants : celle entre croyances portant sur des sujets importants et croyances portant sur des sujets futiles. De même que la distinction entre croyances pertinentes et croyances non pertinentes, celle-ci est relative à un contexte de discussion ; plus spécifiquement, elle est relative au contexte d'enseignement et acquiert son caractère normatif dans ce contexte. Les croyances des élèves sur des sujets futiles « encombrant » tout autant leur esprit que leurs croyances non pertinentes – du moins selon le point de vue des enseignants. En tout cas, cette distinction fait également partie de celles qui ont des effets sur les conditions d'enseignement : les croyances des élèves sur l'issue du match de foot du soir seront sans doute considérées par l'enseignant comme appartenant à la catégorie des croyances sur des sujets futiles, du moins dans le contexte de sa séquence sur les transformations de l'énergie.

Il aura cependant intérêt à ne pas faire comme si toutes les croyances courantes de ses élèves portaient sur l'énergie, sous peine de risque d'échec.

Introduisons une dernière distinction entre les croyances, qui affecte aussi les pratiques pédagogiques : celle entre croyances raisonnables et croyances loufoques. Les exemples de croyances loufoques abondent dans nos sociétés tout autant que dans celles qui les ont précédées : croyance en l'action de petits granulés de sucre sur le métabolisme humain, en l'existence d'un complot destiné à nous faire croire à tort que la Terre est sphérique, etc. On appellera ici « croyances raisonnables » celles auxquelles on peut donner un fondement acceptable par n'importe lequel de ses contemporains. Les croyances raisonnables ne sont pas toutes vraies ; cette notion est définie non par la correspondance avec le monde, mais relativement à une communauté de locuteurs avec qui on peut interagir pour évaluer le bien-fondé de ses croyances. Au contraire, certaines croyances loufoques sont peut-être vraies, mais elles ne rencontrent pas l'adhésion parmi l'entourage de ceux qui les entretiennent. Imaginons par exemple qu'il existe vraiment, quelque part dans l'univers, des êtres doués d'une intelligence comparable à la nôtre : ceux qui croient en cette existence auraient aujourd'hui du mal à en convaincre leurs interlocuteurs parce qu'il n'existe pas d'arguments suffisamment forts pour rendre cette croyance plausible et acceptable.

Les lecteurs pour qui la philosophie de la connaissance n'a plus de secret seront peut-être étonnés que ne soit pas davantage discutée, dans le cadre de cet article, la distinction entre croyance et acceptation. Cette distinction fait l'objet de nombreuses recherches ; cependant, les auteurs ne s'accordent pas sur ce qu'elle désigne exactement. Accordons-nous sur le sens suivant : alors que celui qui croit que p tient p pour vraie, celui qui accepte p ne fait que considérer l'hypothèse selon laquelle p est vraie, pour les besoins d'un raisonnement ou d'un récit. En ce sens, l'acceptation est provisoire et révisable alors qu'on entreprend rarement la démarche consistant à s'interroger sur la plausibilité ou la vérité d'une de ses croyances. On possède des croyances ; elles forment le fond de notre vie mentale ; on ne les prend que rarement pour objets de réflexion. En revanche, l'acceptation est accompagnée d'une démarche réflexive. Il se peut que la distinction entre croyance et acceptation soit utile

pour les enseignants, qui pourraient avoir des scrupules à transformer les croyances des élèves et voudraient d'abord qu'ils prennent en considération certaines hypothèses, c'est-à-dire qu'ils les acceptent au moins provisoirement pour étudier ce que l'on peut en faire, par exemple par le raisonnement. C'est une question philosophique ouverte de savoir si l'ensemble de cet article pourrait être lu en remplaçant « croyance » par « acceptation » ; question laissée à la sagacité des lecteurs.

On a pu constater, à la lecture de ce qui précède, que les distinctions mises en avant ne sont pas toutes traditionnelles. Nous avons en effet cherché à mettre l'accent sur celles susceptibles d'affecter les pratiques pédagogiques plutôt que sur celles qui nourrissent le débat philosophique. Ainsi les distinctions entre croyances ordinaires et croyances scientifiques, ou entre croyances scientifiques et croyances religieuses, ne sont pas abordées. La raison en est que la compréhension et l'analyse de ces distinctions traditionnelles me semblent présupposer la compréhension et la prise en compte des distinctions présentées ci-dessus. Ainsi, la distinction entre croyances ordinaires (les croyances mobilisées dans la vie quotidienne) et croyances scientifiques me semble ne pouvoir prendre sens que si on a *d'abord* une idée claire de ce qu'est un thème scientifique, ce qui suppose d'avoir clairement séparé thèmes importants et thèmes futiles. Le but de cette première partie étant de mettre l'accent sur la diversité des croyances des élèves auxquelles ont affaire les enseignants, les distinctions sélectionnées sont celles qui semblent éclairer la discussion à venir sur les raisonnements mobilisés dans l'enseignement des sciences, objet de notre troisième partie. Auparavant, il sera utile de présenter et de discuter succinctement les sources des croyances.

Les sources des croyances

On distingue classiquement trois sources des croyances : la perception, le témoignage et le raisonnement, à quoi on ajoute parfois l'intuition. Cette dernière soulevant des questions qui dépassent le cadre de cet article, on se concentrera sur les trois premières. Les croyances issues de la perception sont en large mesure les mêmes pour tous les êtres humains situés dans les mêmes conditions ; c'est d'ailleurs la raison pour laquelle on consacre, dans les enseignements scientifiques, quelques heures à l'observation et

à l'expérimentation. Ce sont les deux autres sources, le témoignage et le raisonnement, qui nous occuperont.

Le « témoignage » dont il est question en philosophie de la connaissance désigne tous les moyens d'acquérir des croyances qui passent par la parole d'autrui, que ce soit lors d'une conversation, par l'écrit, la radio, la télévision, les réseaux sociaux, etc. *Homo sapiens* étant une espèce sociale, très nombreuses sont nos croyances qui proviennent du témoignage en ce sens large, et sans doute la plupart de nos connaissances. En tout cas, les croyances et connaissances acquises en tant qu'élèves et étudiants sont acquises par témoignage.

Si la perception est parfois mise en doute comme source fiable de croyances, la question se pose de façon bien plus aiguë pour les croyances issues du témoignage au sens large. Les philosophes classiques, et en particulier Descartes et Kant, ont donné de nombreux arguments en faveur d'une attitude critique vis-à-vis des croyances issues du témoignage, s'opposant en cela à Hume, qui propose au contraire une théorie du témoignage comme source de connaissance. L'injonction de « penser par soi-même » et de ne pas accepter les « arguments d'autorité » devraient conduire à ne pas accepter sans examen ce qu'on entend ou lit d'autrui. Si nous obéissions à cette injonction, notre vie quotidienne, mais aussi toutes nos pratiques d'enseignement, s'en trouveraient considérablement entravées ! Il est donc nécessaire de bien séparer, dans la présente discussion, ce qui relève de l'argumentation philosophique portant sur des situations idéalisées et ce qui relève de la vie quotidienne. Si l'on cherche à partir de ce que les élèves ont dans la tête, comme cet article tente de le faire, alors il est nécessaire d'admettre qu'ils tirent une large part de ce qu'ils ont dans la tête du témoignage au sens large, que ce soit ou non de bonne pratique philosophique.

Les enseignants ont souvent l'espoir d'être à la source des croyances des élèves sur ce qu'ils enseignent. C'est sans doute une illusion. Les élèves et étudiants, comme chacun d'entre nous, sont bombardés de « témoignages » au sens large. Ils les absorbent sans toujours se soucier d'esprit critique, et nous faisons comme eux la plupart du temps. Cet état de fait participe des conditions de l'enseignement : il serait illusoire d'en faire abstraction. Les parents qui pensent pouvoir imposer des croyances

à leurs enfants ont autant de souci à se faire que les enseignants : selon les recherches en psychologie (Rotenberg *et al.*, 2013), les enfants et adolescents font davantage confiance à leurs pairs comme sources de leurs croyances. Mais s'agit-il vraiment, dans l'enseignement, d'imposer quelque croyance que ce soit aux élèves et aux étudiants ?

Les adultes sont pour les enfants et adolescents des sources de croyances *parmi d'autres*. Ce qu'ils peuvent peut-être influencer, c'est la façon dont les enfants et adolescents transforment leurs croyances. Cela peut se faire par la discussion et le *raisonnement*. Dans la suite, nous allons voir de quelle façon le raisonnement peut conduire à la formation de croyances rationnelles, et ce que signifie cette notion.

Avant d'en dire davantage sur le raisonnement, il est nécessaire d'introduire une nouvelle convention terminologique. Les mots « inférence » et « raisonnement » désignent tous deux des processus par lesquels on passe d'un ensemble de prémisses à une conclusion. On appelle souvent « raisonnement » ce processus lorsqu'il est effectué de façon consciente et que l'attention du sujet se porte délibérément sur le lien entre prémisses et conclusion. On appelle « inférence » le même processus, qu'il soit effectué de façon consciente ou de façon automatique et inconsciente par le système cognitif. De nombreuses théories psychologiques depuis Helmholtz au XIX^e siècle supposent que notre esprit produit des inférences de façon continue et le plus souvent inconsciente. Les inférences que nous effectuons de façon consciente et délibérée, à savoir les raisonnements, sont plus rares – sauf en contexte d'enseignement, puisque nombreuses sont les activités pédagogiques qui ont pour but que les élèves effectuent certains raisonnements.

Les théories de la rationalité définissent les inférences rationnelles comme celles dont les prémisses fournissent une bonne raison d'accepter la conclusion – de sorte que si l'on croit en la vérité des prémisses, on sera fondé à croire en la vérité de la conclusion. On peut distinguer deux grandes catégories de théories de l'inférence rationnelle : les théories qui reposent sur la logique classique et celles qui reposent aussi sur le calcul des probabilités.

La logique dite « classique » a été élaborée à partir du début du XX^e siècle par Frege, Peirce, Russell et leurs successeurs. Sa notion centrale est celle

d'inférence *valide*, définie de la façon suivante : une inférence est valide si et seulement si, lorsque les prémisses en sont vraies, la conclusion ne peut pas être fausse. On peut définir un certain nombre de règles permettant de garantir formellement que si le lien entre les prémisses et la conclusion d'une inférence les respectent, et si les prémisses sont acceptables, alors la conclusion l'est nécessairement. La logique classique redéfinit ainsi la notion leibnizienne de *force de la forme*. Prenons un exemple : toute inférence ayant la forme suivante⁴ est valide, que les prémisses soient vraies ou fausses :

Prémisse 1 : Si p , alors q

Prémisse 2 : p

Conclusion : q

Voici deux illustrations :

Illustration 1 :

Prémisse 1 : S'il pleut, le sol est mouillé.

Prémisse 2 : Il pleut.

Conclusion : Le sol est mouillé.

Illustration 2 :

Prémisse 1 : Si le sol est mouillé, il pleut.

Prémisse 2 : Le sol est mouillé.

Conclusion : Il pleut.

La première prémisse de l'illustration 2 est fausse de façon générale, puisque le sol peut être mouillé pour d'autres raisons que la pluie. Sa conclusion n'est donc pas vraie de façon générale. Cependant, il s'agit d'une inférence valide. Ainsi la validité d'une inférence ne garantit-elle pas la vérité de sa conclusion. Ce fait déroute parfois les étudiants qui ont

⁴ On reconnaîtra la forme du *modus ponens* ; on pourrait également prendre l'exemple du *modus tollens* : Prémisse 1 : Si p , alors q ; Prémisse 2 : non q ; Conclusion : non p . Ces deux formes sont abondamment employées dans les démonstrations mathématiques.

du mal à séparer la forme de l'inférence du contenu des prémisses et de la conclusion.

La théorie de la rationalité ne se réduit pas à l'application de la logique classique et la notion d'inférence rationnelle ne se réduit à celle d'inférence valide : on considère en effet que de nombreuses autres inférences que celles qui sont valides au sens de la logique classique sont rationnelles. Par exemple, si j'ai constaté que toutes les poules que j'ai pu observer ne volent pas plus de quelques mètres, je serai fondée à conclure qu'il est vraisemblable que la poule que j'ai en face de moi ne pourra pas voler plus de quelques mètres, et que les autres poules que je verrai dans le futur seront dans la même incapacité. Les inférences de cette sorte sont inductives, alors que les inférences valides au sens de la logique classique sont déductives. Presque toutes les conceptions de la rationalité admettent que des inférences inductives peuvent être rationnelles. Ce qui est difficile, c'est de formaliser le raisonnement inductif. On considère généralement que les approches les plus prometteuses pour ce faire mobilisent le calcul des probabilités, comme on va le voir plus loin. Auparavant, il sera utile de préciser le rapport entre la discussion sur la logique classique et les probabilités, et celle sur les croyances.

Le rapport entre logique classique, probabilités et transformation des croyances peut être exprimé en peu de mots : si on adopte comme prémisses des croyances vraies *et* que l'on effectue un raisonnement valide au sens de la logique classique ou un raisonnement qui suit les règles du calcul des probabilités, alors on aboutira à une conclusion bien fondée. La conclusion ne sera pas nécessairement vraie dans le cas d'un raisonnement inductif, car il est faillible : même si les prémisses sont vraies, un raisonnement inductif correct n'aboutit pas nécessairement à une conclusion vraie. Mais, au moins, les principales règles de rationalité auront été respectées. C'est en ce sens que le raisonnement est le moyen de former des croyances rationnelles. Il ne permet pas toujours de parvenir à des croyances vraies ; cependant, il constitue l'un des moyens que les enseignants peuvent chercher à enseigner.

Seules quelques lois du calcul des probabilités sont nécessaires pour formaliser le raisonnement inductif portant sur des propositions. Dans cette approche, les probabilités sont des fonctions qui partent de l'ensemble des propositions et prennent comme valeurs des nombres réels compris entre 0 et 1. La première loi est que, si p désigne une proposition, et P une fonction de

probabilité, $P(p) + P(\text{non } p) = 1$. Cela traduit le fait qu'il est certain (probabilité 1) que p est soit vraie, soit fausse. La deuxième loi est que, si p et q sont des propositions logiquement indépendantes⁵, $P(p \text{ et } q) = P(p) + P(q)$. Ces deux lois transposent au calcul des probabilités les lois de la logique classique. La règle qui porte le poids de la rationalité, pour ainsi dire, est la règle de Bayes : $P(h|e) = P(h \text{ et } e) \cdot P(h) / P(e)$. Ici, $P(h|e)$ désigne la probabilité que h soit vraie si e est vraie. La règle de Bayes indique comment on doit actualiser la probabilité d'une hypothèse h lorsqu'on acquiert une nouvelle information e . Elle dépend de la probabilité de la conjonction de h et e et de la probabilité de e , ce qui signifie que si l'information e est inattendue, la probabilité de h étant donné e sera élevée, si du moins la probabilité de la conjonction de h et e n'est pas elle-même faible. Par exemple, si l'hypothèse h considérée est celle de l'existence d'ondes électromagnétiques, et si e désigne les résultats des expériences menées par Heinrich Hertz de 1866 à 1868, alors on peut considérer que $P(h)$ est assez faible pour les physiciens qui associaient le concept d'onde au son et à la lumière visible, mais que $P(e)$ est encore plus faible, surtout si l'on sait que Hertz a eu beaucoup de mal à obtenir ses résultats. Dans ce cas, $P(h|e)$, la probabilité que les ondes électromagnétiques existent étant donné les résultats établis par Hertz est plus grande que $P(h)$, la probabilité de l'existence d'ondes électromagnétiques considérée indépendamment des expériences de Hertz. Ainsi, si l'on admet les résultats de ces expériences, alors on sera conduit à accepter l'hypothèse de l'existence d'ondes électromagnétiques dont le comportement est décrit par les équations de Maxwell.

De nombreuses critiques ont été émises contre cette façon de formaliser le raisonnement inductif (Urbach & Howson, 1993 ; Earman, 1992). Cependant, aujourd'hui, la théorie bayésienne du raisonnement (qui est bien plus riche que les quelques indications qui précèdent) a considérablement gagné en popularité et est considérée comme la meilleure théorie disponible du raisonnement scientifique.

Avant d'exposer comment les considérations qui précèdent peuvent être utilisées pour réfléchir à l'enseignement des sciences, il est important de rappeler que, livré à lui-même, l'esprit humain ne suit pas toujours les règles du raisonnement correct. Cela est dû à de nombreux facteurs, dont

⁵ Cela signifie qu'elles n'entretiennent aucune relation logique.

ses limites propres : les calculs ne sont pas toujours faciles à effectuer, même consciemment et délibérément. Cela ne signifie cependant pas que l'effort consistant à inciter les élèves à raisonner correctement ne mérite pas d'être fait ; cela signifie seulement que la tâche des enseignants est difficile, peut-être plus difficile que ce que l'on pense généralement.

Le principal obstacle au raisonnement correct est le « biais de confirmation » : l'esprit humain a une forte tendance à éliminer l'information qui ne lui plaît pas et à ne conserver que l'information compatible avec les croyances qu'il a déjà. Ainsi, face à une information nouvelle qui contredit mes croyances, j'ai tendance à la négliger et à privilégier les informations qui sont compatibles avec elles. Le biais de confirmation n'est cependant pas le seul obstacle à la mise en œuvre de raisonnements corrects : nos émotions nous empêchent parfois de raisonner correctement (sommés-nous capables de comparer des probabilités lorsque nous sommes amoureux de la personne assise à notre côté ?). Enfin, il reste à mentionner l'une des capacités remarquables de l'esprit humain, qui forme un obstacle indirect au raisonnement correct : la capacité (mal nommée) à « rationaliser », c'est-à-dire à développer une vision rétrospective de la dynamique de ses propres croyances qui est prompte à effacer les erreurs de raisonnement et les croyances fausses, ou encore à reconstruire son propre passé. Autant de caractéristiques de l'esprit humain qui rendent particulièrement difficile la tâche consistant à demander à des groupes d'enfants ou d'adolescents de faire l'effort de raisonner correctement, de prêter attention à ses propres croyances, à leur bien-fondé, aux enchaînements entre prémisses et conclusions, etc.

Les raisonnements mobilisés dans l'enseignement des sciences

Pour qui n'a pas encore complètement perdu espoir de parvenir à aider les élèves et étudiants à développer des croyances rationnelles, il convient à présent de préciser quels types de raisonnements sont particulièrement mobilisés dans l'enseignement des sciences. Un tel exercice est nécessaire afin d'éviter d'ajouter de la confusion aux difficultés mentionnées précédemment. Ainsi allons-nous passer brièvement en revue ce qui distingue les preuves mathématiques du raisonnement sur les faits et de l'interprétation des faits.

Parmi tous les types de raisonnement que les enseignants demandent aux élèves d'effectuer, les preuves mathématiques occupent une place privilégiée.

Elles mobilisent les formes de raisonnement de la logique classique, en particulier le *modus ponens* et le *modus tollens* évoqués précédemment, qui apparaissent comme les formes de raisonnement par excellence. Ce faisant, elles ne peuvent conduire à des conclusions fausses si les prémisses sont vraies. Enseigner de cette façon la « force de la forme » est souvent source de satisfaction, car, une fois les prémisses et les raisonnements bien compris, ils n'offrent pas prise à la discussion. Cependant, les preuves mathématiques ne sont pas, de loin, les seuls exemples de raisonnement correct que l'on peut mobiliser dans l'enseignement scolaire. En effet, le raisonnement déductif utilisé dans les preuves mathématiques n'est pas le seul mode de raisonnement correct et ce serait une erreur de considérer qu'il devrait s'imposer dans tous les domaines, même les domaines empiriques. Certes, le raisonnement déductif s'impose en mathématiques et est requis dans de nombreuses circonstances, mais pas de façon exclusive. La preuve mathématique n'est pas le modèle de tout raisonnement correct.

Les raisonnements sur les faits imposent souvent de compléter les inférences déductives par des inférences inductives. Étant donné, comme nous l'avons vu, que ces dernières sont faillibles au sens où leurs conclusions peuvent être fausses même si elles ont été effectuées correctement à partir de prémisses vraies, elles sont plus difficiles à enseigner : on n'arrive pas à une image aussi nette que pour le raisonnement déductif. Cependant, le raisonnement sur les faits est au cœur de toutes les sciences empiriques, qu'il s'agisse des sciences de la nature ou des sciences humaines et sociales. Imaginons que je constate que la courbe que j'obtiens dans mon expérience est convexe alors que celles qu'obtiennent mes camarades sont concaves, puis-je en conclure que je me suis trompée ou que ce sont mes camarades qui ont fait une erreur ? Lorsque je constate que presque toutes les filles de ma classe de terminale font des études en sciences humaines ou en médecine alors qu'elles avaient choisi la spécialité « Mathématiques » et avaient de meilleurs résultats que les garçons, que puis-je en conclure ? Qu'elles sont influencées par les stéréotypes de genre en vigueur dans notre société et qui associent les métiers mobilisant les mathématiques, la physique, l'informatique aux hommes plutôt qu'aux femmes ? Peut-être seraient-ce des conclusions hâtives.

L'apprentissage du raisonnement sur les faits est celui de la patience. Dans le premier exemple ci-dessus, conclure trop vite que c'est moi qui me suis

trompée sans avoir identifié la source de l'erreur peut conduire à des déconvenues si mes camarades ont tous négligé une petite manipulation intermédiaire que j'ai pris le temps de réaliser comme le protocole l'indiquait. Dans le second, ne pas prendre en compte les autres classes de l'établissement, au sein desquelles toutes les filles ayant choisi la spécialité « Mathématiques » se dirigent vers des études de sciences, peut également conduire à une conclusion erronée. En prenant en compte ces autres classes, il se peut que je constate que la mienne était simplement une exception. Il n'y avait pas lieu de faire appel à une cause générale pour expliquer le phénomène observé. Ces exemples illustrent non seulement la difficulté du raisonnement sur les faits, et en particulier la difficulté de la *généralisation* à partir d'observations en nombre limité, mais aussi l'intrication fréquente entre raisonnement inductif (dont la généralisation fait partie) et raisonnement causal. En effet, dans le premier cas, c'est en découvrant la cause de l'erreur que l'on peut savoir qui s'est trompé. Le second cas illustre l'attraction de l'esprit humain pour l'attribution causale en général, ainsi que le précepte selon lequel il est souvent hasardeux de considérer comme vraie la première cause qui vient à l'esprit : l'hypothèse selon laquelle la présence de stéréotypes de genre est la cause de nombreux phénomènes est tellement attirante qu'elle est mobilisée alors même qu'à l'échelle du lycée, le phénomène que cette hypothèse n'est pas établie.

Si le raisonnement sur les faits peut être considérablement enrichi par l'utilisation des statistiques, il ne s'y réduit pas. Avant tout calcul, il comporte en effet une phase d'*interprétation*. Elle consiste en l'attribution à une situation constatée de certaines propriétés qui la situent dans un cadre conceptuel au sein duquel ces propriétés sont associées à d'autres. Ainsi, dans le second exemple ci-dessus, on interprète le choix des filles de terminale de cette classe en le situant dans la discussion en cours à l'échelle internationale sur la présence discrète des filles dans les filières de l'enseignement supérieur consacrées aux mathématiques, à la physique, à l'informatique et à l'ingénierie. Cette discussion comportant de nombreuses hypothèses causales destinées à expliquer ce phénomène général, elle a « débordé », en quelque sorte, sur le cas particulier en question.

Il est important que l'interprétation des faits constatés soit conçue comme une démarche à part entière, séparée d'un raisonnement inductif

visant à la généralisation. Par exemple, dans le premier cas ci-dessus, il se peut que je n'aie pas confiance en moi et que je sois encline à considérer qu'il va de soi que c'est moi qui me suis trompée : c'est dans de telles circonstances qu'une claire séparation entre l'étape de l'interprétation et l'étape du raisonnement est éclairante. Elle est parfois difficile à effectuer : comme on l'aura compris dans la première partie de cet article, nos croyances, et en particulier nos croyances générales (typiquement celles qui sont mobilisées dans la phase de l'interprétation des faits), nous viennent souvent du témoignage, c'est-à-dire du monde social environnant – d'où l'importance de prendre conscience de l'origine de ses propres croyances.

La raison pour laquelle l'interprétation des faits peut être envisagée comme un type de raisonnement sur les faits est que parfois, il faut envisager plusieurs hypothèses qui débouchent sur des catégorisations différentes de la situation en jeu. Reprenons une nouvelle fois le second exemple ci-dessus. Selon que l'on situe la classe dans l'ensemble des classes du lycée ou dans l'ensemble des classes de niveau équivalent dans les pays riches, le choix par les filles de la spécialité « Mathématiques » sera une exception ou correspondra au cas général. Pour choisir quelle hypothèse interprétative est la plus juste, il est en général nécessaire de s'engager dans un raisonnement statistique complexe, tenant compte des professions des parents, de la région, etc. Ainsi l'interprétation des faits prend-elle souvent la forme d'un choix entre plusieurs hypothèses dont il faut évaluer la plausibilité, ce qui se fait à l'aide de données statistiques elles-mêmes interprétées à la lumière des théories disponibles. Ainsi l'interprétation des faits relève-t-elle souvent d'un raisonnement en bonne et due forme, dont il faut contrôler les prémisses, ainsi que le lien entre celle-ci et la conclusion.

Dans cette partie sur le raisonnement sur les faits, on aura pu remarquer qu'il n'a pas encore été question de raisonnement hypothético-déductif, qui a pourtant une certaine popularité dans les programmes du secondaire. La raison en est que, comme ce type de raisonnement fait déjà l'objet d'enseignements, il semblait plus pertinent de mettre l'accent sur le raisonnement inductif. De plus, il est important de se souvenir que le raisonnement hypothético-déductif, tout déductif qu'il soit, s'appuie le plus souvent sur un

raisonnement inductif préalable. En effet, pour pouvoir mettre en œuvre un raisonnement hypothético-déductif, il faut avoir préalablement identifié une hypothèse, dont on déduira une conséquence observable, que l'on confrontera à des observations. Or l'identification des hypothèses pertinentes, c'est-à-dire devant faire l'objet d'un tel test, se fait à partir d'étapes interprétatives et inductives, puisque les hypothèses en question sont le plus souvent générales.

Conclusion

Le point de départ de cet article était la nécessaire prise en compte d'une partie au moins des croyances des élèves et étudiants pour une pratique pédagogique qui ne soit pas trop illusoire. Les approches psychologiques et philosophiques contemporaines des croyances offrent de nombreuses distinctions pouvant être mobilisées dans la réflexion sur l'enseignement scientifique, combinées à une nécessaire clarification des différentes modalités du raisonnement. On peut supposer pour finir que le raisonnement sur les faits, objet ici d'une attention particulière, transcende la frontière entre les raisonnements pratiqués dans la vie quotidienne et les raisonnements scientifiques : la prise de conscience de cette ubiquité pourrait avoir des effets libérateurs pour les élèves comme pour les enseignants.

Le but de l'enseignement scientifique n'est pas seulement de transmettre des contenus et d'aider les élèves à raisonner correctement, il est aussi de les aider à adopter des *attitudes* intellectuelles propres à en faire des adultes responsables. La notion d'attitude qui est pertinente ici repose non seulement sur des croyances, mais aussi sur des valeurs et des intentions. Parmi les philosophes, on peut par exemple distinguer ceux qui adoptent une attitude empiriste, tournée vers l'enquête empirique et en rébellion contre les théories développées pour elles-mêmes, de ceux qui adoptent une attitude métaphysique, peu encline à prendre les éléments empiriques en considération. L'attitude que l'enseignement scientifique pourrait encourager exige de prêter attention aux hypothèses validées par la communauté scientifique plutôt qu'aux hypothèses farfelues et de porter un regard critique sur les « témoignages » oraux ou écrits.

Références bibliographiques

- CAREY Susan, 2009. *The Origin of Concepts*, New York, Oxford University Press.
- EARMAN John, 1992. *Bayes or Bust?: A Critical Examination of Bayesian Confirmation Theory*, Bradford Books.
- PIAGET Jean, 1964 [1940]. « Le développement de l'enfant », reproduit dans *Six études de psychologie*, Genève, Gonthier.
- RAMSEY Frank P., 1990 [1926]. « Truth and probability », in D. H. Mellor (ed.), *Ramsey: Philosophical Papers*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 52-94.
- RAMSEY Frank P., 1991 [1927-1929], *On truth*, N. Rescher et U. Majer (eds), Dordrecht, Springer.
- ROTENBERG Ken J., PETROCCHI Serena, LECCISO Flavia & MARCHETTI Antonella, 2013. « Children's Trust Beliefs in Others and Trusting Behavior in Peer Interaction », *Child Development Research*, <https://doi.org/10.1155/2013/806597>.
- SPELKE Elizabeth S., 2022. *What babies know: Core Knowledge and Composition*, vol. 1, New York, Oxford University Press.
- SPERBER Dan & Wilson Deirdre, 1995. *Relevance: Communication and Cognition*, Blackwell, Oxford, 2nd ed.
- URBACH Peter & HOWSON Colin, 1993. *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*, La Salle, Illinois, Open Court.

Les positionnements entre science et croyances religieuses

Modalités d'analyse, pistes de recherche et stratégies d'enseignement

José-Luis WOLFS & Xavier HAINE

RÉSUMÉ

Ce texte comprend quatre parties : (1) la présentation d'un modèle d'analyse des positionnements entre science et croyance religieuse, (2) la présentation de différentes modalités d'opérationnalisation de celui-ci et de pistes de recherche qu'il offre, (3) un aperçu succinct de quelques résultats et facteurs pouvant influencer, en particulier chez des enseignants ou des élèves, les postures entre science et croyance religieuse, (4) quelques pistes de réflexion sur les stratégies d'enseignement visant une représentation plus sécularisée des sciences.

MOTS-CLÉS : sciences, religions, postures, éducation, enseignement

De nombreuses recherches ont montré un rejet de la théorie de l'évolution de la part de certains élèves, au nom de leurs croyances religieuses, dans différents pays. Citons, à titre d'exemples, les États-Unis (ex. : Martin-Hanssen, 2008), la Tunisie (ex. : Hrairi & Coquidé, 2002), la France (ex. : Mathieu, 2011) ou encore la Belgique (ex. : Perbal *et al.*, 2006). Suite à ce constat, il nous a paru important d'approfondir la question et d'examiner dans quelle mesure ce rejet était limité à la théorie de l'évolution ou s'il s'agissait d'un rejet plus global d'une conception « sécularisée » de la science (au sens d'autonome par rapport aux croyances religieuses). Notre questionnement se situe donc en amont de la question spécifique de l'acceptation ou non de la théorie de l'évolution ou de toute autre matière, il concerne plus globalement la question de l'acceptation ou non d'une conception sécularisée du registre explicatif scientifique. Nous n'abordons

pas, par contre, dans ce texte les questions d'ordre éthique, également importantes, relatives aux rapports entre science et croyance religieuse.

À cette fin, nous avons : (1) construit un modèle d'analyse des positionnements¹ ou postures entre science et croyance religieuse, permettant notamment de faire ressortir les caractéristiques d'une conception sécularisée ou non sécularisée de la science, (2) tenté de l'opérationnaliser par la définition d'indicateurs et par la construction d'un questionnaire dont la validité a été testée, (3) réalisé, sur la base de ce questionnaire, une enquête internationale auprès d'élèves de terminale afin de déterminer dans quelle mesure ils et elles partagent ou non une conception sécularisée de la science, (4) cherché à identifier les facteurs tant culturels, sociologiques, didactiques qui peuvent expliquer l'adhésion ou non à une conception sécularisée de la science, (5) et enfin envisagé des dispositifs didactiques visant à amener les élèves à mieux distinguer le registre explicatif scientifique d'autres registres de discours et en particulier le discours religieux. Dans les limites de cet article, la réflexion portera surtout sur les aspects méthodologiques liés à l'analyse des positionnements entre science et croyance religieuse, la présentation succincte de quelques résultats, ainsi que sur les stratégies d'enseignement visant une représentation plus sécularisée des sciences.

La construction d'un modèle théorique d'analyse des postures entre science et croyance religieuse

À partir de différentes études à caractère historique et sociologique (ex : Minois, 1990 ; Urvoy, 2006 ; El Asri, 2009 ; Le Ru, 2010 ; Chaline et Grimoult, 2011 ; Portier, 2011), de plusieurs grilles de lecture existantes (ex : Lambert, 1999 ; Rasi, 2003), ainsi que de données issues d'enquêtes de terrain (ex : Chabchoub, 2001 ; Martin-Hanssen, 2008), nous avons construit un modèle visant à prendre en compte différents positionnements théoriquement possibles entre science et croyances religieuses (Wolfs, 2013 ; Wolfs et *al.*, 2021).

¹ Nous utilisons le terme « positionnement » ou « posture » (au sens de posture intellectuelle), plutôt que le terme plus neutre de « représentation » pour souligner l'idée qu'il s'agit de prises de position. Dans cet article, les termes « positionnement » et « posture » auront le même sens.

Celui-ci comprend, dans sa version actuelle, sept positionnements contrastés, définis sous la forme d'idéaux-types : (1) le rejet de la science au nom de conceptions de type fidéiste, prenant le plus souvent la forme d'une lecture littéraliste des Écritures (2) le concordisme classique établissant par exemple des rapprochements directs entre des passages des Écritures sacrées et des données scientifiques, (3) le concordisme inversé cherchant à trouver Dieu à travers la science (par exemple, sous la forme d'un « grand architecte » ou d'un « dessein intelligent »), (4) l'autonomie de la science à l'égard des croyances religieuses, avec la recherche de formes de complémentarité entre sciences et croyances religieuses autres que concordistes (ex : Lambert, 1999 ; Gould, 2000), (5) l'autonomie de la science à l'égard des croyances religieuses sans recherche de complémentarité², (6) les critiques rationalistes, au nom de la science, à l'égard de croyances religieuses (forme non scientiste), (7) les critiques rationalistes de croyances religieuses (forme scientiste).

Le tableau 1 permet de mieux visualiser ces différentes conceptions, ainsi que les critères distinctifs sous-jacents. Celles-ci sont définies de manière beaucoup plus développée, nuancée et argumentée chez Wolfs (2013) et Wolfs *et al.* (2021).

Ces positionnements ou postures peuvent être mis en parallèle avec le concept de « sécularisation », entendu au sens d'un processus de différenciation fonctionnelle des institutions et des activités, impliquant en particulier que le religieux se déploie dans son champ propre, n'occupant plus une position surplombante ou de contrôle par rapport à l'ensemble des institutions et activités de la société (Wallis & Bruce, 1992 ; Beckford, 2003). Au regard de ce critère et en référence au tableau 1, les trois premières postures (le rejet de la science, au nom de conceptions de type fidéiste, le concordisme classique et le concordisme inversé) peuvent être qualifiées de non sécularisées,

² Les positionnements 4 et 5 ont en commun l'idée de critères de démarcation entre science et croyances religieuses et corollairement celle d'autonomie de la science à l'égard des croyances religieuses, mais elles se différencient par un autre critère : la recherche (posture 4) ou non (posture 5) d'une forme de complémentarité non concordiste entre les deux domaines. Remarque : Les critiques rationalistes (forme non scientiste) se caractérisent aussi par la reconnaissance de critères de démarcation, la volonté d'autonomie de la science à l'égard des croyances religieuses, mais en y ajoutant en plus une dimension critique à l'égard de certaines croyances religieuses.

dans la mesure où la science est, à des degrés divers, sous la dépendance ou le contrôle de facteurs religieux. On peut parler de conceptions sécularisées pour les trois suivantes (autonomie entre science et croyance religieuse avec ou sans recherche de complémentarité, critiques rationalistes, forme non scientiste) et d'un sécularisme de type excluant pour la dernière (scientisme), puisqu'il ne s'agit plus seulement d'une indépendance à l'égard du religieux, mais d'une volonté d'éradication de celui-ci.

Posture 1	Posture 2	Posture 3	Posture 4	Posture 5	Posture 6	Posture 7
Rejet de la science, au nom de conceptions religieuses de type fidéiste	Concordisme classique	Concordisme inversé	Autonomie mutuelle entre science et croyances religieuses		Critiques rationalistes, au nom de la science, de conceptions religieuses	
			avec recherche d'une forme de complémentarité non concordiste	sans recherche de complémentarité	Forme non scientiste	Forme scientiste
Prééminence de croyances religieuses			Absence de prééminence		Prééminence de la science	
Pas de recherche « d'alliance »	Recherche « d'alliance » science - religion selon des perspectives très différentes			Pas de recherche « d'alliance » science - religion		
Confusion science - religion			Incommensurabilité entre le registre explicatif et les croyances religieuses		Confusion science - religion	
Conceptions non sécularisées de la science			Conceptions sécularisées de la science		Sécularisme excluant	

Tableau 1 – Types de postures possibles entre science et croyances religieuses.

Source : J.-L. Wolfs (auteur).

N.B. Il s'agit d'une typologie de positionnements ou postures et non d'individus. Une même personne peut éventuellement adhérer à plusieurs de ces postures, selon les matières concernées.

Au sein de la littérature scientifique s'intéressant, d'un point de vue historique, sociologique ou didactique aux relations entre science et croyances religieuses, plusieurs auteurs ont proposé des typologies visant à répertorier différentes postures possibles entre ces deux registres. Celles-ci envisagent généralement entre trois et cinq postures possibles (Wolfs *et al.*, 2021). Afin

de pouvoir mieux les comparer et les intégrer dans un modèle à visée unificatrice, Yasri *et al.* (2013) ont proposé un modèle de synthèse de quatre de ces typologies. Celui-ci envisage également sept postures principales possibles entre science et croyances religieuses. Une comparaison systématique entre ce modèle et le nôtre, au regard de leurs fondements théoriques, de leurs méthodes de construction et des catégorisations obtenues, est proposée chez Wolfs *et al.* (2021). Cette comparaison fait ressortir quelques postures communes (le rejet de la science au nom de la religion, le rejet de la religion au nom de la science, l'autonomie entre les deux registres), mais aussi des différences importantes. Ainsi, Yasri *et al.* (2013) priorisent, pour leurs autres postures, la recherche de complémentarités possibles entre science et croyance religieuse, sans systématiquement vérifier si les critères de démarcation entre ces deux domaines sont rencontrés ou non, tandis que Wolfs *et al.* (2021) s'emploient à distinguer, parmi un ensemble de postures possibles, lesquelles sont compatibles ou non avec une conception sécularisée de la science.

Différentes modalités d'opérationnalisation de ce modèle

En référence au modèle théorique présenté plus haut, il est possible de définir des indicateurs qualitatifs plus précis visant à opérationnaliser les différentes définitions et permettant d'examiner les postures entre science et croyances religieuses au sein de programmes et manuels scolaires ou chez des élèves ou enseignant·es, à partir notamment d'entretiens ou d'observations. Les trois indicateurs principaux fondant cette typologie (prééminence ou non d'un des registres, recherche ou non d'une forme d'alliance, commensurabilité/incommensurabilité) peuvent être utilisés à cette fin, en prenant en compte également les différentes connotations qui peuvent leur être associées (valorisation/dévalorisation) au sein du discours analysé, ainsi que les spécifications particulières propres à la matière ou au contexte.

Un questionnaire quantitatif a également été construit, en référence à la première version de cette grille de lecture (qui comportait six postures, plutôt que sept)³, comprenant une trentaine de questions fermées

³ Dans sa version originale en six postures, le modèle ne prévoyait qu'une seule posture pour les critiques rationalistes (plutôt que deux), au sein desquelles le scientisme se présentait sous la forme d'un cas extrême.

accompagnées chaque fois d'une échelle de Likert à six degrés, allant de « entièrement en désaccord » à « entièrement d'accord ». Il a été testé auprès d'un groupe francophone (638 élèves de terminale belges francophones) et sa validité de construit a été éprouvée par une analyse en composantes principales, suivie d'une analyse confirmatoire (Wolfs *et al.*, 2014). Une version sensiblement remaniée et complétée, portant sur les sept postures plutôt que six, a ensuite été élaborée. Elle comporte 27 items : cinq pour le fidéisme, quatre pour le concordisme classique, quatre pour le concordisme inversé, quatre pour l'autonomie, deux pour la complémentarité, quatre pour les critiques rationalistes non scientistes et quatre pour les critiques rationalistes scientistes. Elle a été testée en parallèle auprès de deux groupes linguistiques, un francophone (372 élèves de terminale belges francophones) et un anglophone (238 élèves de douzième année de scolarité, dont 146 Américains, 57 Néerlandais et 25 Norvégiens), afin d'obtenir deux versions identiques en français et en anglais et sa validité de construit a également été éprouvée par le biais d'une analyse factorielle exploratoire suivie d'une analyse confirmatoire (Wolfs *et al.*, 2022a).

À partir des résultats, nous avons tenté de définir des profils plus synthétiques, afin de pouvoir déterminer si les répondant-es ont une conception plutôt sécularisée ou non sécularisée de la science. Une première manière possible de procéder consiste à effectuer une analyse typologique *a posteriori* à partir des moyennes obtenues à ces six ou sept dimensions (selon la version du questionnaire), par le biais, par exemple, de l'option K-means clusters (« nuées dynamiques ») du logiciel SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*). L'application de cette technique à un échantillon d'élèves de terminale issus de seize pays a permis de dégager six principaux profils (ou clusters), dont deux clairement non sécularisés (moyennes positives élevées à une ou plusieurs des dimensions « fidéisme », « concordisme classique » et/ou « concordisme inversé » et, au contraire, une moyenne faible pour la dimension « autonomie »), deux clairement sécularisés (moyennes négatives à ces trois premières dimensions et, à l'inverse, fortement positives pour la dimension « autonomie ») et deux intermédiaires (Wolfs *et al.*, 2022b).

Une autre manière de procéder consiste à définir des profils *a priori*, sur base de choix théoriques préalables, et à déterminer ensuite quels sont les individus répondant aux caractéristiques définissant ces profils. Ainsi, sur

la base de la première version du modèle théorique (en six postures), deux indicateurs ont été définis pour caractériser une conception de la science dite « sécularisée » : le rejet des conceptions fidéistes et concordistes (sous forme classique et/ou inversée) et l'adhésion à l'idée d'autonomie de la science à l'égard des croyances religieuses. À partir de la combinaison de ces deux indicateurs et du choix de deux valeurs seuils (2,5 et 5 sur une échelle de -10 à +10)⁴, le tableau 2 permet de définir neuf cas de figure possibles, que nous pouvons mieux différencier à partir des trois critères suivants.

Indicateur 1 : Conceptions fidéistes et concordistes (forme classique et inversée)	Indicateur 2 : Autonomie		
	Autonomie « faible » (< 2,5)	Autonomie « moyenne » (2,5 -4,9)	Autonomie « élevée » (≥ 5)
Une ou plusieurs des trois moyennes est/ sont ≥ 5	1	2	3
Une ou plusieurs des trois moyennes est/ sont ≥ 2,5 et < 4,9	4	5	6
Les trois moyennes sont < 2,5	7	8	9

Tableau 2 – Conceptions non sécularisées/sécularisées de la science :
définition de neuf cas possibles.

Source : J.-L. Wolfs (auteur).

Le premier critère porte sur la distinction entre conceptions sécularisées et non sécularisées de la science. Les conceptions seront qualifiées de non sécularisées si au moins une des trois moyennes obtenues aux postures non sécularisées (fidéisme, concordisme classique, concordisme inversé) est

⁴ Pour une meilleure lisibilité, les résultats obtenus aux échelles de Likert sur une échelle de 1 à 6 ont été recodés de la manière suivante sur une échelle allant de -10 à +10 : (1) = -10, (2) = -6, (3) = -2, (4) = 2, (5) = 6, (6) = 10, afin de rendre plus apparents les degrés de désaccords (valeurs négatives) ou d'accord (valeurs positives). Remarque : le choix de 2,5 comme valeur seuil se justifie par le fait de considérer que, sur une échelle de -10 à +10, cette valeur peut être considérée comme suffisamment distincte de valeurs négatives ou nulles.

$\geq 2,5$ (cas 1 à 6) ; les conceptions seront qualifiées de sécularisées si les trois moyennes relatives à ces postures sont $< 2,5$ et qu'en outre la moyenne en autonomie est $\geq 2,5$ et (cas 8 et 9). Un troisième cas de figure possible est celui de conceptions ni sécularisées, ni non sécularisées (cas 7).

Le deuxième critère porte sur l'intensité de ces caractéristiques. Nous parlerons conventionnellement de conceptions fortement non sécularisées, si au moins une des trois moyennes aux postures non sécularisées est ≥ 5 (cas 1, 2 et 3) et de faiblement non sécularisées, si au moins une des trois moyennes à ces postures est $\geq 2,5$ et qu'aucune n'est ≥ 5 (cas 4, 5 et 6). De manière analogue, nous pouvons distinguer des conceptions faiblement (cas 8) ou fortement (cas 9) sécularisées.

Le troisième critère permet la distinction, parmi les conceptions fortement non sécularisées, d'une forme « stricte » si la ou les moyennes aux trois postures non sécularisées est ou sont supérieure(s) à celle de l'autonomie (cas 1 et 2) et d'une « forme hybride » si les valeurs sont élevées (≥ 5) à la fois pour une ou plusieurs de ces postures, mais aussi pour l'autonomie (cas 3). La même distinction peut être effectuée au sein des conceptions faiblement non sécularisées (cas 4 et 5 *versus* cas 6), mais elle est *a priori* de moindre intérêt, vu qu'elle porte sur des valeurs plus faibles.

Sur la base de ces deux indicateurs théoriques, de ces trois critères et afin de présenter les résultats sous une forme plus synthétique, ces neuf cas de figure peuvent être regroupés en cinq profils principaux (cf. tableau 3).

En référence à la seconde version du modèle théorique (prévoyant sept postures plutôt que six), il conviendrait de prendre en compte un cas de figure supplémentaire qui serait la posture scientifique, définie par la présence de moyennes négatives en fidéisme, concordisme classique et/ou inversé et positive ($\geq 2,5$) aux items relatifs au scientisme. Par rapport au tableau 3, ceci conduirait à subdiviser les profils 4 et 5, chacun, en une forme non scientifique et une forme scientifique et à rebaptiser cette dernière « profil 6 : séculariste-scientiste »⁵.

⁵ Il pourrait éventuellement y avoir des cas inclassables au regard de cette typologie : individus ayant des valeurs élevées à la fois en fidéisme, concordisme classique et/ou inversé, ainsi qu'en scientisme.

Indicateur 1 : Conceptions fidéistes et concordistes (forme classique et inversée)	Indicateur 2 : Autonomie		
	Autonomie « faible » (< 2,5)	Autonomie « moyenne » (2,5 -4,9)	Autonomie « élevée » (≥ 5)
Une ou plusieurs des trois moyennes est ou sont ≥ 5	PROFIL 1 fortement non sécularisé et de forme stricte		PROFIL 2 fortement non sécularisé et de forme hybride
Une ou plusieurs des trois moyennes est ou sont ≥ 2,5 et < 4,9	PROFIL 3 faiblement non sécularisé		
Les trois moyennes sont < 2,5	PROFIL 4 ni sécularisé, ni non sécularisé	PROFIL 5 sécularisé	

Tableau 3 – Conceptions non sécularisées/sécularisées de la science :
définition des profils d'élèves.

Source : J.-L. Wolfs (auteur).

Enfin, il pourrait être pertinent d'introduire encore d'autres nuances supplémentaires, par exemple, au sein des profils non sécularisés, chercher à identifier la ou les tendance(s) dominante(s) du répondant (fidéisme et/ou concordisme classique et/ou inversé) ou encore, au sein du profil 5, différencier les individus selon qu'ils soient favorables ou non à l'idée de complémentarité entre science et croyances religieuses, aux critiques rationalistes, et si oui, sous une forme non scientifique ou scientifique, etc. La réflexion sur la définition des profils jugés les plus pertinents est actuellement encore en cours, en fonction en particulier des besoins de différentes recherches : dégager des tendances générales à propos d'une population déterminée ou, au contraire, adopter une approche beaucoup plus différenciée, voire clinique (cette dernière pouvant être complétée aussi par des entretiens).

Aperçu succinct de résultats de recherche et facteurs explicatifs possibles des postures entre science et croyance religieuse

Sur la base de notre modèle théorique, plusieurs recherches ont été entreprises, afin de déterminer quelles sont les postures entre science et croyances religieuses véhiculées par les programmes et manuels scolaires de différents pays ou présentes chez les professeurs ou les élèves.

À titre d'illustration, une analyse comparative des postures « prescrites » ou « proscrites » au sein des programmes et manuels scolaires de trois pays européens – la France (État laïque), la Grèce (caractérisée par l'existence d'une religion d'État) et la Belgique (ayant un régime dit de « cultes reconnus », hérité du concordat de 1801 entre Napoléon 1^{er} et le pape Pie VII) – a pu ainsi montrer des différences assez importantes (Delhaye, 2014 ; Delhaye & Wolfs, 2015). En résumé, en France, c'est le principe de l'autonomie de la science à l'égard de la religion qui est surtout valorisé (posture 5), avec occasionnellement certaines critiques rationalistes de type non scientifique (posture 6). En Grèce, c'est aussi le principe de l'autonomie, mais par contre associé à l'idée de complémentarité entre sciences et croyances religieuses (posture 4), avec dans certains des extraits des manuels de religion des accents clairement concordistes (postures 2 et 3). En Belgique francophone, dans l'enseignement public, on trouve très peu ou pas d'information à propos des postures possibles entre science et croyances religieuses, au nom sans doute d'une neutralité de l'enseignement conçue encore de manière assez passive et abstentionniste. Dans l'enseignement catholique, et en particulier au cours de religion, ce serait plutôt l'autonomie de la science mais associée à l'idée d'une forme de complémentarité possible entre science et croyance religieuse (posture 4), qui serait promue, en prenant soin toutefois d'éviter tout concordisme. Ces différences de sensibilité peuvent s'expliquer en référence notamment à l'histoire et aux contextes politique et sociologique propres à chaque pays.

Une enquête quantitative auprès de 7 000 élèves de terminale de seize pays a également été réalisée⁶ à partir de ce modèle théorique et du questionnaire⁷ conçu en référence à celui-ci. Elle vise principalement à déterminer dans quelle mesure ces élèves ont une conception sécularisée ou

⁶ Ces pays sont les suivants : Algérie, Allemagne, Argentine, Belgique, Côte d'Ivoire, Espagne, France, Italie, Grèce, Maroc, Pérou, Pologne, République démocratique du Congo, Sénégal, Tunisie, Turquie.

⁷ Lors de l'administration du questionnaire, c'est la version 1 qui a été utilisée. Toutefois, les items de la version 2 reprenant très largement ceux de la version 1, les moyennes des différentes dimensions ont été calculées selon les modalités de la version 2, à l'exception du concordisme inversé (pour lequel nous utilisons la moyenne de la version 1) et du scientisme, pour lequel nous n'avons pas de données, puisqu'il était absent de la version 1.

non sécularisée de la science. En prenant en compte les religions les plus fréquentes au sein de chaque pays, 25 groupes d'élèves se reconnaissant une appartenance religieuse ont pu être définis⁸. Le résultat principal qui se dégage est le suivant : sur ces 25 groupes, seuls six ont une conception majoritairement sécularisée de la science (au sens où plus de 50 % des élèves au sein du groupe ont un profil sécularisé). Il s'agit des élèves catholiques d'Allemagne, de Belgique, d'Espagne, de France, d'Italie et protestants d'Allemagne. En résumé, il apparaît, en ce début du XXI^e siècle, que dans de nombreux pays, les élèves croyants ont majoritairement une conception non sécularisée de la science, et ce quelle que soit leur religion (islam, catholicisme, protestantisme). Il est important de souligner que ce constat est le même quelle que soit la méthode de détermination des profils utilisée, *a posteriori*, via l'option K-means cluster de SPSS (Wolfs *et al.*, 2022b) ou, *a priori*, en référence au tableau 3.

Un second résultat important concerne le rapport aux Écritures sacrées. Plusieurs questions ont été posées également à ce sujet, dont une portait sur le statut du personnage d'Adam, avec trois possibilités de réponses : « personnage ayant réellement existé », « personnage mythique d'un récit symbolique » ou « je ne sais pas ». Il apparaît que, chez les élèves croyants, la proportion d'élèves pensant qu'Adam est un personnage ayant réellement existé est supérieure ou égale à 60 % dans 15 groupes sur 25. *A contrario*, dans les six groupes précités d'Europe de l'Ouest, ayant une conception majoritairement sécularisée de la science, cette proportion est inférieure à 16 %. Ces données suggèrent donc que, chez des personnes croyantes, l'acceptation d'une conception sécularisée de la science présuppose ou va de pair, pour la majorité d'entre elles, avec l'abandon d'une lecture de type littéral des Écritures sacrées.

Une limite importante à cette recherche est qu'elle donne une information à un moment donné et aucune sur son évolution, dans la mesure où nous ne disposons pas malheureusement de points de comparaison dans le temps. Nous ignorons comment les élèves de ces pays auraient

⁸ L'enquête a permis aussi d'identifier six groupes d'élèves se définissant comme agnostiques ou athées (en Allemagne, Argentine, Belgique, Espagne, France et Italie). Dans les autres pays, les élèves agnostiques ou athées étaient soit absents, soit très peu nombreux (Pérou, Pologne, Tunisie).

pu répondre, par exemple au début des années 1980, avant la montée de mouvements fondamentalistes dans plusieurs parties du monde, ou encore comment auraient pu répondre les élèves catholiques d'Europe de l'Ouest dans les années 1950, avant le concile Vatican II, etc. De très nombreux facteurs historiques, sociologiques, culturels sont en effet susceptibles d'expliquer l'adoption par un élève de conceptions sécularisées ou non sécularisées de la science et devront être explorés lors de recherches futures. De même, celles-ci pourraient porter aussi sur les processus identitaires en jeu lorsque les élèves sont confrontés à des contenus scientifiques semblant contredire leurs croyances religieuses. Ceux-ci pourraient rejeter des contenus scientifiques jugés menaçants pour leur identité. L'étude des questions de survalorisation ontologique de l'identité (Heine *et al.*, 2008) ainsi que celles relatives aux processus d'(auto)-assignation identitaire (Mathieu, 2011) mériteraient ainsi d'être approfondies.

Ajoutons aussi, qu'en plus de facteurs proprement religieux, la science « moderne » et « sécularisée » telle qu'elle s'est développée depuis le XVII^e siècle peut être perçue, dans de nombreuses régions du monde, comme « occidentale » et « impérialiste » et susciter un sentiment plus ou moins important de rejet, au nom de facteurs identitaires. Ceci peut valoir également, y compris dans des pays occidentaux, en particulier pour certaines populations d'origine immigrée. Enfin, bien entendu, il convient d'examiner les facteurs d'ordre pédagogique et didactique susceptibles d'influencer ces résultats. En particulier, quelles sont les conceptions de la science (sécularisée/non sécularisée) véhiculées à travers l'enseignement des sciences dans les différents pays considérés ?

Quelles stratégies d'enseignement pour une représentation plus sécularisée des sciences ?

Même si ces résultats sont à prendre parfois avec beaucoup de précautions et qu'ils peuvent en outre faire l'objet de multiples interprétations, il n'en reste pas moins que le constat général est assez alarmant. Ainsi, en ce début de XXI^e siècle, soit plus de trois siècles après Descartes et Galilée, force est de constater qu'au sein de nos échantillons issus de seize pays, les élèves croyants ont majoritairement une conception non sécularisée de la science.

Plusieurs recherches, dont les nôtres, constatent, chez des élèves de différents pays, de convictions diverses et d'âges variés, des tensions, confusions et/ou amalgames entre contenus scientifiques et convictions religieuses (Sadler & Fowler, 2006 ; Allieu-Mary, 2007 ; Hansson & Redfors, 2007 ; Camara, 2008 cité par Wolfs, 2013 par exemple).

Trois stratégies d'enseignement nous semblent pouvoir être dégagées de la littérature :

1. Une première stratégie concerne la manière dont les sciences sont enseignées à l'école, avec, au-delà de l'acquisition des contenus scientifiques, la question d'ordre épistémologique de l'enseignement de la nature des sciences.
2. Poursuivant l'objectif d'une diminution des tensions, amalgames et/ou confusions entre sciences et religions (en lien avec la reconnaissance d'une autonomie entre registres scientifiques et religieux et corollairement d'une diminution des positionnements fidéistes, concordistes et/ou scientistes), une seconde stratégie réside dans la caractérisation des deux domaines afin de construire des critères de démarcation entre sciences et religions.
3. Enfin, car il serait trop simple de n'envisager le problème qu'en termes d'une compréhension correcte de la nature de la science – plusieurs recherches soulignant en effet que cette seule compréhension ne suffit pas à lever toutes les tensions entre science et croyance (Aroua *et al.*, 2012) –, une troisième stratégie porte sur la question du positionnement du registre scientifique avec d'autres registres de pensée tel le registre religieux par exemple. Cette question dépasse la caractérisation ou la démarcation des deux domaines et implique une prise en compte de la manière dont peuvent se rencontrer ces deux domaines (en lien avec les choix et les préférences personnels).

(1) La question de l'enseignement de la nature des sciences

Face au constat récurrent d'une compréhension faible et naïve de la science par les étudiants et, dans une moindre mesure par les enseignants, un consensus émerge quant au fait qu'il est nécessaire pour les étudiants

d'apprendre des contenus scientifiques, mais également d'apprendre des éléments liés à la nature des sciences (Lederman, 2007 ; Lombrozo *et al.*, 2008 ; Irzik & Nola, 2014 ; Blanquet & Picholle, 2017). Ce consensus nous amène à considérer comme centrale la question du développement de la compréhension de la nature des sciences. Au-delà du positionnement entre sciences et religions⁹, les connaissances sur la nature des sciences répondent à des enjeux éducatifs beaucoup plus larges. Ainsi, Driver *et al.* (1996) cités par Maurines *et al.* (2013 : 20) en énoncent cinq :

l'enjeu utilitaire (donner du sens à la science et maîtriser les objets et processus technologiques dans la vie quotidienne), l'enjeu démocratique (prendre des décisions informées sur des questions socio-scientifiques), l'enjeu culturel (apprécier la valeur de la science comme faisant partie de la culture contemporaine), l'enjeu moral (comprendre les normes de la communauté scientifique qui reflètent des engagements moraux d'intérêt général pour la société), l'enjeu d'apprentissage (faciliter l'apprentissage d'une discipline scientifique).

Mais si l'ajout d'une visée épistémologique à l'enseignement des sciences obtient un accord important dans la recherche et transparait dans de nombreux curriculums, force est de constater que les visions de ce que recouvre la nature des sciences sont multiples, et la question de l'enseignement de la nature des sciences fait l'objet de nombreuses recherches et de nombreux débats.

Lederman (2007) propose le cadre « Nature Of Science » avec la mise en évidence d'une liste de critères visant à caractériser les connaissances scientifiques. Selon lui, à un certain niveau de généralité, plusieurs caractéristiques des sciences obtiennent un relatif consensus. Ces caractéristiques s'appuient sur les fondements épistémologiques des activités scientifiques ainsi que sur les caractéristiques des connaissances qui en résultent. Ce cadre théorique est le point de départ de nombreux dispositifs et de nombreuses adaptations. Toutefois, deux dangers liés à cette approche peuvent être mis en évidence. Le premier risque serait une édulcoration croissante des critères utilisés plus le niveau d'âge des élèves est faible, avec des critères

⁹ Ou plus largement du positionnement entre science et non-science, entre science et pseudo-science ou entre science et *fake-news* par exemple.

pouvant par exemple prendre la forme de « la science étudie des choses » (Blanquet & Picholle, 2017). Le second risque serait celui d'un certain dogmatisme prenant la forme d'une liste de critères à apprendre et à appliquer (Matthews, 2012 ; Irzik & Nola, 2014).

Ces considérations amènent à s'interroger à propos de conceptualisations de la nature des sciences, ouvrant à la discussion historique et philosophique, telles que les approches « *features of science* » (Matthews, 2012) et « *family resemblance approach* » (Erduran & Dagher, 2014 ; Irzik & Nola, 2014). Au lieu d'une liste de critères délimitant la nature des sciences, ces approches proposent d'explorer plusieurs dimensions d'analyse liées à l'activité scientifique. Pour ce faire, elles se basent sur l'idée « d'airs de famille » mettant en avant qu'il existe des « propriétés communes à de nombreuses activités scientifiques » et des « propriétés communes à toutes les activités scientifiques sans qu'elles le soient exclusivement » (Ruphy, 2018 : 11). L'objectif visé est alors une compréhension plus complexe ainsi qu'une représentation plus inclusive des sciences (Matthews, 2012).

En France, plusieurs études (Maurines & Beaufile, 2011 ; Maurines *et al.*, 2013 ; Journaux, 2018 par exemple) explorent également la nature des sciences dans plusieurs de ses dimensions, de ses aspects philosophiques à ses aspects sociologiques, en passant par ses aspects historiques ou psychologiques par exemple. Dans ces recherches, c'est la dimension humaine et sociale des sciences privilégiant dès lors l'individu et ses pratiques qui prime afin de donner « la vision la plus riche de cet objet complexe et à multiples facettes qu'est la science » (Maurines *et al.*, 2013 : 22). Neuf dimensions de la nature des sciences¹⁰ sont retenues pour traduire la cohérence propre des pratiques¹¹. Nous considérons ces dimensions comme des axes de transposition didactique *a priori* pour définir des

¹⁰ Ces neuf dimensions sont : (1) objet d'étude, (2) visées et caractéristiques générales de la science, (3) ressources, (4) produits, (5) élaboration, (6) communauté scientifique, (7) société, (8) attitudes et (9) temps.

¹¹ L'objectif est de définir un cadre de référence large en s'appuyant sur l'ensemble des disciplines qui étudient les sciences, les travaux sur la *NoS* (*Nature of Science*) (Irzik & Nola, 2011 ; Lederman, 2007 ; Mc Comas, Clough & Almazroa, 1998) et le concept de pratiques sociales de référence introduit par Martinand (1986). Cf. Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021.

objectifs d'apprentissage concernant l'épistémologie générale des sciences et de l'activité scientifique.

C'est par exemple le cas pour les caractéristiques propres aux sciences¹² avancées par Maurines & Beaufils (2011 : 281) dans une liste non exhaustive similaire au cadre « *features of science* » de Matthews (2012) :

- L'activité scientifique est le lieu de controverses.
- Les connaissances scientifiques obéissent à des critères de confrontation avec les faits d'observation et d'expérimentation, de cohérence interne, de simplicité et de puissance.
- Un scientifique ne travaille pas seul, mais au sein d'une communauté qui contribue au contrôle des savoirs scientifiques construits.
- Il y a une relation forte entre les questions techniques et l'évolution des idées.
- Les connaissances ont évolué au cours du temps (par continuité et ruptures).
- Des difficultés conceptuelles ont été rencontrées à une époque donnée.
- Il y a une interdépendance entre sciences et sociétés.
- Il y a des relations entre sciences et croyances.

Au-delà d'une certaine forme de consensus ou du choix d'un cadre théorique jugé suffisamment complet et en adéquation avec les programmes d'enseignement, se pose la question des stratégies d'enseignement liées à la nature des sciences. Dans cette optique, Maurines & Beaufils (2011) ont développé un dispositif s'appuyant sur l'histoire des sciences et la démarche d'investigation pour faire acquérir aux élèves de cours de physique-chimie en secondaire une image de la nature des sciences plus réaliste et authentique. Une des facettes de ce dispositif était centrée sur la caractérisation des sciences et de l'activité scientifique et concernait donc une approche épistémologique générale. Dans ce dispositif, les élèves étaient confrontés à des activités collectives de démarche

¹² Si ces caractéristiques sont propres aux sciences, elles ne leur sont pas exclusives, d'autres domaines de pensées partageant certaines d'entre elles (la philosophie est par exemple également un domaine de controverse).

d'investigation s'appuyant sur un ensemble de documents relatifs à un objectif épistémologique spécifique autour d'un thème scientifique précis. L'originalité de ce dispositif – du moins en France et au moment où il a été proposé – tient à l'utilisation de l'histoire des sciences non pas pour viser l'acquisition de contenus scientifiques, mais bien pour répondre explicitement à des visées épistémologiques. Outre une approche centrée sur l'histoire des sciences, en s'appuyant notamment sur les travaux de Allchin (2011) et Maurines (2010), Journaux (2018) souligne l'existence de plusieurs moyens d'enseignement de la nature des sciences : via une approche contextualisée ou décontextualisée, via l'étude de cas historiques, via l'étude de cas contemporains (et notamment de controverses socio-scientifiques) et via les situations de démarches d'investigation. Concernant la démarche d'investigation, Journaux (2018) souligne l'importance de moments explicites relatifs à la nature des sciences via la méta-cognition/réflexivité autour de cet objectif d'apprentissage spécifique en citant notamment les travaux d'Abd-El-Khalick (2004). Cet aspect est également souligné dans l'étude de Maurines & Beaufils (2011) qui mettent en évidence une unique centration sur les savoirs et savoir-faire scientifiques au détriment des aspects épistémologiques également visés en tant que dérive potentielle de la démarche d'investigation.

(2) La question des critères de scientificité à l'école

Les tensions, confusions et/ou amalgames entre contenus scientifiques et convictions religieuses chez des élèves de différents pays, de convictions diverses et d'âges variés peuvent amener à considérer en toute logique, qu'outre un travail explicite sur la nature des sciences, un travail sur la distinction entre science et croyance religieuse serait un levier d'action pertinent.

Dans cette optique, même si un consensus semble actuellement se dessiner entre philosophes des sciences quant à l'abandon de la recherche de critères de démarcation exclusifs, nécessaires et suffisants aux sciences (Matthews, 2012 ; Irzik & Nola, 2014 ; Rupy, 2018), le développement de critères de démarcation nécessaires nous semble néanmoins indispensable pour permettre aux élèves de discriminer sciences et non-sciences et particulièrement sciences et religions.

Ces constats nous amènent donc à un paradoxe puisque tout en reconnaissant la complexité et l'absence de consensus entourant ces critères de

scientificité¹³, nous nous définissons comme objectif d'initier les élèves à cette distinction. Eu égard au niveau d'enseignement envisagé et aux difficultés conceptuelles liées à l'idée de critères distinctifs du registre scientifique, une prudence semble donc s'imposer quant à la formulation de cet objectif. Ainsi, il s'agira de faire émerger des repères de scientificité épistémologiquement et historiquement situés en vue d'initier les élèves au rattachement de discours et de contenus à leurs domaines d'origine.

Quels critères retenir dans une telle perspective ? Wolfs (2013) rappelle quelques critères distinctifs proposés au cours des siècles, qui peuvent toujours constituer, selon lui, des repères pertinents pour débattre en classe, dans une perspective historicisée plutôt qu'essentialiste, de la nature des sciences : le « principe de parcimonie » (d'Occam, XIV^e siècle), la distinction entre la recherche des « causes efficientes » et celle des « causes ultimes » (Descartes, XVII^e siècle), la distinction entre « savoir », « croyance » et « opinion » (Kant, XVIII^e siècle) et le principe de « réfutabilité » (Popper, XX^e siècle), malgré ses difficultés d'interprétation ou d'opérationnalisation dans certains contextes.

Maurines & Beaufile (2011) soulignent également que plusieurs penseurs dans le domaine scientifique appuient l'impossibilité de définir des critères de démarcation des sciences par rapport aux autres domaines, mais reconnaissent néanmoins qu'il s'agit de constructions sociales particulières puisque soumises à l'épreuve des faits empiriques. Parmi les caractéristiques non exhaustives listées ci-dessus et issues des travaux de Maurines & Beaufile (2011 : 281), notons que la confrontation avec les faits d'observation et d'expérimentation pourrait être reliée au critère de réfutabilité et que l'idée de cohérence interne, de simplicité et de puissance pourrait être reliée au critère de parcimonie. Dans une perspective moins immédiate, la distinction entre savoirs, croyances et opinions pourrait être mise en lien avec l'idée de cohérence interne et de communauté. Enfin, en ce qui concerne la distinction entre causes efficientes et causes ultimes, Maurines (2010) rappelle que les représentations construites en sciences ne font appel ni à Dieu, ni à une forme de finalisme.

¹³ Le consensus est d'ailleurs plutôt lié au fait qu'il n'existe pas de critères de scientificités nécessaires et suffisants, mais qu'il existerait des « airs de famille » entre les différentes disciplines scientifiques (Ruphy, 2018).

(3) *La question du positionnement du registre scientifique avec d'autres registres de pensée*

Au-delà de ces questions, un autre enjeu clé réside dans la caractérisation des autres types de discours – philosophiques et religieux, par exemple – afin d'amener les élèves à pouvoir les comparer, les distinguer et les positionner les uns par rapport aux autres. Aroua *et al.* (2012) proposent un dispositif centré autour de débats sur base de comparaisons de textes historiques, de textes contemporains controversés et de travaux scientifiques. Dans ce dispositif, les élèves sont amenés à caractériser des extraits de textes à caractère d'une part religieux et d'autre part scientifiques de différentes époques afin de les différencier. Meurant (2010) présente, quant à elle, un dispositif visant à distinguer trois types de discours – scientifique, métaphysique et philosophique – à partir du développement d'un projet sur base d'une question problématisée par les étudiants.

Poursuivant un objectif épistémologique non plus seulement lié aux sciences ou à l'activité scientifique, mais au positionnement entre registres scientifique et religieux, un premier apport nous semble pouvoir prendre la forme de la découverte de quelques épisodes historiques de rencontres entre les deux domaines, et ce, dans des contextes culturels variés (Wolfs, 2013), mais également à différentes périodes de l'histoire jusqu'à nos jours. Cette rencontre avec des « cas historiques » nous semble importante pour prendre du recul, aborder la diversité des rapports entre ces deux domaines et faire prendre conscience aux élèves que ce problème n'est pas simplement le leur actuellement, mais a été celui de nombreux êtres humains avant eux.

Un second apport est proposé par Wolfs (2013) lorsqu'il propose d'utiliser la grille d'analyse des postures entre sciences et religions¹⁴ comme outil pédagogique. Bien que cette grille, comme tout modèle scientifique, soit une simplification d'une réalité complexe, elle permet de schématiser de manière concise les relations qui peuvent s'établir entre ces deux domaines. Si Wolfs (2013) en propose une utilisation en secondaire, nous pensons possible, moyennant d'éventuelles adaptations pouvoir en faire un support compréhensible à d'autres niveaux d'enseignement. La grille pourrait alors

¹⁴ Il s'agit de la grille présentée dans la première partie de ce texte.

être appliquée aux différentes situations historiques proposées afin de pouvoir modéliser les différents positionnements qui s'en dégagent.

Proposition conclusive :

Construction d'un dispositif en fin d'enseignement primaire

Ces propositions de stratégies d'enseignement sont le point de départ du travail de thèse de l'un d'entre nous (Xavier Haine) dont la recherche vise la construction d'un dispositif traitant la rencontre entre contenus scientifiques et contenus religieux à la fin de l'enseignement primaire ainsi que l'étude de son impact sur une représentation plus sécularisée de la science chez les élèves.

La volonté de mettre en œuvre une telle recherche à la fin de l'enseignement primaire répond à plusieurs recommandations allant dans le sens d'une prise en compte précoce de ces problématiques à l'école. Ainsi, dans le cadre d'une étude sur la nature des sciences et l'évolution, Lombrozo *et al.* (2008) mettent en évidence le fait qu'il est essentiel que les enfants commencent à acquérir suffisamment tôt une compréhension de la science pour bien évaluer les messages anti-évolutionnistes lorsqu'ils y seront confrontés. Martin-Hanssen (2008) ajoute qu'il faudrait enseigner la nature des sciences dès l'école primaire afin d'éviter que les étudiants ne la voient comme étant uniquement liée à l'évolution. Hildbrand (2008) cité par Aroua *et al.* (2012) défend l'idée de faire comprendre les spécificités des sciences et de différencier précocement méthodes et questionnements scientifiques et non scientifiques. Malgré ces recommandations, force est de constater que les recherches relatives aux tensions entre contenus scientifiques et croyances religieuses concernent le plus souvent des élèves de l'enseignement secondaire ou supérieur ou des formations destinées à de futurs enseignants (Aroua *et al.*, 2012).

Références bibliographiques

- ABD-EL-KHALICK Fouad & AKERSON Valarie L., 2004. « Learning About Nature of Science as Conceptual Change: Factors that Mediate the Development of Preservice Elementary Teachers' Views of Nature of Science », *Science Education*, 88 (5), p. 785-810.
- ALLCHIN Douglas, 2011. « Evaluating Knowledge of the Nature of (whole) science », *Science Education*, 95, p. 918-942, <https://doi.org/10.1002/sc.20432>.

- ALLIEU-MARY Nicole, 2007. « Débats argumentés et laïcité en histoire-géographie. Pour une propédeutique à l'enseignement du fait religieux », *Spirale-Revue de recherches en éducation*, 39 (1), p. 107-123, <https://doi.org/10.3406/spira.2007.1258>.
- AROUA Saïda, COQUIDÉ Maryline & ABBES Salem, 2012. « Controverses dans l'enseignement de l'évolution. Questions de recherche sur les stratégies d'intervention en classe et dans la formation », *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 5, p. 47-76, <https://doi.org/10.4000/rdst.560>.
- BECKFORD James A., 2003. *Social Theory and Religion*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BLANQUET Estelle & PICHOLLE Éric, 2017. « L'explicitation d'éléments de scientificité : un outil épistémologique bottom-up pour la démarche d'investigation à l'école primaire », in M. Bächtold, V. Durand-Guerrier & V. Munier (dir.), *Épistémologie et didactique*, Besançon, PUFC, p. 221-234.
- CHABCHOUB Amin, 2001. « Rapports aux savoirs scientifiques et culture d'origine », in B. Charlot (dir.), *Les jeunes et le savoir : perspectives internationales*, Paris, Anthropos.
- CHALINE Jean & GRIMOULT Cédric, 2011. *Les sciences de l'évolution et les religions : enjeux scientifiques, politiques, philosophiques et religieux*, Paris, Ellipses.
- DELHAYE Coralie, 2014. *Comparaison des positionnements entre savoirs scientifiques et croyances religieuses à propos des origines du vivant dans les curriculums officiels grec, français et belge*, thèse de doctorat, sous la dir. de J.-L. Wolfs, Université libre de Bruxelles.
- DELHAYE Coralie & WOLFS Jose-Luis, 2015. « Comparaison des positionnements entre savoirs scientifiques et croyances religieuses dans les programmes scolaires français et grecs », in V. Vincent & M. F. Carnus (dir.), *Le rapport au savoir*, Bruxelles, De Boeck, p. 159-172.
- EL ASRI Farid, 2009. « Discours musulman et sciences modernes : un état de la question », in B. Maréchal & F. Dasseto (dir.), *Adam et l'évolution : islam et christianisme confrontés aux sciences*, Louvain-la-Neuve, Academia Bruylant, p. 109-123.
- ERDURAN Sibel & DAGHER Zoubeida, 2014. *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*, Dordrecht, Springer.
- GOULD Stephen J., 2000. *Et Dieu dit « que Darwin soit ! »*, Paris, Seuil.
- HANSSON Lena & REDFORS Andreas, 2007. « Physics and the possibility of a religious view of the universe: Swedish upper secondary students' views », *Science & Education*, 16 (3), p. 461-478, <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9036-8>.

- HEINE Audrey, VAN DER LINDEN Nicolas, VAN DEN ABBEELE Charlotte & LICATA Laurent, 2008. « Quand les leçons de l'école ne sont pas celles de la maison. Une approche psychosociale du rapport au savoir des enfants d'immigrés musulmans », *Éducation comparée/nouvelle série*, 1, p. 61-80.
- HRAIRI Sameh & COQUIDÉ Maryline, 2002. « Attitudes d'élèves tunisiens par rapport à l'évolution biologique », *Aster*, 35, p. 149-163, <https://doi.org/10.4267/2042/8802>.
- IRZIK Gürol & NOLA Robert, 2011. « A family resemblance approach to the nature of science for science education », *Science & Education*, 20 (7-8), p. 591-607, <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>.
- IRZIK Gürol & NOLA Robert, 2014. « New Directions for Nature of Science Research », in M. Matthews (eds), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Springer, Dordrecht, p. 999-1021.
- JOURNAUX Nicolas, 2018. *Le physicien, l'observation et ses présupposés, au travers de l'histoire des modèles d'univers : Représentations d'élèves de terminale S*, thèse de doctorat, sous la dir. de L. Maurines, Université Paris-Saclay.
- LAMBERT Dominique, 1999. *Sciences et théologie – Les figures d'un dialogue*, Namur, Presses universitaires de Namur.
- LEDERMAN Norman G., 2007. « Nature of science: Past, present, and future », *Handbook of research on science education*, 2, p. 831-879.
- LE RU Véronique, 2010. *La science et Dieu. Entre croire et savoir*, Paris, Vuibert/Adapt-SNES.
- LOMBROZO Tania, THANUKOS Anastasia & WEISBERG Michael, 2008. « The importance of understanding the nature of science for accepting evolution », *Evolution: Education and Outreach*, 1 (3), p. 290-298, <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0061-8>.
- MARTIN-HANSEN Lisa M., 2008. « First-Year College Students' Conflict with Religion and Science », *Science & Education*, 17 (4), p. 317-357, <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9039-5>.
- MARTINAND Jean-Louis, 1986. *Connaître et transformer la matière*, Berne, Peter Lang.
- MATTHEWS Michael R., 2012. « Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS) », in M.S. Khine, *Advances in nature of science research*, Dordrecht, Springer, p. 3-26.
- MATHIEU Séverine, 2011. « Ce qu'ils en disent : la perception de la théorie de l'évolution par des élèves de collège et lycée », in P. Portier, M. Veuille et J. P. Willaime, *Théorie de l'évolution et religions*, Paris, Riveneuve Éditions, p. 225-238.

- MAURINES Laurence, 2010. « L'enseignement des sciences face au fait religieux. Au-delà des savoirs : l'idée de science », in L. Maurines (éd.), *Sciences et religions. Quelles vérités ? Quel dialogue ?*, Paris, Vuibert, p. 346-377.
- MAURINES Laurence & BEAUFILS Daniel, 2011. « Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : L'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, p. 271-305, <https://doi.org/10.4000/rdst.444>.
- MAURINES Laurence & FUCHS-GALLEZOT Magali, 2021. « Un scientifique peut-il être croyant ? Enquête exploratoire auprès d'étudiants entrant en première année d'étude universitaire en sciences », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, p. 31-58, <https://doi.org/10.4000/rdst.3893>.
- MAURINES Laurence, GALLEZOT Magali, RAMAGE Marie-Joëlle & BEAUFILS Daniel, 2013. « La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 7, p. 19-52, <https://doi.org/10.4000/rdst.674>.
- MC COMAS W. F., CLOUGH M. P. & ALMAZROA H., 1998. « The role and character of the nature of science in science education », in W. F. Mc Comas (ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, Dordrecht, Kluwer, p. 3-39.
- MEURANT Françoise, 2010. « Neutralité et enseignement : une mission impossible ? », in B. Decharneux & J-L. Wolfs, *Neutre et Engagé : Gestion de la diversité culturelle et des convictions au sein de l'enseignement public belge francophone*, Bruxelles, EME & InterCommunications, p. 260-264.
- MINOIS Georges, 1990. *L'Église et la science. Histoire d'un malentendu*, Paris, Fayard.
- PERBAL Laurence, SUZANNE Charles & SLACHMUYLDER Jean-Louis, 2006. « Évaluation de l'opinion des étudiants de l'enseignement secondaire et supérieur de Bruxelles vis-à-vis des concepts d'évolution (humaine) », *Anthropo*, 12, p. 1-26.
- PORTIER Philippe, 2011. « L'Église romaine et le darwinisme. Langage de la vérité et art du compromis dans le catholicisme contemporain », in P. Portier, M. Veuille & J.P. Willaime (éd.), *Théorie de l'évolution et religions*, Paris, Riveneuve Éditions, p. 95-115.
- RASI Humberto, 2003. « La foi, la raison et le chrétien cultivé », *Dialogue*, 15 (3), p. 5-9.

- RUPHY Stéphanie, 2018. « Regards philosophiques sur la question de la démarcation entre science et non-science aujourd'hui », *Recherches en Éducation*, 32, p. 10-17, <https://doi.org/10.4000/ree.2236>.
- SADLER Troy D. & FOWLER Samantha R., 2006. « A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation », *Science Education*, 90 (6), p. 986-1004, <https://doi.org/10.1002/sce.20165>.
- URVOY Dominique, 2006. *Histoire de la pensée arabe et islamique*, Paris, Seuil.
- WALLIS Roy & BRUCE Steve, 1992. « Secularization: the Orthodox model », in S. Bruce (eds), *Religion and modernization. Sociologists and historians debate the secularization thesis*, Oxford, Clarendon Press, p. 8-30.
- WOLFS José-Luis, 2013. *Sciences, religions et identités culturelles : Quels enjeux pour l'éducation ?*, Bruxelles, De Boeck, De Boeck Supérieur.
- WOLFS Jose-Luis, LEYS Christophe, LEGRAND Sandy, KARNAS Damien, DELHAYE Coralie, BOUKO Charlotte & ZAMBONI Sandrine, 2014. « Les représentations des élèves à propos de différentes postures intellectuelles possibles entre science et croyances religieuses : mise à l'épreuve de la validité de construit d'un questionnaire y afférant », *Mesure et évaluation en éducation*, 37 (2), p. 101-132, <https://doi.org/10.7202/1035915ar>.
- WOLFS Jose-Luis, DELHAYE Coralie, ALTEPE Cansu, VANHOVE Roxane & HASSAN Wafaa, 2021. « Les postures entre science et croyance religieuse : construction d'un modèle d'analyse et comparaison avec les taxonomies existantes », *Recherches en didactique des sciences et des technologie*, 23, p. 161-181, <https://doi.org/10.4000/rdst.3794>.
- WOLFS Jose-Luis, DELHAYE Coralie, LEYS Christophe, ALTEPE Cansu, DINI Kevin, GAUTHIER Laurence & BERTRAND Lucie, 2022a. « Positions on science and religious beliefs across societies: development of a research instrument and testing of its validity among high school students », *Public Understanding of science*, 31 (4), p. 394-409, <https://doi.org/10.1177/09636625221075787>.
- WOLFS José-Luis, NUNEZ-MOSCOS Javier & WILKIN Sara, 2022b. « Concepciones seculares y no seculares de la ciencia en estudiantes: implicaciones para la formación docente », *Revista mexicana de Investigación Educativa*.
- YASRI Pratchayapong, ARTHUR Shagufta, SMITH Mike U. & MANCY Rebecca, 2013. « Relating Science and Religion: An Ontology of Taxonomies and Development of a Research Tool for Identifying Individual Views », *Science & Education*, 22, p. 2679-2707, <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9623-4>.

Les sciences et leurs spécificités

Représentations d'étudiants entrant en première année d'université scientifique

Laurence MAURINES & Magali FUCHS-GALLEZOT

Résumé

Dans la perspective d'une acculturation scientifique citoyenne de tous les élèves et d'un regain d'intérêt pour les métiers scientifiques, il est attendu plus ou moins explicitement des enseignants de sciences de l'enseignement secondaire français qu'ils aident les élèves à saisir la spécificité des sciences ainsi que l'existence de régimes de vérité différents. Nous présentons l'approche théorique adoptée consistant à caractériser les sciences en articulant pratiques sociales, psychologie et anthropologie puis les résultats d'une partie d'un questionnaire visant à explorer les représentations des sciences de 601 primo-entrants dans une université scientifique selon différentes entrées. L'une des trois questions retenues est centrée sur le scientifique considéré comme individu générique (quelles sont les quatre qualités les plus importantes pour être un scientifique ?). Les deux autres abordent les sciences comparativement à d'autres pratiques, l'une sous l'angle des savoirs (les connaissances scientifiques sont-elles de même nature que les connaissances artistiques et philosophiques ?), l'autre sous l'angle du sujet (un scientifique peut-il être croyant ?). Nous analysons les verbatims fournis aux questions comparatives et examinons l'impact du positionnement. Nous discutons de l'intérêt d'une approche centrée sur le sujet en termes de possibles.

MOTS-CLÉS : sciences, scientifiques, religions, arts, philosophie, spécificités

Au cours des dernières décennies, l'enseignement scientifique à travers le monde a vu ses missions se renouveler. Il ne s'agit plus uniquement de favoriser et soutenir l'orientation vers les métiers scientifiques mais aussi de permettre l'acquisition par les futurs citoyens d'une culture

scientifique. Cette culture repose non seulement sur l'appropriation de connaissances scientifiques mais aussi de connaissances sur ce que sont les savoirs scientifiques et leurs modes d'élaboration, de connaissances renvoyant à « l'idée de science » selon les termes de Larochelle & Désautels (1992).

Cette compréhension de ce que sont la science/les sciences est mise en avant par de nombreux textes institutionnels et de recherche, en France et à l'étranger. Dans un monde où nombre des défis que doit relever l'humanité nécessite le développement de l'activité scientifique et de l'innovation technologique, elle est présentée comme une composante fondamentale de la culture scientifique de tout citoyen ainsi qu'une des clés pour soutenir l'intérêt pour les sciences et l'orientation vers les métiers scientifiques. Elle est aussi promue lorsqu'il s'agit de relever les défis de sociétés multiculturelles et d'un monde globalisé. Différents textes relatifs à la laïcité et à l'enseignement appellent ainsi les enseignants à « mieux expliciter aux élèves le périmètre des sciences et la manière dont les connaissances scientifiques se construisent » (MENJVA, 2016 : 6).

Cette finalité épistémologique de l'enseignement des sciences est à l'origine d'un courant de recherches encore peu développé en France et désigné par *Nature of Science (NoS)* dans le monde anglo-saxon. Les travaux réalisés dans ce champ discutent, par exemple, des façons de définir la science/les sciences à des fins d'enseignement, des contenus à enseigner et des stratégies à mettre en œuvre, caractérisent ce que pourrait être une compréhension informée des sciences et les représentations qu'en ont élèves, étudiants et enseignants.

Concernant les savoirs scientifiques et leurs modes d'élaboration, de nombreuses enquêtes montrent que les représentations des élèves, étudiants et enseignants sont très souvent éloignées d'une vision socio-constructiviste. Analogues à un patchwork, elles correspondent à une image empirico-inductive et réaliste naïve des sciences, même dans le cas où la dimension sociale du processus de construction des savoirs scientifiques est envisagée. Les scientifiques sont perçus comme visant « la découverte d'une réalité objective et certaine (ou vraie) existant indépendamment du monde éprouvé par l'individu et social » (Deng *et al.*, 2011 : 964). Ils se doivent d'être sans préjugé, objectifs et logiques (Ryan, 1987), laissant peu de place à l'émotion

et à la créativité, celles-ci étant davantage associées à l'art (Glaveanu, 2014). Des études discutent la corrélation entre ces représentations et différentes variables comme l'appartenance disciplinaire et le genre (Deng *et al.*, 2011). Certaines, portant sur l'équité d'accès aux sciences et discutant de la construction de l'identité scientifique, soulignent le risque de démotivation pour les sciences et les études scientifiques que ce type de représentations peut engendrer, en particulier parmi les filles (Scantelbury, 2014).

Les études explorant les représentations des rapports entre sciences et religions révèlent l'existence de différentes postures, allant du scientisme qui exclut la possibilité d'une vision religieuse du monde à des représentations assimilant science et religion (Yasri *et al.*, 2013 ; Wolfs, 2013). Les conflits de vérité perçus par certains apprenants entre la science considérée comme une culture et la vision du monde portée par leur culture familiale sont parfois difficilement vécus et tels qu'ils les considèrent à l'origine de leur situation d'échec (Roth & Alexander, 1997). Ils se manifestent aussi par des résistances et un désengagement dans les apprentissages de sujets potentiellement sensibles tels que l'origine de la vie (Hanley *et al.*, 2014). Des études s'intéressant aux présupposés fondateurs de l'activité scientifique montrent que la science, en l'occurrence la physique, est associée au scientisme et à l'athéisme (Hansson & Redfors, 2007).

Face à ces différents constats, et dans un contexte de réformes des programmes d'enseignement et de réflexion autour de la culture scientifique, nous poursuivons un programme de recherches sur la dimension épistémologique de l'enseignement-apprentissage des sciences depuis presque vingt ans. Après avoir examiné les difficultés des élèves en lien avec des croyances religieuses mises au jour dans la littérature ainsi que les dispositifs de remédiation proposés, nous nous sommes intéressées à l'image des sciences véhiculée par les programmes de sciences du lycée et à la possibilité de la faire évoluer grâce à l'introduction d'éléments historiques dans les cours de sciences.

Les représentations de la science/des sciences étant peu documentées en France, en particulier au niveau de l'enseignement supérieur, nous avons réalisé une enquête auprès d'étudiants entrant en première année d'études scientifiques à l'université Paris-Sud. Nous donnons ci-dessous quelques résultats de cette enquête après avoir présenté brièvement

l'approche théorique que nous avons adoptée. Nous renvoyons le lecteur aux articles cités en référence pour plus de détails.

Cadre théorique, problématique et questions de recherche

Les sciences comme pratiques de communautés de personnes se conduisant en scientifiques

Un changement d'approche est apparu depuis quelques décennies dans le champ des études sur les sciences et plus récemment dans le champ de la *NoS*. Désigné par « le tournant pratique » (Soler, 2009 ; Soler *et al.*, 2014), il consiste à abandonner une vision normative et trop idéalisée de la science et à adopter une approche descriptive des sciences telles qu'elles sont pratiquées au sein de différentes communautés. Il conduit à s'intéresser non plus uniquement aux savoirs et aux modalités d'élaboration de ces savoirs, mais aussi aux contextes, et à tenir compte d'aspects matériel, collectif, psycho-social, tacite, etc. Différentes propositions de caractérisation des sciences avancées ces dernières années à des fins scolaires (Erduran & Dagher, 2014), dont la nôtre, s'inscrivent dans cette perspective. Si toutes permettent d'aider à dégager des ressemblances et spécificités disciplinaires, elles prennent en compte les dimensions humaine, sociale, historique des sciences à des degrés divers.

Nous souscrivons à l'idée que, pour comprendre la façon dont les scientifiques génèrent des connaissances par leur activité, une pluralité de points de vue est nécessaire. Inscrivant nos recherches dans une perspective curriculaire, nous avons fait le choix d'un cadre de référence large susceptible d'ouvrir le champ des possibles, au niveau de l'enseignement secondaire et supérieur, pour la formation d'un futur scientifique et d'un futur citoyen.

Nos recherches mobilisent une grille multidimensionnelle d'analyse de la *NoS* que nous avons élaborée en faisant appel aux différents types d'études sur les sciences (tableau 1) et en nous appuyant sur le concept de pratiques sociales de référence introduit par Martinand (1986). Nous avons retenu neuf dimensions pour interroger les sciences et en traduire la cohérence propre, les caractériser telles qu'elles sont pratiquées au

sein de différentes communautés. Cinq des neuf dimensions se réfèrent à l'épistémologie « classique » et permettent de caractériser les savoirs et leurs modalités d'élaboration. Trois autres se rapportent à la sociologie et à l'histoire des sciences et permettent de rendre compte de leur inscription dans une communauté et une société, et d'appréhender leur évolution au cours du temps. Une dernière renvoie à la psychologie des sciences et permet de caractériser les individus, leurs qualités et attitudes. Selon les objectifs éducatifs et de recherche poursuivis, certaines dimensions et sous-dimensions sont privilégiées par rapport à d'autres, cette grille étant elle-même susceptible d'évoluer pour s'adapter au problème exploré. Un de ses intérêts est de permettre l'examen de la richesse (en termes de nombre et de diversité des dimensions et catégories mobilisées) et de la complexité (mise en relation) de l'image des sciences reflétée aussi bien par les textes institutionnels que les situations d'enseignement et les propos d'étudiants ou d'enseignants.

		DIMENSIONS
DE	Dimensions Épistémologiques	Objets et problématiques
		VCR : Visées, Caractéristiques générales des sciences, Rapports aux autres pratiques/ domaines
		Ressources
		Produits
		Élaboration
DSPH	Dimensions Sociologiques	Communauté
		Société
	Dimension Psychologique	Attitudes et qualités individuelles
	Dimension Historique	Histoire

Tableau 1 – La science comme pratiques de communautés de scientifiques.

Source : d'après Maurines et al., 2013.

Comparativement aux caractérisations proposées à l'étranger (Erduran & Dagher, 2014) et en cohérence avec notre choix de visées éducatives multiples, nous avons introduit deux dimensions supplémentaires pour caractériser le scientifique d'une part (dimension psychologique) et le situer historiquement d'autre part (dimension historique). Nous avons

par ailleurs introduit des sous-dimensions pour tenir compte du contexte culturel et de l'arrière-plan métaphysique et ontologique des pratiques ainsi que des normes et valeurs qui les orientent (sous-dimensions caractéristiques générales et rapports aux autres pratiques).

Signalons de plus que, dans la lignée de la proposition de Maurines (2010), nous avons choisi de mettre au centre de notre questionnement non pas le scientifique en tant qu'individu générique mais en tant que personne. Attentives à sa singularité, nous considérons qu'au cours de sa formation, il apprend à articuler des pratiques relevant de différentes « sphères de vie » et domaines de connaissances, ce qui relève des sphères professionnelle et personnelle. Nous considérons qu'au cours de son activité, il fait appel à différentes qualités/dispositions qui doivent être vues comme en tension et non pas comme exclusives. Elle nécessite par exemple de mobiliser et d'articuler « esprit créatif » et « esprit de contrôle » (Cariou, 2015), engagement émotionnel et neutralité émotionnelle (Gauld, 2005).

L'intérêt d'une approche des pratiques sociales articulée à la psychologie et à l'anthropologie est de permettre d'articuler les savoirs et les acteurs/personnes et ainsi de conférer une inscription humaine et socio-culturelle aux savoirs scientifiques. Un autre encore est d'offrir un cadre d'analyse multidimensionnel pouvant être mis en œuvre pour caractériser non seulement les sciences mais aussi d'autres domaines/pratiques de connaissance, comme l'art et la philosophie, la religion, et ainsi permettre de dégager leurs points communs et différences. Cette approche nous semble pouvoir aider à répondre à la visée éducative que Morin défend, celle de la nécessité de faire « connaître ce qu'est connaître » (Morin, 1999 : 2). Comme pour Larochelle & Désautels (1992 : 5), il ne s'agit pas pour nous « de promouvoir la supériorité du savoir scientifique sur les autres savoirs, mais bien de le resituer au sein de la panoplie des jeux de connaissance inventés par les hommes et les femmes pour organiser, de façon viable, leurs expériences de cognition ».

Cette approche conduit à abandonner, y compris pour les sciences, l'affirmation de l'existence de critères de démarcation forte et à défendre l'idée d'un périmètre aux frontières floues/poreuses toujours à reconstruire. Comme le note Ruphy (2018), malgré l'absence de consensus entre les penseurs sur les outils conceptuels à mobiliser pour aborder la

démarcation, l'abandon d'un unique critère en faveur d'un ensemble de critères les conduit néanmoins, une fois ces critères appliqués, à des positions communes sur ce qui est scientifique.

Problématique et questions de recherche

Compte tenu des enjeux liés à l'image des sciences repérés dans la littérature, nous avons débuté une étude en 2013 sur les représentations des sciences des primo-entrants à l'université scientifique Paris-Sud. En cohérence avec le cadre théorique précédemment décrit, nous avons cherché à explorer les pratiques scientifiques dans leurs différentes dimensions tout en mettant l'accent sur celles qui permettent d'étudier les représentations des étudiants du savoir scientifique et du métier de scientifique examiné sous ses différentes facettes (investigation, inscription sociale, qualités nécessaires). Nous avons également cherché à explorer les pratiques scientifiques en les abordant comparativement à d'autres pratiques de connaissances et à déterminer l'impact de différentes variables (genre, filière du secondaire, spécialité choisie pour le baccalauréat scientifique, filière universitaire).

Nous nous centrons ici sur la confrontation des pratiques scientifiques à d'autres pratiques de connaissance abordée selon deux entrées, les savoirs et les qualités du scientifique. Nous présentons au préalable les principaux résultats sur les représentations des pratiques scientifiques et renvoyons le lecteur intéressé par l'impact des différentes variables à nos autres publications. Nous apportons des éléments de réponse aux questions suivantes :

1. Quelles représentations du métier de scientifique ont les étudiants ?
Quelles qualités les étudiants attribuent-ils à un scientifique ?
2. Comment les étudiants appréhendent-ils la spécificité des savoirs scientifiques par rapport aux savoirs de deux autres pratiques, la philosophie et l'art ?
3. Comment envisagent-ils pour un sujet l'articulation des pratiques scientifique et religieuse ?

Méthodologie

Pour réaliser cette enquête à grande échelle, nous avons élaboré un questionnaire sous format numérique à l'aide du logiciel SPHINX. Il comporte quinze questions fermées, la plupart accompagnées d'une demande de justification, et une question ouverte.

Le questionnaire comporte deux volets : le plus développé est centré sur les pratiques scientifiques, l'autre à visée exploratoire les aborde comparativement à d'autres pratiques (religion d'une part, art et philosophie d'autre part). Il propose deux entrées : la plus questionnée porte sur les savoirs scientifiques et leurs modalités d'élaboration au sein d'une communauté, l'autre à visée exploratoire concerne le scientifique et ses qualités.

Le tableau 2 précise les thèmes sur lesquels portent les seize questions du questionnaire, ceux peu abordés dans la littérature sont en italique et en gras. Précisons que, suite au constat que certaines représentations stéréotypiques des sciences et de leur périmètre ont à voir avec une appréhension du scientifique dénué de croyances, nous avons choisi d'explorer le problème des rapports sciences-religions en l'inscrivant dans le problème plus large des rapports sciences-croyances et en prenant comme entrée le sujet (le scientifique en tant que personne) et non l'institution (la science ou le savoir scientifique). Plus précisément, nous avons cherché à examiner comment les étudiants appréhendent la possibilité pour un scientifique d'être croyant. Nous n'avons pas spécifié la nature de la croyance, car il nous semblait que cela pouvait laisser aux étudiants la possibilité d'exprimer l'existence de croyances autres que les croyances religieuses. Cette approche nous semblait également permettre l'expression de différents registres de justification.

L'analyse des réponses fournies par les étudiants a été faite en trois étapes. Nous avons commencé par étudier les réponses aux questions fermées et l'impact des variables sur ces réponses grâce au logiciel SPHINX¹ (Maurines *et al.*, 2015, 2016a). Nous avons ensuite réalisé une analyse manuelle de contenu thématique des verbatims fournis par les étudiants pour les deux questions en lien avec la démarcation (Maurines *et al.*, 2018 ; Maurines &

¹ Les seuils utilisés par SPHINX dans les tests de significativité sont 1 % pour les relations très significatives (TS), 5 % pour les relations significatives (S). Les relations non significatives correspondent à un seuil supérieur à 15 %.

Fuchs-Gallezot, 2021a, 2021b). Pour ces analyses de contenu thématique, nous avons mobilisé la grille de la *NoS* ainsi que deux grilles complémentaires élaborées par allers et retours entre analyse *a priori* et étude empirique. Nous présentons ces grilles ci-dessous. Précisons qu'elles permettent d'explorer certains aspects des pratiques et que leurs dimensions et sous-dimensions peuvent être mises en perspective avec celles de la grille de la *NoS*.

Thèmes	Pratiques scientifiques Questions fermées	Démarcation Positionnement sur une échelle de Lickert à 4 modalités de réponses et justification
Savoir	Caractéristiques	Sciences, art, philosophie
Activité	Investigation Dimension socio-institutionnelle	
Scientifique	Qualités	Sciences-(religions)-croyances

Tableau 2 – Les thèmes explorés par le questionnaire et la forme des questions.

Source : D'après Maurines et al., 2016b.

Note : Le questionnaire a été passé auprès de 662 étudiants entrant en première année d'études scientifiques à l'université Paris-Sud à la rentrée 2013.

Pour certaines études, nous avons limité la population aux 601 primo-entrants à la faculté des sciences, les autres étudiants entrant à l'IUT d'Orsay ou à l'Institut Villebon-Charpak.

Pour des raisons de brièveté, nous nous limitons à la présentation des principaux résultats aux questions fermées². Puis nous développons les résultats obtenus sur les verbatims recueillis aux deux questions en lien avec la démarcation. En conclusion, nous discutons des résultats.

Résultats

Représentations des scientifiques et de leurs pratiques

Nous donnons les affirmations sur lesquelles les étudiants devaient se prononcer et le pourcentage d'étudiants d'accord ou tout à fait d'accord avec l'affirmation proposée.

² Pour une synthèse sous la forme d'une carte mentale organisée selon les neuf dimensions de notre cadre d'analyse de la *NoS*, voir Maurines et al., 2016a.

Les scientifiques travaillent avant tout dans un laboratoire public (91 % des étudiants³ citent les chercheurs CNRS et 85 % les enseignants-chercheurs à l'université). Leurs quatre principales qualités sont la curiosité (43 %) et l'amour des sciences (38 %), la rigueur (43 %) et la persévérance (33 %). Ils sont à un moindre degré inventifs et intuitifs (26 %), les qualités relationnelles et méthodologiques étant globalement les moins importantes (de l'ordre de 15 %). L'analyse des qualités simultanément choisies montre que seulement un quart des étudiants citant la rigueur mentionne également l'inventivité et l'intuition (6,5 % sur la population totale).

Ils cherchent en premier lieu à comprendre la nature (94 %) puis à poursuivre des objectifs utilitaires ou sociétaux (améliorer les techniques, la technologie 89 % ; améliorer la vie quotidienne 74 %) ou personnels (se faire plaisir 78 % ; être attiré par la beauté des sciences 75 %). Le choix de leur sujet d'étude dépend avant tout des défis sociétaux (75 %) et de leur intérêt personnel (71 %), des contraintes financières (68 %), les contraintes institutionnelles (58 %), légales (58 %) et politiques (50 %) venant après. Leur activité est davantage centrée sur la recherche d'explication (96 %), l'observation (95 %) et l'expérimentation (91 %) qu'ancrée dans la communauté (lecture des publications des autres chercheurs 71 % ; communication orale et rédaction d'articles autour de 55 %). Pour convaincre leurs pairs de la qualité de leurs travaux, ils doivent privilégier les aspects expérimentaux, techniques et méthodologiques (de 89 % à 96 % environ) plutôt que faire référence aux publications (52 %). Les échanges entre eux sont avant tout perçus comme un partage d'expérience et un moyen d'aider à l'avancement des sciences (entre 70 et 80 %). Ils contribuent moins au processus de validation des résultats (61 %) et encore moins à celui de confirmation (ne pas reproduire les mêmes expériences 23 %).

La science influence plus la société (54 %) que le contraire (41 %) et ne doit pas être crainte (78 %). L'avancée des sciences permet plus celle des techniques (91 %) que le contraire (82 %). Le savoir scientifique évolue (82 %). Il présente une certaine stabilité, car les scientifiques questionnent les résultats expérimentaux incohérents (64 %) et, à un degré

³ Les pourcentages sont calculés sur la population d'étudiants de la faculté des sciences (N = 601).

moindre, une certaine robustesse, car ils limitent son domaine d'application (38 %). Il est davantage perçu comme universel (51 %), objectif (44 %) et obtenu par une approche particulière (44 %), et moins comme décrivant la réalité telle qu'elle est (18 %) ou vrai (14 %), ou bien encore dépendant du chercheur ou de la communauté (13 % et 19 %).

Représentations des spécificités des sciences comparativement à d'autres domaines

Les connaissances scientifiques sont moyennement spécifiques comparativement aux connaissances artistiques et philosophiques

À une question⁴ demandant aux étudiants de se positionner sur l'affirmation « les connaissances scientifiques sont de même nature que les connaissances artistiques et philosophiques », 57 % des étudiants⁵ se positionnent négativement et 43 % positivement.

L'analyse des verbatims fournis par ces étudiants pour justifier leur positionnement montre qu'un nombre important d'entre eux comparent, au travers de leur réponse, non pas les connaissances mises en jeu dans chacun des trois domaines, mais les domaines et les pratiques associées. Nous avons commencé par examiner dans quelle mesure ces trois domaines/pratiques sont pensés en termes de similitudes ou/et de différences, ce qui revient à se centrer sur la sous-dimension « rapports » de la dimension « visée » de la grille de la *NoS*. Nous avons ensuite mobilisé la grille de la *NoS* pour repérer les dimensions des pratiques évoquées dans les justifications.

Trois types de mises en relation des trois domaines peuvent être repérés⁶ : l'expression de points communs/rapprochements ou de différences/oppositions

⁴ Cette question a été en partie inspirée par celle posée par Roletto (1998) : « Y-a-t-il des caractéristiques particulières (aspects fondamentaux) qui différencient la connaissance scientifique des autres formes de connaissance (religieuse, artistique, etc.) ? ». La comparaison science-religion a donné lieu à la question centrée sur la personne du scientifique examinée ci-après.

⁵ Les pourcentages sont calculés pour l'effectif des 580 étudiants de la faculté des sciences qui répondent à la question.

⁶ Dans ce qui suit, chaque domaine est désigné par son initiale : science (S), art (A), philosophie (P).

uniquement, l'expression simultanée de points communs et de différences. Les domaines rapprochés peuvent être au nombre de trois (PSA) ou uniquement de deux (SP, SA d'une part et PA d'autre part). Il en est de même pour les domaines opposés (S-P-A, S-P).

La figure 1 indique la répartition des types de mises en relation entre domaines de connaissance par étudiant et par positionnement. Une majorité des 329 étudiants qui fournissent un verbatim (58 %) n'évoque que des proximités (38 %) ou des différences (20 %) entre domaines de connaissance. Environ un tiers, et majoritairement ceux qui sont en désaccord avec l'affirmation, fournissent des réponses plus complexes mentionnant à la fois des proximités et des différences.

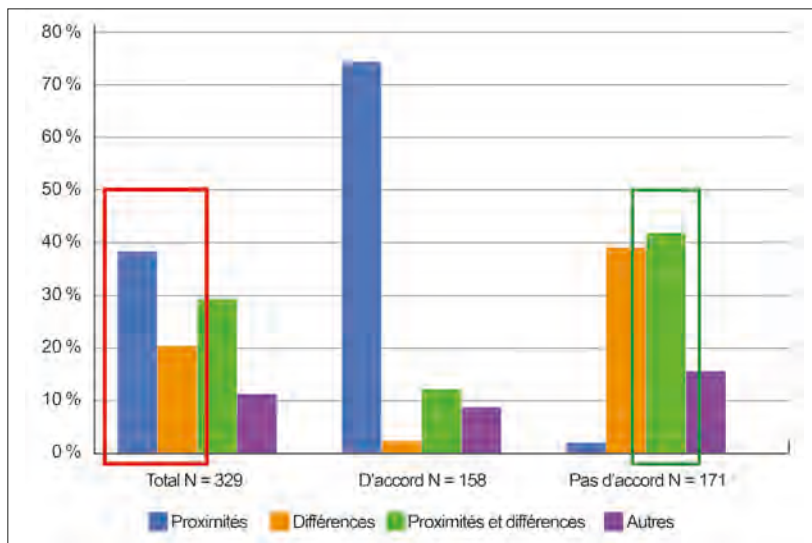


Figure 1 – Répartition des types de mises en relation entre domaines de connaissance par étudiant et par positionnement.

Source : D'après Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021a, p. 143.

Le tableau 3 présente des exemples de réponses d'étudiants pour chaque type de mise en relation. Une certaine diversité s'observe sur les caractéristiques rapprochées ou opposées par les étudiants. Certains aspects des

pratiques peuvent être pensés comme identiques (par exemple : visée, nature des connaissances) ou différents. Beaucoup des différences exprimées renvoient une vision empirico-inductive et réaliste naïve des sciences (universalité, objectivité, raison, logique, expérience, observation, faits réels, concret, rigueur, etc.).

Types de mise en relation	Exemples d'ua (ua = unité d'analyse) extraites des verbatims fournis par les 329 étudiants
Similitudes	Tous les types de connaissances sont des vérités // elles sont la somme de plusieurs découvertes qui s'accroissent au fil du temps // elles donnent du sens à notre vie // elles demandent toutes un travail sur soi // elles dépendent de la créativité et de l'intellect des personnes (SPA)
Différences	Selon moi, chaque connaissance apporte chacune une approche différente sur la vision de voir les choses (S-P-A). Les sciences peuvent être très concrètes par rapport à la philosophie qui est une vue de l'esprit (S-P).
Similitudes et différences	La science se base sur la logique , des faits concrets : quand on démontre scientifiquement une théorie on ne peut pas la contredire , contrairement à l'art et la philosophie où on peut facilement avoir des avis différents (PA-S). Pour les connaissances artistiques, elles ne sont pas acquises de manière expérimentale ou théorique , mais plutôt de façon pratique. Alors que pour les connaissances philosophiques et scientifiques, elles émanent d'une interrogation (SP-A).

Tableau 3 – Réponses d'étudiants et types de mise en relation des trois domaines de connaissance.

Source : D'après Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021a.

La figure 2 présente les pourcentages moyens des unités d'analyse repérées pour chaque dimension de la grille d'analyse de la *NoS* sur les verbatims fournis par les étudiants⁷ et les sous-populations d'étudiants d'accord et pas d'accord. Elle identifie deux types de dimensions, celles relevant des approches sociologique, psychologique et historique de l'étude des sciences (DSPH encadrées en violet), celles relevant d'une approche épistémologique « classique » (DE encadrées en bleu).

⁷ Les pourcentages sont calculés sur les 303 étudiants qui fournissent un verbatim et qui renseignent les questions sur les variables.

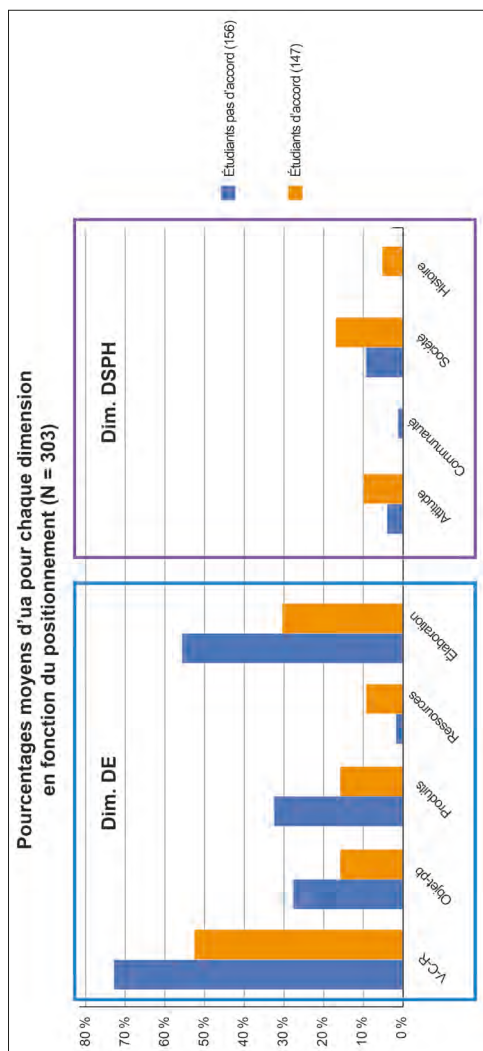


Figure 2 – Pourcentages moyens d'ua pour chaque dimension en fonction du positionnement.

Source : D'après Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021a, p. 144.

Les dimensions DSPH sont moins présentes que les dimensions DE. La dimension évoquée majoritairement est la dimension VCR. Viennent ensuite les dimensions élaboration, produits, objets-problématiques, et société. Les dimensions attitudes, ressources, histoire et communauté sont peu mobilisées. Les caractéristiques des pratiques évoquées par les unités d'analyse relevant des dimensions épistémologiques (DE) se rapprochent de celles d'une vision empirico-inductive et réaliste naïve des sciences.

Quel que soit leur positionnement, les étudiants évoquent de manière privilégiée deux dimensions : VCR et élaboration. Ils mobilisent les autres dimensions différemment en fonction de leur positionnement. Les étudiants de la sous-population en désaccord proposent davantage d'arguments relevant des dimensions DE : élaboration, produits, objets. Seule la dimension ressources des cinq dimensions DE est évoquée de manière privilégiée par la sous-population d'accord. Les arguments relevant des dimensions DSPH sont davantage mobilisés par la sous-population en accord : société, attitudes, histoire.

Un scientifique peut être croyant

À une question demandant aux étudiants de se positionner sur l'affirmation « un scientifique peut être croyant », une majorité des étudiants répond positivement (76 %, N = 601) et un quart environ négativement (24 %). Les positions modérées sont légèrement valorisées par rapport aux positions tranchées (56 % *vs* 44 %).

Les 320 verbatims analysés⁸ vont de quelques mots à plusieurs phrases. L'analyse du lexique employé par les étudiants montre que le mot « croyant » a essentiellement été compris en référence aux pratiques religieuses : les étudiants se réfèrent souvent explicitement au registre religieux (religion, religieux/religieuses, Dieu, surnaturel, Coran, Bible, etc.).

⁸ Cette population est celle des étudiants entrant en première année de licence scientifique fournissant un verbatim et répondant aux questions portant sur les variables genre, filière, baccalauréat. Douze des 332 verbatims fournis par cet échantillon correspondent à des réponses inclassables ou renforçant le positionnement donné. 320 verbatims ont été analysés.

L'emploi du pronom défini « on » laissait à l'étudiant le choix de fonder sa réflexion concernant la possibilité d'être croyant et scientifique en se prenant lui-même comme référence ou en se référant à une personne ou à un groupe de personnes indéterminé. Certains des étudiants justifient leur positionnement en se référant à leur cas personnel. D'autres raisonnent en se référant à un individu hypothétique : ils considèrent soit le scientifique dans les rôles et missions que lui assigne l'institution, soit comme une personne dont le métier est d'être scientifique. Enfin certains justifient leur positionnement en se référant uniquement à la science et aux religions (institution).

La grille que nous avons élaborée pour rendre compte de la diversité des justifications des étudiants, et que nous désignons dans la suite du texte par « grille des possibles », comprend quatre grandes dimensions, elles-mêmes subdivisées en onze sous-dimensions. Nous la présentons ci-dessous en la mettant en perspective avec la grille de la *NoS* et renvoyons le lecteur au tableau 4 pour des exemples d'unités d'analyse.

La dimension « constat » de la grille des possibles porte sur quelques aspects des dimensions « communauté » et « société » de la grille de la *NoS*. Elle réunit des énoncés qui expriment l'idée que des personnes avec un tel profil (scientifique et croyant) existent (sous-dimension fait) ou que les règles ou les droits qui s'appliquent au sein de la société s'appliquent au scientifique (sous-dimensions droit).

La dimension « sujet » permet d'enrichir le questionnement sur le scientifique considéré dans la grille de la *NoS* comme individu générique et uniquement sous l'angle de ses qualités et attitudes. Elle réunit des énoncés qui examinent les conditions et les impacts de cette double activité sur la personne qui assure un rôle de scientifique. Certains expriment des conditions sur les qualités et les pratiques intellectuelles des personnes (sous-dimension qualités). D'autres précisent des limites à apporter par la personne à ses pratiques (scientifiques ou religieuses) ; ces limites peuvent par exemple porter sur l'objet d'étude, la façon de considérer certains produits ou de mobiliser certaines qualités dans ses pratiques (sous-dimension limites). D'autres encore explorent l'impact potentiel de cette double activité sur la personne, sa psychologie, son vécu (sous-dimension vécu).

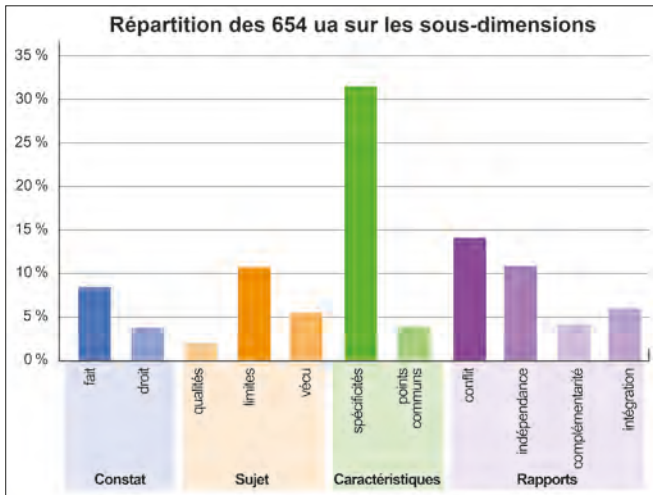
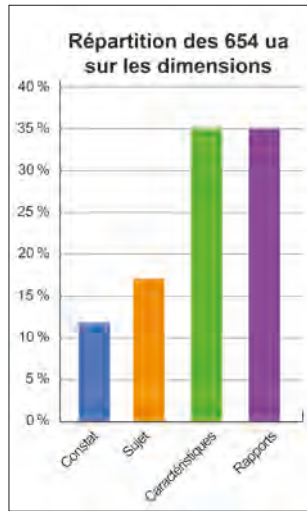
La dimension « caractéristiques » développe des aspects particuliers de la dimension visée de la grille de la *NoS*. Elle regroupe les énoncés qui portent sur les particularités des pratiques scientifiques ou des croyances. Certains pointent les spécificités de chacune des pratiques, voire soulignent leurs différences ; ces spécificités se rapportent par exemple aux questions explorées et à la nature de l'objet étudié, au mode d'élaboration des savoirs en particulier de leur validation, aux qualités à mobiliser dans ses pratiques. D'autres explicitent leurs points communs, leurs ressemblances. Il est à noter que la science et la religion peuvent être évoquées aussi bien d'un point de vue général ou institutionnel, qu'à travers l'évocation d'une personne générique : le scientifique (les chercheurs, etc.) ou le religieux.

La dimension « rapports » est centrée sur la sous-dimension de la dimension « visée » de la grille des possibles. Elle rassemble les énoncés abordant la question des relations entre les pratiques scientifiques et les croyances. Certains pointent un conflit, une incompatibilité entre les deux pratiques, une opposition de nature, une influence négative d'une pratique sur l'autre, la nécessité d'un choix (sous-dimension conflit). D'autres soulignent l'absence d'influence d'une pratique sur l'autre, la séparation et la compatibilité des deux pratiques (sous-dimension indépendance). D'autres encore évoquent des apports complémentaires des pratiques pour l'individu (sous-dimension complémentarité). Dans d'autres (sous-dimension intégration), les pratiques ne sont pas clairement différenciées, interagissent l'une sur l'autre, sont intégrées. Soulignons que la terminologie utilisée par commodité pour désigner ces quatre catégories est réductrice et ne rend pas compte des nuances des argumentations exprimées par les étudiants.

Dimension	Sous-dimensions	Exemples d'ua fournis par les 303 étudiants
Constat	Fait	Je connais des scientifiques croyants // Einstein était croyant !
	Droit	Chacun ses croyances // La religion est personnelle , le scientifique peut tout à fait croire en ce qu'il veut, la science n'exclut en aucun cas les croyances de chacun
Sujet	Qualités	Si l'on est ouvert d'esprit // Il suffit d'être toujours objectif // Tous les scientifiques ne sont pas cartésiens // Il faut simplement avoir la faculté de tout remettre en cause régulièrement
	Limites	On doit mettre sa religion de côté au risque d'être en désaccord avec soi-même // Cela dépend des religions et de la pratique // On peut être scientifique si la science ne dépasse pas les limites religieuses
	Vécu	Parfois, croire en quelque chose permet de se motiver , d'avoir confiance ... // Cela doit être difficile de croire à Adam et Eve ET à la théorie de l'évolution...
Caractéristiques des pratiques	Spécificités	Le scientifique montre des éléments concrets de science // La foi est la croyance sans évidence ou preuve ; l'antithèse des connaissances scientifiques, qui sont obtenues par observation et par l'expérimentation après d'être testées par les chercheurs // Les croyances relèvent de domaines qui ne sont pas forcément à la portée de la science , quand celles-ci concernent du métaphysique notamment // Soit on se contente de croire en des vérités absolues , soit on cherche à être plus proche de celles-ci en utilisant la raison
	Points communs	La science est une manière de voir le monde. On peut donc dire que la science est une croyance // La science est par définition un système basé sur des axiomes, afin de construire un système scientifique il faut d'abord croire à ces axiomes // Rechercher la vérité dans 2 domaines différents n'est absolument pas interdit
Rapports entre pratiques	Conflit	La science a contredit de nombreuses croyances provenant de la religion // La religion pourrait faire rejeter de simples hypothèses car en contradiction avec de saints écrits
	Indépendance	La démarche scientifique peut être effectuée indépendamment de la pratique religieuse // Les sciences ne rentrent pas en désaccord avec le fait de croire en une entité supérieure
	Complémentarité	Dans la mesure où la science n'explique pas tout, il reste de la place pour les croyances personnelles // La science et la religion peuvent se coordonner
	Intégration	La science [...] peut aussi être vue comme une théorie qui explique la religion // De nombreux phénomènes scientifiques prouvés le siècle dernier ont été expliqués auparavant au VI^e siècle avec l'arrivée de l'Islam

Tableau 4 – Les dimensions et sous-dimensions de la grille des possibles et exemples d'ua.

Source : Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021b, p. 46-48.



Figures 3 et 4 – Répartition des ua sur les dimensions et sous-dimensions de la grille des possibles.

Source : Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021b, p. 49.

La figure 3 montre que deux dimensions ont été repérées comme majoritaires : les caractéristiques des pratiques et les rapports entre pratiques (environ 35 % dans les deux cas). Le dernier tiers des évocations se rapporte aux deux autres dimensions, celle du sujet, puis celle du constat. Les sous-dimensions identifiées (figure 4) sont d'abord les spécificités des sciences et des croyances (31 %), puis les conflits ou influences négatives entre les deux pratiques (14 %), leur indépendance ou compatibilité, les limites à mettre en œuvre dans sa pratique des sciences ou de ses croyances, la possibilité de fait, l'impact sur le vécu, l'intégration des pratiques ou leur influence positive l'une sur l'autre, leur complémentarité, la possibilité de droit, les points communs et les conditions sur les qualités des personnes.

Les fréquences d'évocation des différentes dimensions s'avèrent variables en fonction du positionnement (accord/désaccord), de la force (modéré/tranché) et du degré d'adhésion des populations considérées (figure 5). La dimension « caractéristiques » des pratiques est davantage identifiée chez les étudiants en désaccord et exprimant un avis tranché. La dimension « sujet » est davantage repérée chez les étudiants exprimant un avis modéré que tranché. Enfin la dimension « constat (fait/droit) » est davantage identifiée chez les étudiants en accord avec l'affirmation que parmi ceux en désaccord.

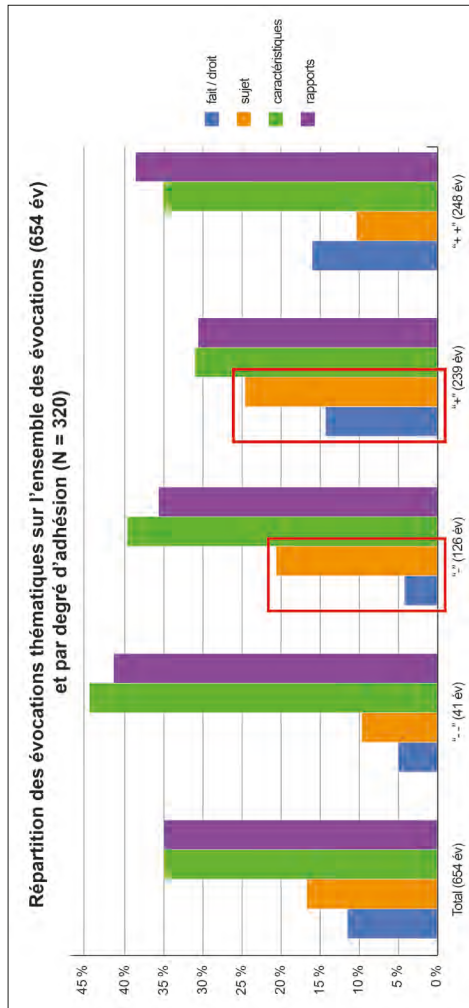


Figure 5 – Répartition des ua sur les dimensions de la grille des possibles en fonction du degré d'adhésion.

Source : D'après Maurines & Fuchs-Gallezot, 2021b, p. 50.

Discussion et conclusion

Les résultats obtenus aux questions fermées renvoient la même représentation dominante de scientifiques mus par une sorte de détermination individuelle, fondée sur la curiosité et l'amour des sciences, que celle dégagée dans la littérature dans les années 1990 (Larochelle & Désautels, 1992). La dimension sociale du travail scientifique, les contraintes institutionnelles, financières, techniques et éthiques sont présentes mais au second plan. La faible importance accordée aux qualités relationnelles participe d'une conception individuelle des sciences valorisant les aspects observationnels, expérimentaux et techniques. Le privilège accordé à la rigueur, celle-ci étant rarement envisagée simultanément avec l'inventivité et l'intuition, résonne avec l'image stéréotypique du scientifique objectif et logique et de sciences dites masculines (Ryan, 1987 ; Scantelbury, 2014).

Les verbatims fournis aux questions exploratoires sur la démarcation renvoient des caractéristiques des scientifiques et de leurs pratiques pouvant être rapprochées de celles que nous venons d'évoquer.

Ceux fournis à la question portant sur la similitude de nature de trois types de connaissance (science, art, philosophie) expriment moins l'idée de différences (20 %) que de ressemblances (40 %), le tiers restant renvoyant des visions plus complexes qui mettent en tension et articulent des différences et des ressemblances. L'analyse réalisée à l'aide de la grille multidimensionnelle de la *NoS* montre que les étudiants évoquent peu les dimensions psychologique, sociale et historique des sciences. Des différences s'observent cependant en fonction de leur positionnement. Si quel que soit le positionnement retenu, les dimensions épistémologiques, en particulier les sous-dimensions visées et élaboration, sont majoritairement évoquées, la sous-population en accord évoque davantage les dimensions humaine et sociale des sciences que ceux de la sous-population en désaccord. Les étudiants qui ont une vision « démarquée » des sciences évoquent des caractéristiques des pratiques se rapprochant de celles d'une vision empirico-inductive et réaliste naïve des sciences.

Les verbatims fournis à la question explorant la question de l'articulation science-croyance au niveau de l'individu renvoient quant à eux davantage l'idée de démarcation que les précédents et d'absence de croyances au sein

des pratiques scientifiques. Ils nous semblent également traduire une certaine difficulté des étudiants à raisonner sur la personne. En effet, l'analyse réalisée avec la grille des possibles montre la présence majoritaire d'énoncés portant sur les rapports entre pratiques et sur leurs caractéristiques, ceux portant sur le sujet étant peu présents. Les conceptions des rapports sciences-religions que nous avons repérées expriment en premier lieu l'idée de conflit puis d'indépendance, celle d'intégration étant peu présente et de complémentarité encore moins. Malgré une affirmation laissant la possibilité aux étudiants d'évoquer des croyances au sein des pratiques scientifiques, nous n'avons quasiment pas identifié d'énoncés évoquant des points communs. Nous avons repéré majoritairement des énoncés évoquant des spécificités, celles-ci renvoyant la vision stéréotypée de la science (associée à des idées de vérité, preuve, démonstration, raison, objectivité) et du scientifique (objectif, curieux, rigoureux) rencontrée dans la littérature. Les énoncés portant sur le sujet sont davantage fournis par les sous-populations choisissant un positionnement modéré que par celles choisissant un positionnement tranché. Ils évoquent des qualités à avoir, des tensions potentielles pour la personne les pratiquant et des stratégies permettant de les résoudre (contraintes sur les deux types de pratiques, stratégies d'évitement).

Nos résultats révèlent cependant quelques différences par rapport à la littérature.

Ils nous semblent traduire une vision moins rationnelle des sciences (l'élaboration du savoir scientifique ne repose pas sur la seule raison, la logique et la méthode, mais aussi sur l'intuition et l'inventivité) et moins réaliste (une minorité d'étudiants considère que le savoir scientifique décrit la réalité telle qu'elle est) que celle dégagée par Roletto (1998). L'idée d'une démarcation stricte semble également moins marquée, car seule une moitié des étudiants accorde au savoir scientifique certaines spécificités (universalité, objectivité, obtenu selon une démarche particulière) et considère qu'il n'est pas de même nature que d'autres types de connaissances (philosophiques, artistiques). Une majorité des étudiants répondant qu'on peut être scientifique et croyant, ils nous semblent également indiquer une appréhension différente du scientifique que celle repérée par Cobern (2001) aux États-Unis. Si ces différences peuvent être liées à l'évolution de l'enseignement des sciences et de différences de contextes socio-culturels, elles pourraient aussi être liées au fait

que la population que nous avons interrogée est majoritairement constituée d'étudiants scientifiques contrairement à ceux qu'ils ont interrogés et aux formulations légèrement différentes des questions⁹. Le rapprochement des questions posées et des résultats obtenus suggère qu'une question mettant en jeu les croyances et les religions est susceptible de conduire à des réponses davantage démarquées.

Les difficultés relatives à la *NoS* que nous observons pourraient être liées à la faible prise en charge d'une réflexion épistémologique par les programmes d'enseignement des sciences suivis par les étudiants interrogés ainsi qu'à l'image des sciences et de l'individu qu'ils renvoient (Maurines *et al.*, 2013). Les programmes de PC et SVT du lycée laissent les objectifs d'enseignement relatifs à la *NoS* largement implicites et généraux. Ils véhiculent, de plus, l'idée d'une différence entre des pratiques qui seraient scientifiques et d'autres qui ne le seraient pas, en mettant l'accent sur les activités pratiques et expérimentales et les activités intellectuelles de type logique et critique, certains explicitant de plus une séparation stricte entre science et croyance au travers d'énoncé tel que « la connaissance objective et rationnelle doit être distinguée de l'opinion et de la croyance » (MENJVA, 2011).

L'étude présentée ici demande à être poursuivie. L'analyse thématique manuelle des verbatims pourrait être prolongée et une analyse textuelle informatique engagée. Un rapprochement des résultats obtenus sur les verbatims fournis aux deux questions pourrait être entrepris. Il en est de même d'un rapprochement de ces résultats avec les résultats à d'autres questions du questionnaire, les tests de corrélation proposés par SPHINX laissant envisager l'existence de relations significatives. Il s'agit en effet d'examiner ce que ces questions relatives à la démarcation permettent de mettre au jour comparativement aux questions centrées exclusivement sur les sciences.

Les résultats présentés ici restent exploratoires et à interroger, en premier lieu ceux portant sur la démarcation, car ils sont issus de l'analyse des réponses à deux questions faisant partie d'un questionnaire plus large non centré spécifiquement sur la comparaison des pratiques scientifiques à d'autres pratiques. La question se pose notamment de savoir ce qu'un questionnement centré sur

⁹ Pour plus de détails, cf. Maurines & Fuchs-Gallezot (2021a, 2021b).

le sujet qui s'engage dans différentes pratiques de production de connaissances permet de mettre au jour. Qu'auraient-ils été si nous avions proposé de comparer des pratiques et non des connaissances, et si nous avions formulé chaque question selon l'autre entrée (savoir *versus* individu) ?

L'étude présentée ici permet d'envisager un nouveau questionnaire et d'émettre des hypothèses sur la caractérisation réciproque de plusieurs pratiques. De nombreux points seront à examiner, le premier étant le choix des disciplines à comparer. Un autre concernera le questionnaire lui-même : comment construire un questionnaire qui permette de mieux saisir la façon dont les étudiants se représentent les caractéristiques des différentes pratiques, le caractère flou ou démarqué des frontières ? Comment construire un questionnaire qui permette de mieux saisir la façon dont les étudiants se représentent l'individu engagé dans différentes pratiques de connaissances dans différents contextes de vie ? Nous retenons de l'étude présentée ici l'intérêt de la comparaison qui oriente les étudiants vers l'explicitation de points communs et de différences et d'un questionnement ayant pour entrée l'individu, et en termes de possibles.

Les relations entre les sciences et les autres domaines/pratiques, notamment les religions, explicitées par les étudiants au cours de cette enquête interrogent à la fois l'impact des enseignements du secondaire sur la construction d'une vision des sciences en cohérence avec les objectifs éducatifs et citoyens des programmes et les enseignants de l'enseignement supérieur sur les modalités de formation de ces étudiants, non pas uniquement en sciences mais également sur les sciences. La diversité des réponses fournies par les étudiants révèle une forte hétérogénéité de la population et renforcent ces interrogations. Comment penser un enseignement des sciences qui assure explicitement un enseignement sur les sciences ? Quels choix de contenus et d'activités pour construire quelle(s) vision(s) des sciences ? Comment prendre en charge la diversité des représentations ? Comment former les enseignants à la prise en charge d'un enseignement de la *NoS* dans un tel contexte ? Ce sont autant de pistes de recherches qui méritent d'être explorées.

Références bibliographiques

- CARIOU Jean-Yves, 2015. « Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle », *Recherches en éducation*, 21, p. 12-33, <https://doi.org/10.4000/ree.7489>.
- COBERN William W., 2001. « The Thinking about Science Survey Instrument (TSSO): An Instrument for the Quantitative Study of Socio-Cultural Sources of Support and Resistance to Science », *Scientific Literacy and Cultural Studies Project*, 37, https://scholarworks.wmich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1036&context=science_slcsp (consulté le 17/11/2023).
- DENG Feng, CHEN Der-Thang, TSAI Chin-Chung & CHAI Ching Sing, 2011. « Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research », *Science Education*, 95 (6), p. 961-999, <https://doi.org/10.1002/sce.20460>.
- ERDURAN Sibel & DAGHER Zoubeida R., 2014. *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*, Dordrecht, Springer.
- GAULD Colin F., 2005. « Habits of Mind, Scholarship and Decision Making in Science and Religion », *Science & Education*, 14, p. 291-308, <https://doi.org/10.1007/s11191-004-1997-x>.
- GLAVEANU Vlad Petre, 2014. « Revisiting the “Art Bias” in Lay Conceptions of Creativity », *Creativity research journal*, 26 (1), p. 11-20, <https://doi.org/10.1080/10400419.2014.873656>.
- HANLEY Pam, BENNET Judith & RATCLIFFE Mary, 2014. « The Inter-relationship of Science and Religion: A typology of engagement », *International Journal of Science Education*, 36 (7), p. 1210-1229, <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.853897>.
- HANSSON Lena & REDFORS Andreas, 2007. « Physics and the possibility of a religious view of the universe: swedish upper secondary students'views », *Science & Education*, 16, p. 461-478, <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9036-8>.
- LAROCHELLE Marie & DÉSAUTELS, Jacques, 1992. *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants*, Bruxelles, de Boeck.
- MARTINAND Jean-Louis, 1986. *Connaître et transformer la matière*, Berne, Peter Lang.
- MAURINES Laurence, 2010. « L'enseignement des sciences face au fait religieux. Au-delà des savoirs : l'idée de science », in L. Maurines (éd). *Sciences et religions. Quelles vérités ? Quel dialogue ?* Paris, Vuibert, p. 346-377.
- MAURINES Laurence & FUCHS-GALLEZOT Magali, 2021a. « Science, art, philosophie. Étude exploratoire sur les représentations d'étudiants

- scientifiques de la spécificité des connaissances de différents domaines », in A. Jameau A. et J.-M. Boilevin (éd.), *Actualités des recherches en didactique des sciences et des technologies. Après les dixièmes rencontres* (Saint-Malo, 2018), Paris, Éditions de l'ARDiST, p. 135-149, https://ardist.org/wp-content/uploads/2021/04/ARDIST_2018.pdf (consulté le 17/11/2023).
- MAURINES Laurence & FUCHS-GALLEZOT Magali, 2021b. « Un scientifique peut-il être croyant ? Enquête exploratoire auprès d'étudiants entrant en première année d'étude universitaire en sciences », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, p. 31-58, <https://doi.org/10.4000/rdst.3893>.
- MAURINES Laurence, GALLEZOT Magali, RAMAGE Marie-Joëlle & BEAUFILS Daniel, 2013. « La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 7, p. 19-52, <https://doi.org/10.4000/rdst.674>.
- MAURINES Laurence, FUCHS-GALLEZOT Magali & RAMAGE Marie-Joëlle, 2016a. « Images des pratiques scientifiques d'étudiants entrant en première année d'études scientifiques à l'université Paris-Sud », *9 rencontres scientifiques de l'ARDiST* (Lens, 2016), <https://ardist2016lens.sciencesconf.org/82611.html> (consulté le 17/11/2023).
- MAURINES Laurence, FUCHS-GALLEZOT Magali & Ramage Marie-Joëlle, 2016b. « Exploring scientific French college freshmen's images of science: which positioning? », in J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (eds), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science Education Research: Engaging learners for a sustainable future*, Nature of science: history, philosophy and sociology of science/strand 6 (co-editors Mercé Izquierdo & Veli-Matti Vesterinen), Helsinki (Finland), University of Helsinki, ISBN 978-951-51-1541-6, p. 884-895, https://www.dropbox.com/s/mggt4vjjpgda2r6s/eBook2015_Part_6_links.pdf?e=1&dl=0 (consulté le 04/03/2024).
- MAURINES Laurence, FUCHS-GALLEZOT Magali & RAMAGE Marie-Joëlle, 2018. « Représentations des étudiants sur les scientifiques et les savoirs scientifiques : exploration des caractéristiques associées et de leurs spécificités », *Recherches en Éducation*, 32, p. 51-71, <https://doi.org/10.4000/ree.2266>.
- MENJVA (Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et de la Vie associative), 2011. « Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de physique-chimie. Classe terminale de la série scientifique. Enseignement spécifique », *Bulletin officiel spécial*, 8, 13 octobre 2011.
- MENJVA (Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et de la Vie associative), 2016. « Valeurs de la République et enseignement de

- physique-chimie », *Eduscol*, <https://eduscol.education.fr/document/17728/download> (consulté le 17 novembre 2023).
- MORIN Edgar, 1999. *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*, Paris, Seuil.
- ROLETTA Ezio, 1998. « La science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants », *Aster*, 26, p. 11-30, https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1998_num_26_1_1115 (consulté le 14/12/2023).
- ROTH Wolff-Michael & ALEXANDER Todd, 1997. « The interaction of students' scientific and religious discourses: two case studies », *International Journal of Science Education*, 19 (2), p. 125-146, <https://doi.org/10.1080/0950069970190201>.
- RUPHY Stéphanie, 2018. « Regards philosophiques sur la question de la démarcation entre science et non-science aujourd'hui », *Recherches en Éducation*, 32, p. 10-17, <https://doi.org/10.4000/ree.2236>.
- RYAN Alan G., 1987. « High-School Graduates' Beliefs about Science-Technology- Society. IV. The Characteristics of Scientists », *Science Education*, 71 (4), p. 489-510. <https://doi.org/10.1002/sce.3730710403>.
- SCANTELBURY Kathryn, 2014. « Gender Matters: Building on the Past, Recognizing the Present, and Looking Toward the Future », in N. G. Lederman & S. K. Abell (eds), *Handbook of Research on Science Education*, New York, Routledge, p. 187-203.
- SOLER Léna, 2009. *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipses.
- SOLER Léna, ZWART Sjoerd, LYNCH Michael & ISRAEL-JOST Vincent, 2014. *Science after the practice turn in the philosophy, history and social studies of science*, New York, Routledge.
- WOLFS José-Luis, 2013, *Sciences, religions et identités culturelles : quels enjeux pour l'éducation ?* Bruxelles, De Boeck.
- YASRI Pratchayapong, ARTHUR Shagufta, SMITH Mike U. & MANCY Rebecca, 2013. « Relating Science and Religion: An Ontology of Taxonomies and Development of a Research Tool for Identifying Individual Views », *Science & Education*, 22, p. 2679-2707, <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9623-4>.

Les processus créatifs en sciences et en arts

Samira BOURGEOIS-BOUGRINE & Todd LUBART

RÉSUMÉ

La créativité est considérée comme une des compétences clés du XXI^e siècle, à la fois sur le plan personnel, professionnel et sociétal. Elle se définit comme la capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel elle se manifeste. Ce chapitre se focalise sur les étudiants en ingénierie (ENSAM) et en écriture scénaristique (FEMIS) lors de la réalisation de projets créatifs dans le cadre de leurs études. Ce chapitre aborde les éléments suivants : 1) définition de quelques concepts clés ; 2) méthodologie d'évaluation par carnet de suivi ; 3) processus créatifs repérés chez les deux populations d'étudiants ; 4) impact de la formation à la créativité chez les étudiants ingénieurs. En particulier, l'analyse quantitative et qualitative des carnets de bord des étudiants de la FEMIS et de l'ENSAM montre l'existence de différences et de similitudes entre les deux populations d'étudiants, voire même au sein de chaque groupe. Ces différences processuelles peuvent donner lieu à des programmes pédagogiques adaptés au développement de la créativité, par champ disciplinaire et par profil individuel. Nous concluons le chapitre par les perspectives de recherches et d'applications.

MOTS-CLÉS : créativité, processus, différences individuelles, science, art

La créativité est considérée comme une des compétences clés du XXI^e siècle, à la fois sur le plan personnel, professionnel et sociétal. Elle se définit comme la capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel elle se manifeste. En termes plus simples, la créativité est le fait de générer des idées tandis que l'innovation est l'action de les concrétiser. Alors que la notion d'intelligence met l'accent sur les capacités d'analyse, l'utilisation de connaissances préalables et la résolution de problèmes via l'utilisation de procédures routinières, la résolution créative d'un problème suppose l'habileté à faire des connexions non évidentes

et la capacité de générer de nouvelles solutions jusque-là inconnues (Lubart *et al.*, 2003, 2013 ; Sternberg, 1997).

Selon un rapport de l'OCDE sur les politiques d'innovation :

trouver de nouvelles idées et avoir la volonté de remettre en question les idées ne figurent pas parmi les compétences les plus développées par l'enseignement supérieur en France : les professionnels français considèrent que leur formation a davantage développé leur pensée critique... mais a moins développé leur capacité à trouver des nouvelles idées et solutions. (OCDE, 2014 : 104)

Il convient toutefois de noter que les universités sont de plus en plus amenées à mettre en œuvre des programmes qui favorisent la résolution créative de problèmes chez les étudiants des écoles d'ingénieurs, d'architecture, de commerce, etc. en s'inspirant d'approches mobilisées ailleurs (Baillie, 2002 ; Care *et al.*, 2012). L'objectif de ces programmes n'est pas de transformer les étudiants en artistes mais de les entraîner à créer et innover en considérant un ensemble de données ou un problème sous une nouvelle perspective.

Mais qu'en est-il de l'efficacité de ces programmes ? Est ce qu'il y a des similitudes et des différences dans la nature des processus créatifs impliqués en sciences et en arts ? Afin de proposer une tentative de réponse à ces questions, nous allons nous appuyer, entre autres, sur des données issues d'un projet de recherche financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR-CREAPRO : *Empirical study of the creative process across domains*). Ce projet avait pour objectif de décrire et de proposer des modèles du processus créatif de personnes reconnues pour leur créativité et d'étudiants de domaines d'activité associés aux sciences, tels que l'ingénierie et le design, et de domaines considérés comme artistiques, tels que l'art plastique, l'écriture scénaristique et la musique.

Ce chapitre se focalise sur les étudiants en ingénierie et en écriture scénaristique lors de la réalisation de projets créatifs dans le cadre de leurs études. Il aborde les éléments suivants : 1) définition de quelques concepts clés ; 2) méthodologie d'évaluation par carnet de suivi ; 3) processus créatifs repérés chez les deux populations d'étudiants ; 4) impact de la formation à la créativité chez les étudiants ingénieurs. Nous concluons le chapitre par les perspectives de recherches et d'applications.

Cadre théorique

Définitions

La pensée créative requiert une combinaison particulière de facteurs à la fois cognitifs (par exemple : la pensée divergente, la pensée analytique, la flexibilité mentale, la pensée associative, la combinaison sélective) et conatifs (par exemple : la tolérance à l'ambiguïté, la prise de risque ou propension à oser, l'ouverture, la pensée intuitive, la motivation à la création). Selon l'approche multivariée, le potentiel créatif est le résultat des effets juxtaposés de plusieurs ressources distinctes, spécifiques et cumulables telles que les aptitudes intellectuelles, les connaissances, les traits de personnalité, les motivations, les émotions, les environnements physiques ou sociaux (Sternberg & Lubart, 1995 ; Lubart, 1999 ; Lubart *et al.*, 2003 ; Lubart *et al.*, 2013). Le potentiel créatif demeure latent jusqu'à ce qu'il soit sollicité dans une activité créative se déroulant dans un environnement favorable.

Le processus créatif se réfère à la séquence de pensées et d'actions impliquées dans la production d'un travail qui est nouveau ou original, et utile ou adapté par rapport aux contraintes de la tâche. Des travaux antérieurs suggèrent l'existence de certaines étapes de base et de phases dans la pensée jouant un rôle dans le processus créatif. Les écrits introspectifs d'éminents scientifiques comme Poincaré et Helmholtz sont une des sources d'information concernant le processus créatif. Leur lecture a permis à Wallas de proposer en 1926 un modèle du processus créatif à quatre étapes qui reste une référence dans le domaine : préparation, incubation, illumination, vérification. Depuis, plusieurs autres modèles ont vu le jour, introduisant des modifications et améliorations du modèle de Wallas (pour une synthèse, se référer à Lubart 2001). Ainsi, le modèle de résolution créative de problème (*Creative Problem Solving* ou CPS), introduit dans les années 1950 par Alex Osborn, comprend, selon les versions, entre six et huit étapes réparties dans quatre grandes phases (figure 1) : compréhension des problèmes, génération d'idées, planification et exécution des solutions, suivi et vérification des résultats. Selon ce modèle, compte tenu du fait que les problèmes nécessitant une résolution créative sont inédits, complexes et mal structurés, la première étape consiste à définir le problème (Mumford

& McIntosh, 2017). Cette définition fournit la base de la collecte d'informations qui, à son tour, permet de sélectionner les concepts, ou les cas, qui pourraient être utilisés pour comprendre le problème. La combinaison ou la réorganisation de ces concepts par les intéressés leur permet de générer de nouvelles idées. Une fois les idées évaluées, elles seront utilisées pour formuler des plans de mise en œuvre. L'exécution de ces plans d'une manière adaptative et opportune donnera lieu à des solutions créatives aux problèmes. Des opérations de divergence et convergence sont nécessaires dans l'exécution de ce processus avec des boucles de rétroactions si les résultats sont jugés inadéquats. Ainsi le processus créatif est dynamique, itératif et implique plusieurs étapes.

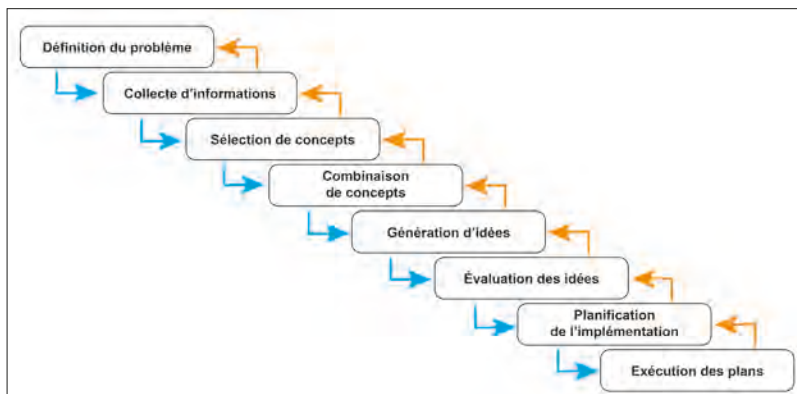


Figure 1 – Modèle de résolution créative de problèmes.

Source : adapté de Mumford & McIntosh, 2017.

Méthodes et outils pour générer et développer la créativité

Au cours des dernières décennies, plusieurs programmes de formation à la créativité ont été proposés sous de nombreuses formes, avec des contenus et des méthodes d'enseignement variés. Smith (1998) a identifié 172 méthodes de génération d'idées rapportées dans la littérature, allant de simples questions comme « Et si... » à des méthodologies plus élaborées comme Synectics. Leur efficacité a été remise en question par certains chercheurs en raison de problèmes de validité externe et interne (pour une discussion sur l'efficacité des

formations à la créativité, voir Scott *et al.*, 2004). Avec plus de 300 méthodes distinctes, voire plus, développées chaque année (Roschuni *et al.*, 2015), il est nécessaire non seulement de classer clairement et d'organiser ces méthodes, mais également d'évaluer l'efficacité et la maîtrise de leur utilisation.

Nous présenterons ci-dessous une étude qui a visé à relever certains de ces défis. Il s'agit d'une étude qui a concerné des étudiants en ingénierie formés aux techniques de créativité et de développement en préalable à un projet de conception. La formation était basée sur une approche globale de la conception de produits, appelée New Product Design (Aoussat, Christofol & Le Coq, 2000). Elle propose une riche boîte à outils de conception et de développement divisée en quatre étapes mobilisables une fois que le besoin a été identifié. La boîte à outils de l'ingénieur comprend des techniques de créativité de base telles que le *brainstorming* (Osborn, 1993) et ses variantes, la purge du cerveau¹, les analogies ou les inversions de problèmes (Van Gundy, 2005), le *mind-mapping* (Buzan & Buzan, 1991), etc. La phase de créativité aboutit à une multiplicité d'idées et de concepts qui sont ensuite triés et classés à l'aide de matrices multicritères, qui incluent les indicateurs clés de performance issus de la spécification des fonctions. Des méthodes de créativité plus spécifiques, telles que TRIZ², peuvent également être utilisées pour modéliser des problèmes techniques/physiques et trouver des solutions inventives.

Par ailleurs, la boîte à outils de l'étudiant ingénieur contient d'autres « instruments » de développement consacrés à la conception détaillée et à la matérialisation du concept : architecture du produit, qui est parfois modélisée à l'aide de diagrammes SADT (*Structured Analysis and Design Technique*), APTE (Application aux Techniques d'Entreprise), et/ou FAST (*Function Analysis System Technique*), choix des composants techniques et des matériaux, conception de la maquette, lien produit-processus, conception assistée par ordinateur, etc. Enfin, la solution produite, les processus associés et les moyens de production peuvent être évalués au moyen

¹ Voir *infra* p. 174.

² TRIZ est une théorie systématique de la conception développée en premier par Altshuller (1984) pour contourner les biais de raisonnement du concepteur dans la résolution de problème. Le terme est l'acronyme russe de *Teoriya Resheniya Izobretateliskih Zadatch*, soit « théorie de résolution des problèmes inventifs ».

d'une AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité).

Évaluation des processus créatifs chez les étudiants

Méthodologie adoptée

Dans le cadre de l'étude des étapes qui conduisent à une production créative dans divers domaines d'activité, il est intéressant de vérifier l'hypothèse que ces divers domaines pourraient partager des aspects communs du processus créatif, mais également se différencier par certaines spécificités. De plus, des similitudes de termes et de pratiques de production créative peuvent être aussi observées dans ces différents domaines, ce qui est en faveur d'un *pattern* général de créativité.

Afin de vérifier ces hypothèses, le suivi par carnet sur plusieurs jours, voire semaines, de travail reste une des approches populaires. Cette approche a été appliquée récemment par notre équipe afin d'analyser les chemins les plus fréquemment empruntés entre les étapes du processus créatif chez des étudiants et les facteurs multivariés associés à chaque étape (Botella & Lubart, 2016). Afin d'élaborer ces carnets de suivi, une première série d'études a été réalisée consistant à s'entretenir avec des professionnels reconnus pour leur créativité dans leur domaine (prix, expositions, etc. dans les domaines des arts plastiques, d'écriture d'un script de film, de musique, d'ingénierie et de design). Le contenu de ces interviews a été analysé et les résultats ont permis de lister les étapes impliquées dans le processus créatif par domaine et de les définir de façon précise selon le domaine (encadré 1).

Encadré 1 : Les étapes du processus créatif

Définitions des étapes du processus créatif communes aux deux populations dans les premières phases du projet créatif :

- Définir : focaliser, explorer le thème, les objectifs, besoin de créer, ambition de s'exprimer (autobiographie, motivation), défi.
- Questionner : auto-réflexion, dialogue avec l'œuvre, réfléchir, comprendre.
- Documenter : être attentif, avoir le projet toujours en tête, emmagasiner, flâner, accumuler, imprégnation, collecter des infos, réceptivité, disponibilité, observation, sensibilité, éveil.
- Contraintes : contourner et définir les contraintes, repérer la demande du client, fixer soi-même les contraintes, les règles, les critères.

Définitions des étapes du processus créatif communes aux deux populations dans les dernières phases du projet créatif :

- Réaliser : transposer, concrétiser, illustrer, produire, composer, mettre en forme, action, appliquer, mise en œuvre.
- Finaliser : finaliser, retoucher, mettre au propre, terminer, justifier, expliquer son travail, exposer.
- Associer : sciences : combiner des solutions, des fonctions, des idées, faire des analogies, associer des idées / art : association, résonance, jeux de formes, de matières, de significations, imagination, rêverie, analogies.

Cette première étape a servi de base à l'élaboration des carnets de suivi d'étudiants avancés dans leurs études relevant de ces cinq mêmes domaines et engagés dans des projets créatifs durant plusieurs sessions (sur plusieurs semaines). Leurs productions étaient des sculptures, scripts de film, compositions musicales, solutions d'ingénierie, et réalisations ou posters de design. Au fur et à mesure que les étudiants travaillaient, ils remplissaient un cahier d'observation structuré retraçant leurs activités de production et de pensée. Le carnet de suivi était constitué de plusieurs feuillets, comprenant chacun un ensemble de questions fermées et une zone de commentaire libre à renseigner au cours et après chaque séance hebdomadaire de travail. Les questions étaient les mêmes d'une semaine à l'autre. Concrètement, le

suivi par carnet des étudiants a consisté à collecter quatre types de données à la fin de chaque semaine :

- Réponses à des questions fermées portant sur :
 - les étapes réalisées lors du processus créatif. Il s’agissait pour les étudiants de sélectionner en « cochant » la ou les étapes(s) réalisée(s) parmi une liste de treize à quatorze étapes. Ces dernières étaient présentées avec leurs définitions dans un tableau ;
 - les facteurs cognitifs, conatifs, sociaux et émotionnels influençant le processus créatif. Les étudiants devaient les évaluer sur une échelle variant entre 1 (pas du tout) et 5 (tout à fait).
- Réponses à des questions ouvertes concernant les objectifs fixés, l’état d’avancement du projet, l’apprentissage réalisé, les facteurs qui ont facilité ou entravé le travail ainsi que le vécu émotionnel.
- Une zone libre de commentaire (une ou deux pages blanches) utilisée par les étudiants pour développer leurs concepts, faire des dessins, ajouter des commentaires personnels, expliciter les étapes des méthodes de créativité et développement utilisées ainsi que le résultat de chaque séance de créativité (schémas, mindmap, nombre de pages écrites, etc.). Les étudiants étaient libres de choisir les méthodes de développement et ou de créativité qu’ils estimaient les plus appropriées par rapport à leurs objectifs et travail à réaliser lors de la séance hebdomadaire.

Ces cahiers ont été qualitativement et quantitativement analysés et des études contrastées ont été réalisées entre des étudiants dont le travail était jugé hautement créatif et des étudiants dont le travail n’était pas reconnu comme spécialement créatif. Le jugement du caractère créatif des productions a été élaboré par des experts dans chaque domaine en termes d’originalité, d’adaptabilité et d’utilité. Des analyses descriptives (fréquences, moyennes, etc.) et statistiques (corrélations et analyses de variance) ont été réalisées sur les données des questions fermées des carnets d’évaluation. Plus d’informations sur les analyses menées peuvent

être trouvées dans nos publications sur le sujet (Bourgeois-Bougrine *et al.*, 2017 : 15 ; Bourgeois-Bougrine & Glâveanu, 2018).

Population

Un échantillon de 27 étudiants en dernière année d'école d'ingénieur (ENSAM³) âgés en moyenne de 23 ans ont pris part à l'étude. L'échantillon comprenait majoritairement des étudiants de sexe masculin (23 étudiants, soit 85 %). Ils ont eu pour consigne de produire six fiches de concepts d'innovation autour d'un même produit en huit semaines. Sur le plan créatif, la tâche était assez difficile, car les six concepts de produit devaient respecter des contraintes fonctionnelles d'implantation et de fabrication et étaient à des horizons différents : deux à court terme (< 1 an), deux à moyen terme et deux à long terme (> 10 ans).

Dans le cadre de leur formation initiale, ces étudiants ont été initiés aux techniques de créativité et de développement pendant tout un semestre (150 heures). Lors de notre étude, ils ont eu la possibilité de choisir et d'appliquer plusieurs de ces méthodes pour mener à bien leur projet conceptuel.

Pour ce qui concerne le domaine des arts, six étudiants de la FEMIS⁴ devaient écrire, en huit semaines, un scénario long-métrage de fiction à partir d'un sujet précis, identique pour tout le monde. L'échantillon, représentant toute la promotion de l'année de l'étude, comprenait quatre étudiantes et deux étudiants, âgés de 23 à 28 ans. Le faible nombre de participants est lié au nombre limité d'étudiants accepté par la FEMIS. À partir de ce sujet, les étudiants avaient une liberté totale de genre, de

³ L'ENSAM : l'École nationale supérieure d'arts et métiers, créée en 1780 par le duc de La Rochefoucauld Liancourt a pour mission principale la formation initiale d'ingénieurs généralistes aux disciplines du génie mécanique, du génie énergétique et du génie industriel.

⁴ La FEMIS : la Fondation Européenne pour les Métiers de l'Image et du Son a été créée en 1986. Elle a fusionné en 1988 avec l'IDHEC (Institut Des Hautes Études Cinématographiques fondée en 1943) et devient l'École Nationale Supérieure des Métiers de l'Image et du Son. Elle est accessible sur concours à bac+2 et assure un enseignement technique, artistique et culturel consacré aux métiers du cinéma et de l'audiovisuel.

ton, ou de forme du scénario. Des séances de travail collectives animées par un scénariste professionnel ont été organisées les quatre premières semaines.

Résultats : similitudes et différences des processus créatifs chez les étudiants

L'analyse quantitative et qualitative des carnets de bord des étudiants de la FEMIS et de l'ENSAM montre l'existence de différences et de similitudes entre les deux populations d'étudiants, voire même au sein de chaque groupe.

Les principales différences entre les deux populations d'étudiants s'observent au niveau global de citations des différentes étapes du processus créatif. Ces étapes décrites ci-après indiquent une forte préoccupation par la gestion des contraintes chez les étudiants ingénieurs et plutôt un penchant marqué pour l'expérimentation et l'essai de différentes idées chez les étudiants écrivains. En effet, les trois principales étapes les plus fréquemment citées par les étudiants ingénieurs et écrivains diffèrent avec respectivement plus de citations pour la gestion des contraintes, association des idées et illumination d'une part et expérimenter, documenter et converger d'autre part (figure 2) :

- Contraintes : contourner et définir les contraintes, repérer la demande du client, fixer soi-même les contraintes, les règles, les critères.
- Expérimenter : curiosité, essayer différentes idées, modifier, manipuler, tester, modifier, essais, jouer, flexibilité, adaptabilité, croquis.
- Documenter : être attentif, avoir le projet toujours en tête, emmagasiner, flâner, accumuler, imprégnation, collecter des infos, réceptivité, disponibilité, observation, sensibilité, éveil.
- Converger : cristalliser, prototypage, visualisation, structuration, ordre, esprit logique, enchaînement, contrôle, organiser.
- Illuminer : art : « Tiens j'ai une idée », apparition d'une idée, tomber brusquement sur une idée / sciences : rechercher des solutions, résoudre des problèmes, trouver des idées, utiliser des outils de créativité (TRIZ), etc.

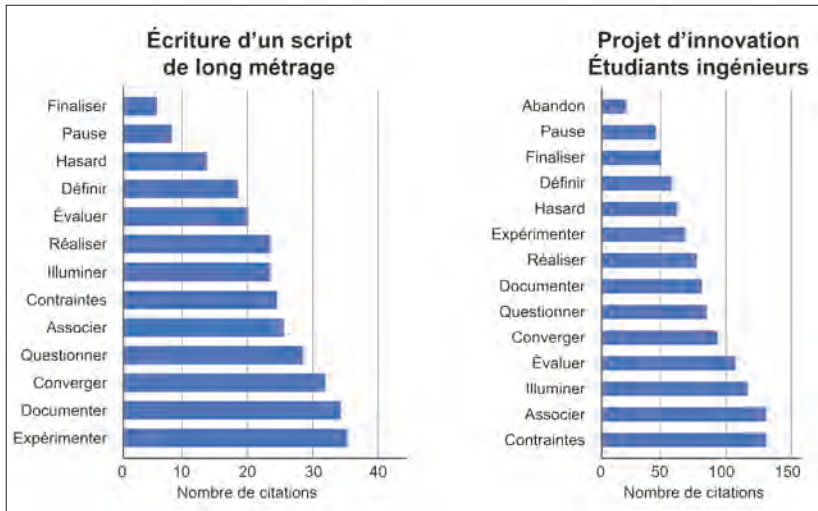


Figure 2 – Citations des différentes étapes du processus créatif sur la période de huit semaines (six étudiants en écriture scénaristique et 27 étudiants en projet d'innovation).

Source : Adapté de Bourgeois-Bougrine et al., 2017 ; Bourgeois-Bougrine & Gläveanu, 2018.

Concernant les similitudes, on peut citer la prévalence de certaines étapes au début du processus créatif qui témoignent en faveur d'un *pattern* général de créativité notamment dans les premières phases de créativité (figure 3). Ces étapes comprennent la définition du problème, la recherche de documentation, la prise en compte des contraintes, le questionnement. Les définitions de ces étapes du processus créatif sont présentées dans l'encadré 1.

Les dernières phases du projet sont principalement consacrées à « Réaliser ; Finaliser ; Associer ». Toutefois, il convient de noter que certains étudiants ingénieurs (20 %) ont déclaré avoir finalisé leur projet très tôt (semaines 1 à 6). Ceci fera l'objet d'une discussion dans la section suivante.

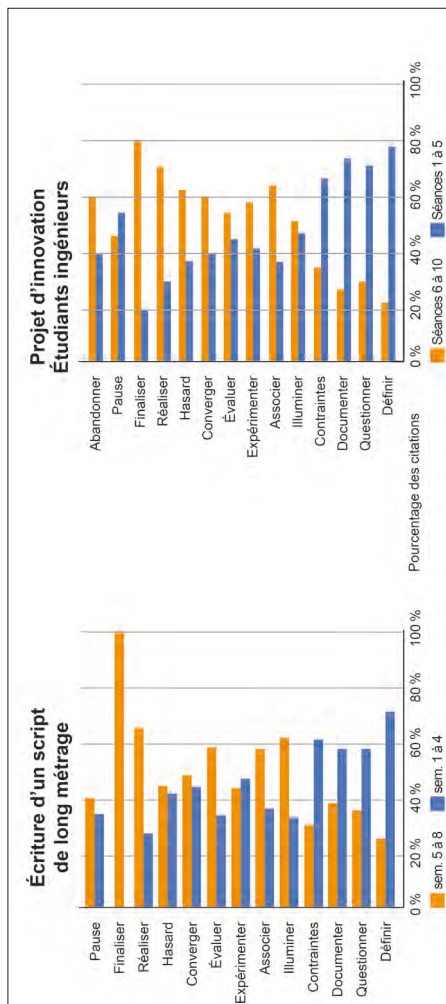


Figure 3 – Comparaison entre les pourcentages de citations de chaque étape du processus entre les premières séances (en bleu) et les dernières séances (en orange) de projet.

Source : Adapté de Bourgeois-Bougrine et al., 2017 ; Bourgeois-Bougrine & Glăveanu, 2018.

Évaluation de la formation à la créativité : cas des étudiants ingénieurs

La créativité étant devenue une compétence indispensable pour les ingénieurs et une partie de leur formation de base, l'un des défis de la formation en ingénierie est de fournir aux étudiants une bonne compréhension de la créativité et des outils de développement. Comme indiqué plus haut, nous avons eu l'occasion d'évaluer l'efficacité de certains de ces outils lors du projet de conception de produit réalisé par les 27 étudiants de l'ENSAM (Bourgeois-Bougrine *et al.*, 2017).

Même si tous les étudiants avaient reçu la même formation en créativité et innovation, il a été observé d'importantes différences interindividuelles dans les étapes du processus de création, dans leurs performances ainsi que dans la nature et l'efficacité des outils de créativité et de développement utilisés. Les étudiants les plus créatifs, appelés C+, ont élaboré des concepts uniques et originaux ; ils ont utilisé plus d'outils de créativité que les étudiants moins créatifs, appelés C- et ont fourni un effort soutenu pour trouver des solutions originales et ce pendant les huit semaines du projet. Leurs témoignages à la fin du projet montrent qu'ils ont été agréablement surpris d'avoir été si créatifs et de constater l'efficacité des outils et techniques de créativité employées ; ceci reflète un manque de sentiment d'auto-efficacité⁵ quand il s'agit de sortir des sentiers battus et de confiance dans l'intérêt des outils de créativité. Ils se sont engagés tout au long des dix séances dans un processus alliant expérimentation, association, évaluation et mise en œuvre, en utilisant les *mind-map*, les analogies, les personas et / ou le *brainstorming*. Les étudiants les moins créatifs (C-) se sont engagés dans une réflexion très analytique, une structuration du projet et une gestion des contraintes. Ils avaient trouvé leurs six solutions assez vite et se plaignaient de devoir compléter le processus en huit semaines (tout en continuant à y investir du temps et de l'énergie pour mener à bien leur tâche).

⁵ La théorie de l'auto-efficacité, élaborée par le psychologue canadien Albert Bandura (Bandura, 1997), constitue la croyance qu'à un individu en sa capacité de réaliser une tâche. Plus grand est le sentiment d'auto-efficacité, plus élevés sont les objectifs qu'il s'impose et son engagement dans leur poursuite.

Ce besoin, chez le groupe C-, de finir la tâche rapidement en considérant les premières idées trouvées (même si elles n'étaient pas très originales), nous a conduits à envisager, comme explication, la théorie du besoin de clôture qui reste à vérifier dans nos futures études (« *need for closure* », NFC). Le NFC fait référence au désir d'obtenir une réponse ferme et immédiate afin d'éviter l'inconfort et l'ambiguïté (« *seize and freeze* ») (Kruglanski, 1990, 2004 ; Van Hiel & Mervielde, 2003). Les individus ayant un score NFC élevé éprouvent souvent le besoin de parvenir rapidement à une conclusion, ont un esprit de fermeture, préfèrent la « prédictivité » et ont une aversion pour l'ambiguïté et la confusion. Une fois convaincus de la solution qu'ils ont choisie, ils sont moins enclins à explorer diverses alternatives, limitant ainsi la diversité des idées, entraînant une faible performance créative (Chirumbolo *et al.*, 2004). Une façon de surmonter la tendance à « *seize and freeze* » sur les premières idées qui viennent à l'esprit est d'ouvrir l'esprit potentiellement créatif des individus ayant un fort besoin de clôture en les sensibilisant d'abord à des idées non créatives. Il s'agit de faire une « purge » qui consiste à rappeler ou lister d'abord les idées conventionnelles relatives à un problème donné afin de ne pas les reproduire (Ong & Leung, 2013).

Lors du démarrage du projet, les étudiants C+ avaient « résumé » les contraintes du cahier des charge en quelques limitations-clés à prendre en compte, les réinterprétant et les reformulant et oubliant apparemment plusieurs contraintes. Cette approche des contraintes est similaire au concept d'élimination mentale des contraintes, utilisé par les concepteurs ou designers expérimentés, ignorant les contraintes les plus restrictives pour ouvrir le champ des possibles (comme cela a été observé lors de la conception des équipements médicaux jetables, Onarheim, 2012). Au contraire, les étudiants C- ont appliqué une approche très structurée sur les dix séances en respectant strictement les spécifications et les contraintes du cahier des charges, voire à en rajouter !

Concernant la nature des méthodes utilisées, les deux groupes d'étudiants, C+ et C-, ont utilisé des méthodes structurées et rationnelles, telles que TRIZ, FAST, SDAT, APTE et IRAD (pour une présentation détaillée de ces méthodes se référer à Bourgeois-Bougrine *et al.*, 2017). Cette approche structurée s'est traduite par une simple reformulation du cahier des charges. Cependant, les étudiants ont indiqué que cela les avait aidés à clarifier le

problème et à mieux comprendre les fonctions et les contraintes, et qu'ils se sentaient « prêts à démarrer ». Comme cela a été observé avec TRIZ, FAST, SADT, APTE et IRAD, la majorité (78 %) des étudiants ayant appliqué l'analyse fonctionnelle n'a pas proposé de concepts uniques ou originaux. Cette constatation ne doit pas être considérée comme une preuve impliquant que ces méthodes n'ont aucune valeur dans la conception du produit, mais qu'elles devraient être utilisées pour comprendre les raisons et les implications pour les futures formations. Nous avons plutôt émis l'hypothèse que cela pourrait être lié au concept du besoin personnel de structure (PNS). Selon Neuberger et Newsom (1993), le PNS est associé à une préférence pour des situations bien ordonnées et à un besoin chronique de réduire la charge cognitive de la réalité complexe. Une étude récente (Rietzschel *et al.*, 2014) a montré que la créativité des participants ayant un fort besoin de structure s'améliorait lorsqu'ils recevaient un plan général pour mener à bien une tâche créative. Cependant, une tâche très structurée et très contraignante (qu'ils choisissent activement d'adopter lorsqu'ils ont le libre choix) limite leur performance créative. Cela est conforme à l'hypothèse selon laquelle « sans contraintes, il ne peut y avoir de créativité ... mais peu ou trop de contraintes peut avoir un impact négatif sur la créativité » (Onarheim, 2012 : 324).

Conclusion

L'évaluation des processus créatifs en sciences et en arts par carnet de suivi a permis de mettre en évidence des séquences spécifiques d'activités. En effet, les premières phases de travail se caractérisent par le besoin de comprendre la demande, de cadrer le problème et définir le sujet.

Ce travail a des retombées directes sur les formations visant à développer la créativité, retombées importantes dans de nombreux secteurs de travail. Les résultats de cette recherche pourraient notamment être utiles aux enseignants afin de développer la créativité dans leurs classes à partir de programmes individualisés de pédagogie différenciée se basant sur les éléments dont une personne a le plus besoin. L'approche que nous souhaitons promouvoir, le développement de programmes d'entraînement à la créativité dans le contexte éducatif, doit reposer à la fois sur le modèle du déficit et celui des barrières ou inhibitions (Ripple, 1999). Le modèle de déficit suppose que les aptitudes et les compétences créatives ne sont pas présentes dans le

répertoire comportemental de l'individu. Elles doivent être acquises par la formation. Cela implique d'identifier les composantes de la capacité créative, puis d'intégrer des techniques de créativité pour améliorer ces compétences dans les programmes d'enseignement ou lors d'exercices. Le second modèle, suppose que le potentiel de créativité est inhérent à l'arsenal comportemental de l'individu. Les procédures pédagogiques visent à sensibiliser les personnes à leur propre créativité et à éliminer les obstacles à l'expression de leur nature créative. Il s'agit le plus souvent d'essayer d'éliminer les facteurs qui pourraient bloquer ou inhiber l'expression de leur créativité en agissant sur des éléments du domaine affectif comme, par exemple, les attitudes, les intérêts ou la motivation. Liu et Schönwetter (2004) ont souligné que les obstacles à la créativité comprennent : la peur de l'échec (ne pas prendre de risques et se contenter du minimum possible afin d'éviter d'avoir honte en cas d'échec) ; l'évitement de la frustration (céder trop tôt face aux obstacles afin d'éviter la frustration ou l'inconfort) ; la peur de l'inconnu et l'évitement des situations peu claires ou ambiguës (besoin de connaître l'avenir avant d'aller de l'avant) ; la réticence à exercer une influence (c'est-à-dire éviter d'avoir un comportement insistant de peur de sembler agressif ; l'hésitation à défendre ce en quoi l'on croit ou l'échec à se faire entendre) ; la myopie vis-à-vis des ressources (ne pas être conscient de ses propres forces et l'importance des ressources sociales et matérielles dans son environnement) et enfin la réticence à jouer ou à expérimenter de peur de paraître ridicule ou stupide.

Compte tenu des observations concernant les processus créatifs chez les étudiants ingénieurs, il conviendrait de trouver une approche qui permette d'optimiser le sentiment d'auto-efficacité tout en prenant en compte le besoin de structure à travers l'adoption d'une approche pragmatique, concrète et pratique de la créativité et de l'innovation.

Références bibliographiques

- ALTSHULLER Genrich S., 1996. *And suddenly the inventor appeared*, Worcester, Technical Innovation Center.
- AOUSSAT Améziane, CHRISTOFOL Hervé & LE COQ Marc, 2000. « The new product design – A transverse approach », *Journal of Engineering Design*, 11, p. 399-417.

- BAILLIE Caroline, 2002. « Enhancing creativity in engineering students », *Engineering Science and Education Journal*, 11, p. 185-192, <https://doi.org/10.1049/esej:20020503>.
- BANDURA Albert, 1997. *Self-efficacy: The exercise of control*, New York, Freeman.
- BOTELLA Marion & LUBART Todd, 2016. « Creative processes: Art, design and science », in G. E. Corazza & S. Agnoli, *Multidisciplinary contributions to the science of creative thinking*, Singapore, Springer, p. 53-65.
- BOURGEOIS-BOUGRINE Samira & GLĂVEANU Vlad P., 2018. « Collaborative Scriptwriting: social and psychological factors », in T. Lubart, *The Creative Process*, London, Palgrave Macmillan, p. 123-154.
- BOURGEOIS-BOUGRINE Samira, BUISINE Stéphanie, VANDENDRIESSCHE Claire, GLĂVEANU Vlad P. & LUBART Todd, 2017. « Engineering students' use of creativity and development tools in conceptual product design: what, when and how? », *Thinking Skills and Creativity*, 24, p. 104-117, <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.02.016>.
- BUZAN Tony & BUZAN Barry, 1991. *The Mind Map Book*, London, Penguin Books.
- CARE Leo, JARY Daniel & PARNELL Rosie, 2012. *Healthy design, creative safety*, Norwich, HSE Books.
- CHIRUMBOLO Antonio, LIVI Stefano, MANNETTI Lucia, PIERRO Antonio & KRUGLANSKI Arie W., 2004. « Effects of need for closure on creativity in small group interactions », *European Journal of Personality*, 18, p. 265-278, <https://doi.org/10.1002/per.518>.
- KRUGLANSKI Arie W., 1990. « Lay epistemic theory in social-cognitive psychology », *Psychological Inquiry*, 1, p. 181-197, https://doi.org/10.1207/s15327965pli0103_1.
- KRUGLANSKI Arie W., 2004. *The psychology of closed mindedness*, New York, NY, Psychology Press, p. 5-31.
- LIU Zhiqiang & SCHÖNWETTER Dieter, 2004. « Teaching Creativity in Engineering Education », *International Journal of Engineering Education*, 20 (5), p. 801-808, https://minas.medellin.unal.edu.co/images/iei/recursos/docencia_en_ingenieria/Teaching_Creativity_in_Engineering_Education.pdf (consulté le 19/11/2023).
- LUBART Todd I. 1999. « Componential models of creativity », in M. A. Runco & S. Pritzler (eds), *Encyclopedia of creativity*, New York, NY, Academic Press, p. 295-300.

- LUBART Todd I, 2001. « Models of the creative process: Past, present and future », *Creativity Research Journal*, 13 (3-4), p. 295-308, https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1334_07.
- LUBART Todd, MOUCHIROUD Christophe, TORDJMAN Sylvie, & ZENASNI Franck, 2003. *Psychologie de la créativité*, Paris, Armand Colin.
- LUBART Todd, ZENASNI Franck & BARBOT Baptiste, 2013. « Creative Potential and its Measurement », *International Journal for Talent Development and Creativity*, 1 (2), p. 41-51, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1301375.pdf> (consulté le 19/11/2023).
- MUMFORD Michael D., & MCINTOSH Tristan, 2017. « Creative thinking processes: The past and the future », *The Journal of Creative Behavior*, 51 (4), p. 317-322.
- NEUBERG Steven L. & NEWSOM Jason T., 1993. « Personal Need for Structure: Individual differences in the desire for simpler structure », *Journal of Personality and Social Psychology*, 65, p. 113-131.
- OCDE, 2014. *Examens de l'OCDE des politiques d'innovation : France, 2014*, Paris, Éditions OCDE, <https://doi.org/10.1787/9789264214019-fr>.
- ONARHEIM Balder, 2012. « Creativity from constraints in engineering design: lessons learned at Coloplast », *Journal of Engineering Design*, 23 (4), p. 323-336.
- ONG Lay See & LEUNG Angela K.-Y., 2013. « Opening the creative mind of high need for cognitive closure individuals through activation of uncreative ideas », *Creativity Research Journal*, 25 (3), p. 286-292, <https://doi.org/10.1080/10400419.2013.813791>.
- OSBORN Alex F., 1993. *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem-Solving*, Buffalo, Creative Education Foundation (3rd ed.).
- RIETZSCHEL Eric F., SLIJKHUIS Marjette J. & VAN YPEREN Nico W. 2014. « Task structure, need for structure, and creativity », *European Journal of Social Psychology*, 44, p. 386-399, <https://doi.org/10.1002/ejsp.2024>.
- RIPPLE Richard E., 1999. « Teaching Creativity », in M.A. Runco, & S. R. Pritzker (eds), *Encyclopedia of Creativity*, 2, Academic Press, p. 629-638.
- ROSCHUNI Celeste, KRAMER Julia, ZHANG Qian, ZAKSKORN Lauren & AGOGINO Alice, 2015. « Design talking: an ontology of design methods to support a common language of design », International Conference on Engineering Design (Milan, 27-30 July 2015), *AI EDAM*, 27 (2), p. 143-154.

- SCOTT Ginamarie, LERITZ Lyle E. & MUMFORD Michael D., 2004. « The effectiveness of creativity training: a quantitative review », *Creativity Research Journal*, 16 (4), p. 361-388, <https://doi.org/10.1080/10400410409534549>.
- SMITH Gerald F., 1998. « Idea generation techniques: A formulary of active ingredients », *Journal of Creative Behavior*, 32, p. 107-134.
- STERNBERG Robert J., 1997. *Successful intelligence: how practical and creative intelligence determine success in life*, New York, NY, PlumeBooks.
- STERNBERG Robert J. & LUBART Todd I., 1995. *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*, New York, Free Press.
- VAN GUNDY Arthur B., 2005. *101 activities for teaching creativity and problem solving*, San Francisco, John Wiley & Sons.
- VAN HIEL Aalin & MERVIELDE Ivan, 2003. « The need for closure and the spontaneous use of complex and simple cognitive structures », *The Journal of Social Psychology*, 143 (5), p. 559-568.

Activité artistique - Activité scientifique

Des frontières réinterrogées sous le signe de l'esthétique

Alain KERLAN

RÉSUMÉ

Le thème de la division culturelle séparant les sciences et les « humanités » demeure encore très présent dans les esprits. Il structure tant les conceptions dominantes de la culture que celles de l'éducation. Pourtant, les lignes de partage entre ces deux domaines – tout particulièrement entre les arts et les sciences – bougent et connaissent des infléchissements significatifs. Le mot d'ordre de Lévy-Leblond dans les années 1980, « mettre la science en culture », revêt lui-même de nouveaux sens, dès lors que la séparation est assumée et surmontée. Sur cette base, les expériences réunissant dans un même projet culturel l'artiste et le scientifique se développent. L'activité artistique et l'activité scientifique trouvent même un sol commun dans la conception de l'expérience esthétique héritée de l'œuvre du philosophe John Dewey.

MOTS CLÉS : sciences, art, culture, expérience esthétique, culture scientifique

« La civilisation occidentale est affectée aujourd'hui d'une division culturelle fondamentale qui sépare ce qu'on appelle les humanités et la culture scientifique ». Ce propos de Sylvain Auroux a plus de trente ans, et figure dans l'ouvrage *Barbarie et philosophie* (1990 : 76). Rappelant qu'au XVIII^e siècle encore on pouvait être philosophe et savant, voire même philosophe, savant, et artiste, Sylvain Auroux ajoutait qu'« une telle division culturelle correspond à une bifurcation dans la formation des individus, qui oppose, depuis le milieu du XIX^e siècle en Occident (c'est-à-dire depuis la généralisation de l'enseignement scientifique) les filières scientifiques aux filières littéraires » (1990 : 76). L'éducation, profondément clivée, aurait ainsi renoncé à toute unité de la culture, voire même à l'idée de culture.

L'une des conséquences de cette bifurcation encore sensible aujourd'hui aura été, au moins dans les représentations, d'associer les valeurs de culture essentiellement aux humanités. On la mesure par exemple à la fragilité de la notion de « culture scientifique », qui peine toujours à s'imposer. La bifurcation se manifeste d'un côté par une survalorisation de la culture littéraire et esthétique, de l'autre par une dévalorisation culturelle des sciences et techniques. Certes, on ne manque pas de rappeler qu'un Léonard de Vinci fut à la fois un inventeur visionnaire, un architecte et un théoricien ; qu'en affirmant que la peinture est *cosa mentale*, il récusait le partage arts mécaniques/arts libéraux, c'est-à-dire l'opposition entre activité manuelle et activité intellectuelle. Mais ce rappel s'accompagne le plus souvent d'une forme de nostalgie à l'égard d'une unité de la culture désormais impossible. Sommes-nous définitivement condamnés à une culture clivée ? Bien des signes indiquent tout au contraire que les lignes de partage instituées entre l'univers des sciences et celui des arts bougent et tendent à se modifier. Avant de s'y arrêter, il convient de revenir sur les raisons et les enjeux éducatifs de ce clivage.

Les sciences peuvent-elles éduquer ?

En effet, le projet d'une *éducation* scientifique ne va pas de soi, et son institutionnalisation progressive et controversée en témoigne. On peut s'en faire une idée en étudiant les résistances que rencontra une réforme majeure pour la généralisation de l'enseignement scientifique : la réforme de l'enseignement secondaire en 1902 en France. Cette réforme unifiait cet enseignement et surtout augmentait les horaires de sciences. À cette fin, une commission essentiellement composée d'universitaires avait été chargée de réviser les programmes de mathématiques et de physique. Il s'agissait, dans l'esprit, de fonder un nouvel « humanisme scientifique », d'inspiration positiviste. Les nouveaux programmes introduisaient la méthode expérimentale en physique et des éléments d'analyse en mathématiques. Mais voici comment le Sénat considérait encore cette loi le 4 juillet 1911, dans un projet de résolution approuvé à l'unanimité par sa Haute Assemblée :

Le Sénat, considérant qu'un des principaux objets de la réforme de 1902 a été de sauvegarder la culture gréco-latine, en la réservant à la partie de la clientèle des lycées et collèges qui est la plus apte à la recevoir et à en tirer parti, approuve les déclarations du Ministre de l'Instruction publique et compte sur lui pour alléger les programmes de l'enseignement secondaire.

Deux idées essentielles, aboutissant à un vœu formel, travestissent donc encore la compréhension de la réforme. La première célèbre l'excellence de la culture gréco-latine, et soutient que la réforme de 1902 visait à la sauvegarder ; la seconde défend la nécessité de réserver cette culture à ceux qui sont supposés pouvoir le mieux en profiter et, par conséquent, en fait un critère de sélection des élèves des lycées et collèges.

On le lit aisément dans les lignes de la déclaration du Sénat : seule la culture gréco-latine (les humanités) éduquerait pleinement. Et, entre les lignes, on entend aisément une question et un doute : « La science peut-elle éduquer ? ». Cette interrogation, aujourd'hui encore, peut sembler iconoclaste, provocatrice. C'était pourtant la question que posait dès 1904-1905 le sociologue Émile Durkheim. Et pas n'importe où, pas dans n'importe quelle circonstance : dans le cadre d'un cours, en Sorbonne, dont il avait la charge, et destiné à la formation des professeurs qui avaient à mettre en œuvre la réforme de 1902. Et même dans les derniers moments de ce cours, comme son ultime message. Recueilli à partir des notes de l'auteur, le cours a été édité sous le titre *L'Évolution pédagogique en France*, en 1938, vingt ans après la mort de Durkheim. Rappelons l'engagement sans faille du sociologue Durkheim dans la mise en place de l'École de la République : ce cours en est l'une des manifestations. Durkheim y reformule la question. Non pas, non plus « La science peut-elle éduquer ? », mais « À quelles conditions la science peut-elle éduquer, et comment former en conséquence les enseignants à l'âge des sciences ? »

Durkheim entreprend dans ce cours d'y répondre, essentiellement en recourant à l'histoire de l'enseignement et de la pédagogie. Sa démarche est généalogique. *L'Évolution pédagogique en France* entreprend de remonter jusqu'à la source, jusqu'à la forme germinale des institutions éducatives, jusqu'à ce que Durkheim appelle « l'idée éducative » qui s'y incarne. Ce que désigne pour lui le terme de « pédagogie » n'est pas seulement un

ensemble de moyens et de méthodes pour éduquer et enseigner, mais plus précisément une conception, une philosophie de l'éducation. Ce choix de la généalogie découle d'un constat que fait Durkheim : ce qu'il appelle lui-même « l'extraordinaire instabilité » (1969 [1938] : 352) des plans d'études au XIX^e siècle, surtout pour ce qui concerne l'enseignement des sciences, comme si celles-ci ne trouvaient pas leur place légitime. Sa conviction est que les sciences ne trouveront leur légitimité éducative qu'en prenant le relais des humanités, qu'en se coulant dans l'idée éducative, en épousant les exigences et les visées, comme le font les humanités.

Quels sont donc les traits essentiels de cette « idée éducative » ? Durkheim les trouve incarnés dès les III^e et IV^e siècles, dans les toutes premières écoles de l'Église du christianisme primitif. Le christianisme, en rupture avec le monde gréco-latin, apporte en effet une nouvelle conception de l'éducation : il s'agit toujours d'agir en profondeur sur la personne, conçue comme un tout, une unité, de la changer de l'intérieur, et de tout consacrer à ce but. En langage moderne, on peut dire qu'une véritable éducation, telle que notre culture la conçoit, ne se contente pas des *savoirs* et des *savoir-faire* : elle vise l'être, *le savoir être*, ce que Durkheim appelle « une disposition générale de l'esprit et de la volonté » (1969 [1938] : 37).

Un enseignement scientifique, pour être pleinement *éducatif*, pour être pleinement formateur, au sens fort porté par l'idée éducative, doit donc être tout à la fois une éducation intellectuelle (comment former un esprit par les sciences ?), une éducation morale (comment former par la science, à l'aide des sciences, la personne morale, capable de s'imposer des devoirs, de se donner des lois et de s'y contraindre ?), une éducation esthétique (formation du goût et de la sensibilité grâce aux sciences), une *éducation politique* (formation du citoyen grâce aux sciences).

Ce programme éducatif ambitieux prenant le relais des humanités est celui du positivisme auquel adhère Durkheim. On peut en suivre la trace d'Auguste Comte à Georges Charpak aujourd'hui, en passant par Durkheim, Bachelard, et plus récemment ce qu'on a appelé dans les années 1980 « les activités d'éveil scientifique ». Mais Durkheim lui a associé une dépréciation de la culture esthétique et une suspicion qui ne sont pas sans rappeler le geste platonicien chassant les artistes de toute fonction éducative, et dont les effets durables ont sans doute leur rôle dans la part congrue longtemps

faite aux arts dans l'institution scolaire. Les accusations et dénonciations de Durkheim à l'égard de la culture esthétique sont multiples : elle serait « dépourvue de toute utilité pratique », et « chose de luxe » ; elle contiendrait « en elle-même un germe d'immoralité », propre à détendre « les ressorts de l'activité morale », en confondant le Beau et le Bien, donnant l'un pour l'autre. Même sur le plan intellectuel, le positivisme de Durkheim tient que l'art ne s'adresse qu'à l'imagination : or les images ne peuvent éduquer l'esprit positif, elles lui tournent le dos. Au final, selon Durkheim, la culture esthétique « ne mérite qu'une place secondaire et accessoire dans l'œuvre d'éducation morale » (1974 [1963] : 227-233).

On peut, à juste titre, tenir grief à une certaine philosophie antiscientifique d'une caricature opposant « une civilisation technique liée à la quantité, à l'homogénéité et à la domination de l'homme sur la nature et sur l'homme » à « la liberté d'une culture esthétique susceptible de fonder un rapport pacifié entre l'homme et la nature et entre les hommes eux-mêmes » (Auroux, 1990 : 77) ; mais, symétriquement, l'ambition positiviste qui anime un Durkheim n'est guère moins caricaturale quand elle oppose un sérieux des sciences à la légèreté des arts. Toutes deux figent et amplifient les lignes de partage.

Le bilan de ce que Sylvain Auroux appelait la bifurcation culturelle s'avère donc particulièrement lourd : dévalorisation de la culture scientifique, séparation radicale des arts et des sciences, mise en question de la capacité éducative des sciences, culture esthétique écartelée entre dévalorisation, du côté du positivisme, et survalorisation, du côté du romantisme et de l'avant-gardisme, tout aussi systématique l'une que l'autre.

Les choses ont-elles aujourd'hui changé ? Incontestablement, oui, notamment dans une progressive reconfiguration des relations entre les arts et les sciences. Elle passe par quelques stratégies d'enjambement, et mieux encore de surmontement de leur séparation. La formule, le mot d'ordre des années 1980, « mettre la science en culture », en fut et en demeure encore aujourd'hui à certains égards une mise en œuvre exemplaire, mais connaît des déplacements qui en modifient le sens.

« Mettre la science en culture »

De la stratégie d'enjambement de la bifurcation culturelle que promeut le mot d'ordre « mettre la science en culture », on pourrait dire qu'elle opère « par le haut » : elle cherche à la réparer, à produire ou repérer des hybridations. Le constat initial n'a rien perdu de sa pertinence, bien au contraire, et chacun peut le vivre du lever au coucher de chacune de nos journées : les sciences sont omniprésentes dans nos vies quotidiennes, par leurs multiples applications, les mutations sociales qu'elles induisent, les questionnements éthiques qu'elles suscitent ; mais elles sont quasi-absentes de ce que nous désignons comme « culture ». Du côté de la culture « savante », malgré le vœu et la prophétie positiviste d'un Durkheim, l'enseignement scientifique ne parviendrait pas à se structurer en culture ; pas plus que n'y parviendrait la vulgarisation ou l'information scientifique. L'épisode de la pandémie du Covid 19 en donne sans doute une nouvelle illustration, même si une analyse plus fine conduirait sans doute à modérer ce propos.

« (Re)mettre la science en culture ». L'expression est tout particulièrement associée à Jean-Marc Lévy-Leblond, directeur de publication de la revue *Alliage (culture, science, technique)* devenue *AN AIS*. Cette revue publiait *Mettre la science en culture* en 1986. On me permettra d'évoquer deux souvenirs personnels qui me semblent très bien illustrer cette modalité d'enjambement de la bifurcation culturelle, ainsi que la volonté de redonner aux sciences leurs dimensions historiques et leurs imaginaires. Tous deux se déroulent lors d'une des Journées internationales de l'éducation scientifique organisées à Chamonix sous la houlette d'André Giordan. Je me souviens comment Jean-Marc Lévy-Leblond, lors de sa communication, expliquait notamment que les « théories erronées » font partie de l'histoire des sciences et s'inscrivent dans l'imaginaire culturel, et qu'elles doivent donc trouver place dans un enseignement des sciences, comme s'y employait lui-même le professeur Lévy-Leblond dans ses cours. Le second souvenir prolonge le premier. Au cours d'une conversation, un dialogue s'était noué entre Jean-Marc Lévy-Leblond et le directeur de l'Observatoire de Genève. Ce dernier faisait état des courriers des « amateurs » que pouvait recevoir l'Observatoire, courriers souvent étranges, dans lesquels des correspondants pouvaient mettre en cause à grand renfort de

pseudo-démonstrations scientifiques les données les plus assurées – défendre la thèse d'une terre plate, par exemple. Que faire, quel statut accorder à ces écrits ?

« Mettre la science en culture », c'est, comme l'écrivait Bernard Maitte en 2000, non seulement « redonner de l'épaisseur à la science, à son enseignement », mais aussi « placer l'esprit en alerte de découvrir le monde », et pour cela « confronter les sciences avec les autres activités humaines », « renouer les fils de la science avec son histoire et sa critique », et même viser l'extension de la démocratie « aux choix technologiques, afin de replacer l'homme au centre de préoccupation » (2000 : 23).

C'est bien, me semble-t-il, le point de vue de Jean-Marc Levy-Leblond, qui signait et persistait dans un texte de 2008 :

La culture est « une et indivisible ». Que serait une culture fragmentée, sinon, justement, une non-culture ? Ce qui constitue la culture en tant que telle, c'est précisément sa capacité d'exprimer et de développer des liens organiques entre toutes les dimensions de l'activité humaine. C'est en ce sens que la science moderne est née de et dans la culture européenne, voici bientôt quatre siècles. Elle lui est restée organiquement liée pendant un temps, puis s'est autonomisée ; elle en est aujourd'hui aliénée. (2008 : 9)

En effet, l'histoire de l'art – à travers ce berceau commun à la science moderne et aux arts et aux lettres, cette culture européenne dans laquelle est née et a mûri la science moderne – nous enseigne qu'art et science y étaient liés. La révolution artistique de la Renaissance est indissociable de la révolution scientifique. Mais cette articulation ne se limite pas à la seule Renaissance ; comme l'ont montré les travaux de Pierre Francastel sur l'histoire de la peinture, « l'espace plastique [...] ne peut cesser d'être à la fois le reflet de notre conception mathématique des lois physiques de la matière et de l'ordre des valeurs sentimentales que nous voudrions voir triompher » (1965 : 259).

C'est pourquoi, dans l'esprit qui animait les promoteurs du mouvement « mettre la science en culture », les scientifiques étaient invités entre autres à fréquenter « les œuvres de culture au sens le plus courant du mot », à considérer que « la littérature offre d'abondantes ressources en matière de philosophie, de sociologie, et d'éthique des sciences » (Lévy-Leblond, 2008 : 14). Force est de constater, de Hugo à Brecht, pour s'en tenir à quelques noms,

ces ressources existent. On peut ainsi considérer le chapitre 3 du *William Shakespeare* de Victor Hugo comme « une superbe leçon d'épistémologie moderne », trouver dans le *Bouvard et Pécuchet* de Gustave Flaubert « une occasion de réfléchir sur la figure la plus occultée de la science », celle où elle s'avère capable de folie, et dotée aussi de « sa nécessaire et constitutive bêtise », ou encore se saisir dans *La Vie de Galilée* de Bertolt Brecht de la nécessité de poser « dans toute son ampleur la question des rapports entre le savoir et le pouvoir » (Lévy-Leblond, 2008 : 14).

Mais, au-delà, ou plutôt en-deçà de cette tentative d'enjambement de la bifurcation culturelle née avec l'âge des sciences, l'incitation à mettre la science en culture, du point de vue philosophique, révèle en creux la faille constitutive mais nécessaire de toute énonciation scientifique, et peut-être même sa rupture d'avec l'ordre du discours comme parole de quelqu'un, d'un « quelqu'un », d'un « sujet » de l'énonciation. « Qui », en effet, « parle », dans l'énoncé d'un théorème, d'une loi scientifique ? Quel est le « sujet » porteur d'un énoncé scientifique ? La question, bien sûr, n'interroge pas tel ou tel scientifique qui le prononce, mais le sujet épistémique en lui. La réponse, même hésitante, précipite au cœur d'une redoutable problématique philosophique : la science serait-elle « le discours de personne » ? De personne « en première personne » ? Un discours sans « sujet » ?

Cette interrogation, que je porte depuis quelques décennies et qui me revient périodiquement (Kerlan, 1998), j'en trouve une formulation récente sous la plume de Francis Wolf, dans un ouvrage qui prend place dans une ambitieuse entreprise de refondation de l'humanisme à laquelle se consacre le philosophe :

Les normes internes du discours scientifique dérivent de ce qu'on peut appeler la définition anthropologique de la science : *la quête humaine indéfinie de l'objectivité absolue*. L'idéal scientifique, c'est de pouvoir voir le monde de nulle part afin de le comprendre tel qu'il est en lui-même. La science achevée nous ferait voir un monde vu sans personne pour le voir. (2019 : 222)

Si la science est bien, littéralement, le « discours de personne » – ce en quoi elle est pleinement science comme quête de l'objectivité absolue – ne faut-il pas alors comprendre la mise en culture de la science comme une

tentative de faire du « discours de personne » la « parole de quelqu'un » ? On en trouve une forte et significative mise en œuvre dans la démarche d'un Albert Jacquard, et tout particulièrement dans un ouvrage de vulgarisation intitulé *La légende de la vie*. Le terme même de *légende* – utilisé ici pour désigner un discours destiné à ouvrir au plus grand nombre les portes de la science, et particulièrement celles des sciences biologiques – marque ce passage du discours scientifique vers la parole de quelqu'un. D'autant plus que l'ouvrage s'ouvre sur l'image d'un de ces majestueux arbres africains au pied duquel se réunissent les villageois autour du conteur, et que le narrateur Albert Jacquard s'en réclame :

Je me souviens de la ferveur lorsque sur la place du village Dogon, à l'ombre de l'immense fromager, le conteur commençait son récit... Il savait comment de lointains ancêtres étaient venus dans ce pays et avaient peu à peu pénétré les mystères de la forêt, de la Terre, des étoiles, de l'Univers. Tous se pressaient pour l'écouter [...]. C'est à mon tour d'être conteur. Mon récit explorera un long parcours, le parcours suivi par l'univers pour arriver à vous, à moi ; il racontera la légende de la vie. (Jacquard, 1992 : 5-6)

Ce n'est pas tout. Outre ce recours à la parole légendaire, l'autre choix majeur de l'auteur dans son entreprise d'un récit scientifique à la première personne le conduisait à une illustration mettant en dialogue des œuvres d'art avec des documents scientifiques ; une volée d'escalier de la Renaissance, par exemple, pouvait voisiner avec le schéma de la double hélice de l'ADN popularisée par Crick et Watson¹.

¹ J'ai eu la chance, au milieu des années 1990, qu'Albert Jacquard accepte la proposition que je lui avais faite : prolonger la démarche de son livre « grande nature », sous la forme d'une vaste exposition. En collaboration avec les départements scientifiques de l'Université de Besançon Franche-Comté, l'Institut universitaire de formation des maîtres, et le Fonds régional d'art contemporain qui nous ouvrait ses collections, ont pu ainsi être mis en dialogue des œuvres originales et des documents scientifiques, dialogue développé en plusieurs étapes déroulant la légende de la vie. Intitulée « Albert Jacquard, la légende de la vie », cette exposition a été installée dans l'espace culturel de l'IUFM (aujourd'hui INSPE) de Franche-Comté.

Une séparation assumée et surmontée

Le travail de mise en culture est assurément nécessaire, et non dépourvu d'efficacité culturelle. Mais suffit-il ? Permet-il que soit surmontée la bifurcation culturelle ? Et même, *faut-il* que cette séparation soit surmontée, *peut-elle* l'être ? Jean-Marc Lévy-Leblond, me semble-t-il, répondrait par la négative : la science et l'art nécessairement différents.

Quand on porte attention aux diverses formes de *rencontres* entre les arts et les sciences qui s'opèrent aujourd'hui au sein même du monde de l'art, on en vient à constater qu'elles n'ont pas, n'ont plus, à proprement parler, l'ambition de surmonter la séparation, mais de faire en sorte que arts et sciences habitent, investissent ensemble la frontière qui les sépare, la ligne qui les démarque. En d'autres termes, il ne s'agit plus d'effacer la séparation, mais de vivre ensemble avec, de l'intégrer comme base des relations possibles.

Ce propos peut sans doute paraître trop abstrait. Une esquisse typologique des différentes rencontres entre les arts et les sciences que propose l'art contemporain permettra de lui apporter le soutien d'exemples concrets.

Quand les sciences et les techniques sont mobilisées au service d'un projet artistique

Un type de rencontre parmi les plus répandus concerne les projets artistiques qui recourent aux sciences et aux techniques comme moyens. Les grandes expositions d'art contemporain, comme la Biennale internationale d'art contemporain de Lyon, proposent des œuvres de ce registre. On peut même constater qu'elles y sont de plus en plus présentes.

Ainsi, le visiteur de la Biennale 2019 pouvait découvrir une œuvre d'Eva L'Hoest, intitulée *Shitsukan of Objects*², définie comme « Installation vidéo multi-écrans, SLA, polyuréthane [multi-screen] ». Sur le site de la manifestation, il pouvait apprendre que le triptyque vidéo était constitué

² Le lecteur pourra retrouver les images de l'œuvre d'Eva L'Hoest, *Shitsukan of Objects*, aux adresses suivantes : <https://www.labiennaledelyon.com/fr/biennale/art-contemporain-2019/expo-internationale/la-ou-les-eaux-se-melent-exposition-internationale-usines-fagor/eva-lhoest-shitsukan-of-objects> et <https://www.evalhoest.com/Shitsukan-Of-Objects.html> (consultées le 13/02/2024).

de grands écrans disposés à la verticale, et que les vidéos elles-mêmes étaient composées d'images virtuelles. On lui précisait aussi que « pour réaliser ces images, l'artiste a utilisé différents outils hautement technologiques comme un scanner 3D, une IRM ou encore des procédés d'intelligence artificielle », et qu'elle avait mélangé « ces images à des fichiers issus de jeux vidéo et d'expériences neuroscientifiques ». Le visiteur était invité à examiner les trois sculptures qui se trouvent derrière les vidéos : « deux corps d'hommes et celui d'un animal mêlés à des fragments d'architecture, et réalisés en "stéréolithographie", l'ancêtre de l'imprimante 3D ». Il apprenait aussi que « ces sculptures contiennent encore la grille de fabrication qui normalement est enlevée après la réalisation ».

À vrai dire l'œuvre d'Eva L'Hoest fait plus qu'utiliser des sciences et des techniques comme moyens à ses fins esthétiques : *Shitsukan of Objects* travaille esthétiquement comme matériaux les éléments techniques mobilisés, et l'artiste sculpte à même ses matériaux, à même la lumière qui en émane, et c'est bien ce en quoi elle peut être considérée, parmi la diversité des œuvres du millésime 2019, comme l'une des œuvres les plus abouties de la Biennale. La performance d'Abraham Poincheval – intitulée *Vidéo performance*³ – distingue bien une finalité esthétique et les moyens techniques d'y parvenir. La finalité esthétique satisfait l'un des plus vieux rêves de l'humanité et de l'enfance : « marcher dans les airs », se déplacer dans les nuages, arpenter « la canopée des nuages ». C'est bien ce qu'à pu accomplir, vivre et filmer l'artiste, en recourant à des moyens techniques appropriés. Les images vidéo de la performance, projetées sur un très vaste écran, explique le site de la Biennale, « dévoilent en partie cette expédition qui a mené l'artiste à explorer le ciel à la recherche d'un paysage mouvant, dont les montagnes et les sillons se défont et renaissent à tout instant », et offrent au visiteur le rare plaisir d'être lui-même un peu cet arpenteur des cieux.

Dans un autre registre, une œuvre plus ancienne, *Entre chiens et loups*, élaborée par un artiste plasticien des sons, Erick Samakh, et qu'on pouvait

³ Le lecteur pourra retrouver des informations sur la performance d'Abraham Poincheval, intitulée *Vidéo performance*, à l'adresse suivante : <https://semiose.com/exposition/abraham-poincheval-group-15e-biennale-de-lyon-2019/> (consultée le 13/02/2024).

découvrir en 1997 au Centre d'art du Crestet – l'un des très rares lieux d'exposition célébrant les noces des arts et des sciences et techniques – proposait au visiteur une visite nocturne au cœur d'une garrigue plongée dans un environnement sonore aléatoire : les sons dont il se composait, mêlant cris animaux et humains, diffusés par des haut-parleurs répartis dans la garrigue, étaient modulés selon les variations de la lumière enregistrées au cours de la journée. On trouve dans cette œuvre la même mobilisation de la technique comme moyen à une fin esthétique en elle-même indépendante de cette technique.

Quand l'art se nourrit de l'imagerie des sciences et des techniques

Les articulations entre arts et sciences dans l'art contemporain ne relèvent pas toutes de la relation fin-moyen ; d'ailleurs, même les œuvres que je viens d'évoquer intègrent plus ou moins, en partie, les procédés techniques à leur corps-même, à l'œuvre comme objet esthétique ; ces procédés ne se réduisent pas à une sorte d'échafaudage abandonné après usage.

Une installation comme ce *Prométhée délivré*, de l'artiste Thomas Feuerstein⁴, également présentée à la Biennale internationale de Lyon en 2019, est difficilement classable. Elle mobilisait un ensemble de dispositifs scientifiques et techniques impressionnants, évoquant plus le *Cabinet du Docteur Caligari*, ce film expressionniste de Robert Wiene, chef-d'œuvre du muet, et prototype muet du genre, que le laboratoire de biologie. Toute œuvre exposée s'accompagne d'un cartel qui en précise la composition. Sur celui de l'œuvre de Thomas Feuerstein on pouvait lire : « *Prometheus Delivered* (Bactéries (*acidithiobacillus ferrooxidans*), marbre, cellules hépatiques humaines (hépatocytes), verre, acier, pièce sonore (55 min.), technique mixte, dessin, sculpture) ».

Chacun connaît le mythe de Prométhée, devenu dans la culture moderne une figure emblématique de l'audace scientifique et technique, avec sa face lumineuse d'émancipation, de héros de la civilisation, mais

⁴ Le lecteur pourra retrouver les images de l'œuvre de Thomas Feuerstein, *Prométhée délivré*, aux adresses suivantes : <https://www.labiennaledelyon.com/fr/biennale/art-contemporain-2019/expo-internationale/thomas-feuerstein-prometheus-delivered> et <http://daac.ac-lyon.fr/biennale-art-contemporain-lyon-2019?url=les-oeuvres-fagor&article=91> (consultées le 13/02/2024).

aussi, et de plus en plus, sa face sombre de démesure, d'*hybris*, selon le terme grec. Rappelons que dans la mythologie grecque, Prométhée est ce Titan qui a volé le feu aux dieux pour le transmettre aux humains, et qui a été condamné, en représailles, à se faire dévorer le foie chaque jour par l'aigle du Caucase, et chaque nuit à voir ce foie renaître. Ce tourment éternel a inspiré, comme nombre des scènes de la mythologie grecque, de nombreux peintres et sculpteurs au cours de l'histoire, depuis, par exemple, le *Prométhée enchaîné* de Rubens (1611/1612) jusqu'au *Prométhée dérobant le feu dans la forge* de Gilles Chambon (2014), en passant par le *Prométhée foudroyé* de Gustave Moreau (1869).

L'installation de Thomas Feuerstein revisite le mythe et ses représentations artistiques en mobilisant d'une façon parodique – flirtant avec le « gore » – les moyens et les imageries de la science et des techniques, dans ce que le site de la Biennale appelle un « récit matérialisé, entre science-fiction et mythologie, utopie et dystopie ». Qu'on en juge : au centre de l'installation, « une sculpture de marbre, représentant *Prométhée enchaîné*, est lentement décomposée par des bactéries mangeuses de pierre. En parallèle, des cellules hépatiques humaines sont nourries des mêmes bactéries afin de cultiver un foie artificiel pour Prométhée. Fermentées et distillées, elles produisent une boisson alcoolisée. Une histoire de science-fiction, diffusée par voie radiophonique, évoque également le possible devenir anthropophage de l'humanité ». Les visiteurs assistent ainsi à une phase, un état de cette lente dissolution de la sculpture jour après jour.

L'artiste et le scientifique, côte-côte et/ou ensemble

Nous avons en tête l'image de la frontière comme celle d'une ligne de séparation, voire d'un mur infranchissable. Pourtant, comme nous le rappelle et le souligne un géographe comme Michel Lussault, une frontière, c'est aussi, et en même temps, un seuil, un lieu de passage et d'échange. Habiter les uns d'un côté d'une frontière, les autres de l'autre côté n'empêche nullement les échanges, sans que ces échanges effacent l'existence de la frontière. Concevoir ainsi la frontière, la ligne de séparation entre les arts et les sciences, modifie du même coup la conception que l'on peut se faire des relations entre les unes et les autres, tout en prenant acte de la réalité de la frontière.

Les artistes et les scientifiques que réunit régulièrement en résidence le théâtre Hexagone, scène nationale de Meylan (Isère), font bien de la frontière entre leurs disciplines le seuil sur lequel peuvent se développer les échanges qui ouvrent à la possibilité d'une œuvre commune. Porter à la scène ces rencontres, ces échanges et leurs fruits, est la vocation même de ce théâtre installé dans la banlieue grenobloise, unique scène nationale française à porter cette mission depuis 2013. Une publication du théâtre Hexagone, *Les Cahiers de l'Atelier*, en rend régulièrement compte. Dans le numéro 1 des *Cahiers*, la première résidence accueillie à l'atelier Art Sciences, *Virus//Antivirus*, était présentée en ces termes :

Virus//Antivirus, nom emprunté au spectacle qui en a été l'aboutissement artistique, a rassemblé pendant plusieurs mois une chorégraphe/interprète et un chercheur en traitement de l'information pour interroger la relation entre art et technologie, entre geste artistique et production de musique par l'entremise du dernier capteur de mouvement miniaturisé né au sein du Service Microsystèmes et Objets Communicants (CEA/LETI/DCIS) : la « Starwatch ». (*Le Cahier de l'Atelier Arts – Sciences*, 1, 2007 : 5)

Virus//Antivirus réunissait une danseuse chorégraphe, Annabelle Bonnéry, Compagnie *Lanabel*, un scientifique, Dominique David, ingénieur SUPELEC, Expert senior CEA Grenoble en traitement de l'information, ainsi qu'un musicien, Victor Joaquim, artiste électronique en son et arts visuels. Tous trois œuvraient au sein d'un dispositif technologique singulièrement sophistiqué, comme on peut le lire dans les pages que consacre à la résidence *Le Cahier* n° 1 :

Le dispositif consiste en un ensemble de cinq montres, autonomes en énergie et sans aucune liaison filaire. Ces 5 montres sont portées par la danseuse, dont les mouvements sont captés par 30 capteurs (6 par montre), transmis à un ordinateur sur lequel un logiciel de traitement du signal analyse les données afin d'interagir avec des éléments musicaux préparés à cet effet par le compositeur. (*Le Cahier...*, 2007 : 10)

Le Cahier offre également l'occasion de comparer le regard que portent sur cette œuvre commune d'une part le scientifique, d'autre part l'artiste danseuse chorégraphe, leur vécu réciproque de l'expérience. Comment donc est perçu et vécu, de chaque côté de la frontière, ce qui a été

entrepris sur le seuil ? Interrogé, le scientifique, Dominique David, fait état des multiples questionnements, scientifiques, technologiques, philosophiques que portait pour lui la résidence. Celui de la mesure de l'humain : comment « appréhender une complexité qui chaque jour nous dépasse » ? Celui du rapport au temps : Dominique David note que « les technologies de capture du mouvement permettent de se réapproprier » cette part du temps « naturellement imbriqué à l'espace », de ce temps « qui semble nous échapper de plus en plus ». Si ces interrogations sont à la frontière de la philosophie et de la physique, d'autres montrent que l'œuvre commune de la résidence et la rencontre arts et sciences nourrissent également de façon plus directe le travail scientifique, du côté de « la discipline naissante de la psychophysique, à la frontière des sciences dures et du vivant » (pour cette citation et les précédentes : *Le Cahier...*, 2007 : 10), domaine de la cinématique aussi.

La résidence, vue par l'artiste, la danseuse chorégraphe, on ne s'en étonnera pas, met en avant ses effets sur ce qui constitue le cœur de son art : le corps. Les principaux questionnements dont fait état Annabelle Bonnéry portent sur la transformation qui affecte un corps équipé de capteurs. Ils témoignent des explorations inédites de *l'esthétique même* de la danse qu'aura permis la technologie. Le terme « esthétique » doit être ici entendu en ses deux sens, comme désignant le domaine de l'art, mais aussi comme désignant le domaine de la sensation, comme le rappelle l'étymologie (terme issu du grec *αἰσθησις* (*aisthesis*), signifiant *beauté/sensation*). Ces explorations du corps se développent dans deux directions : du côté de « l'univers intérieur du corps », du « rapport à la chair, à l'enveloppe, la peau », « aux bruits du corps », mais aussi du côté des « limites et extensions possibles du corps », du « rapport du corps à l'espace/temps ». Comme pour le scientifique, certaines interrogations de l'artiste voisinent la philosophie : elles portent sur « la relation entre corps-matière et image du corps », sur « la différence présence/représentation ». On peut aisément supposer que ce type d'interrogation ne peut manquer de faire écho chez le scientifique qui s'intéresse à la psychophysique. Annabelle Bonnéry résume ainsi ce qu'elle tire de l'expérience : « Je parlerais d'une danse organisée à partir des extrémités (chevilles, poignets), d'une étrange sensation d'extension du corps » (pour cette citation et les précédentes : *Le Cahier...*, 2007 : 12-13).

Dans cette collaboration arts/sciences, comme dans toutes celles que proposent les résidences du théâtre Hexagone, il n'est nullement question de « réconcilier » les arts et les sciences en « mettant en culture » une science hors-culture, encore moins de prétendre effacer la frontière ou postuler un territoire commun aux arts et aux sciences. La séparation, ou plus exactement la différence des sciences et des arts y est, comme on dit « actée ». Chacun, scientifique, artiste, y joue sa partition dans son domaine propre, mais dans un entre-deux tel que chacun s'y nourrit aussi du travail de l'autre.

Ce qu'enseigne un mouvement comme celui que développent les résidences du théâtre Hexagone revêt pour notre propos la plus grande importance. Son élan puise non pas dans une volonté de réparer la coupure arts/sciences, mais dans la conscience lucide d'une séparation nécessaire, de la nécessité de l'autonomie. Comme le rappelle Christian Ruby dans le numéro 4 des *Cahiers de l'Atelier*, au terme d'une résidence en tant que philosophe à l'Hexagone, « avec ses nécessités propres, notre héritage historique veut en effet qu'entre Arts et Sciences la séparation, nécessaire, ait pris la forme d'une autonomie (qui n'est pas une indépendance) » (Ruby, 2010 : 13). Cette autonomie est un fait culturel : sciences et arts sont des activités dont les développements ont conduit à l'autonomie qui est la leur aujourd'hui. Comme l'écrit encore Christian Ruby, ce sont « des activités devenues (historiquement) autonomes » (2010 : 13). En d'autres termes, la séparation arts/sciences est non seulement aujourd'hui *inscrite* dans notre culture, mais aussi *constitutive* de notre culture. Observateur et partie prenante de l'œuvre commune des arts et des sciences sur la scène de Meylan, Christian Ruby théorise leurs relations en dépassant, comme je viens de le faire, une conception de la frontière comme mur, en la considérant comme un seuil, une « surface d'échange » dans le lexique qu'il adopte :

La question à poser est plutôt celle de la construction d'une surface d'échange entre des activités [...] qui se sont donc construites à partir d'objets, procédures et perspectives spécifiques, quoiqu'en maintenant des complémentarités ou des solidarités spontanées. Un tel ajointement, dessiné à partir d'un entre-deux à définir, refuserait d'accepter leur prétention commune à englober toute

la vie, à l'ordonner unilatéralement, et à donner d'elle la seule version possible. (Ruby, 2010 : 13)

« Seuil », « surface d'échanges », ou encore « ajointement », « entre d'eux », chacun de ces termes, nécessairement métaphorique, a son intérêt et apporte son éclairage sur ce pli dans notre culture qu'il s'agit désormais d'habiter. Leur point commun est ce que chacun refuse à sa façon : autant la prétention positiviste à faire des sciences le tout de la culture que la sacralisation métaphysique de l'art, bref la prétention de l'une et l'autre à être le tout de la vie.

Deux démarches, deux imaginaires... qui peuvent se nourrir de leur séparation

La rencontre du physicien Étienne Klein et de l'artiste photographe Gilbert Garcin pourrait être rapprochée de la démarche d'Albert Jacquard dans *La légende de la vie*. Elle a pour cadre la préparation d'une exposition pour la Cité des Sciences : *Le grand récit de l'univers*. Étienne Klein se met en quête d'images susceptibles d'illustrer les pistes théoriques sur l'espace-temps suivies par les physiciens. Sa recherche le conduit à la découverte d'un artiste, un photographe, Gilbert Garcin, venu à la photographie à l'âge de la retraite (il a consacré sa carrière professionnelle à la direction d'une entreprise de luminaires), dans la veine surréaliste du photomontage. Il se trouve alors face à des œuvres capables de faire voir et de faire ressentir ce que la physique tente d'expliquer : des photographies qui illustrent comment, dans certains cas, le temps passe irrégulièrement, d'autres où l'espace-temps a plus de quatre dimensions, d'autres où il se structure en boucle, etc. L'étonnement, pour ne pas dire la stupeur du physicien est à son comble quand il apprend que Gilbert Garcin n'a jamais ouvert un livre de physique de sa vie ! Et il suffit en effet de voir quelques-unes des photographies⁵ de cet artiste singulier pour le comprendre.

⁵ Nous invitons le lecteur à découvrir ces photographies sur <https://www.holdenluntz.com/artists/gilbert-garcin/lambitieux-driven-ambition/> et <http://www.gilbert-garcin.com/308.htm> (consultés le 13/02/2024), notamment *L'Ambitieux (Driven ambition)* et *Le choix décisif*.

Étienne Klein choisit alors une photographie : *Le funambule*⁶. S'en expliquant au cours d'une émission radiophonique sur France-Culture, il commençait par constater que « certaines œuvres, quand on les regarde avec un regard de physicien, on peut y voir des choses que l'auteur, l'artiste lui-même n'a pas voulu y mettre⁷ ! ». Mais quelle leçon faut-il en tirer ? La tentation est grande d'y voir comme une convergence de l'art et de la science vers une vérité commune. Ce n'est pas le point de vue d'Étienne Klein, qui entend prendre ses distances avec ceux « qui pensent que la science et l'art sont deux façons différentes d'escalader la même montagne par des voies différentes, de sorte qu'à la fin on pourrait se retrouver au sommet et se dire à peu près la même chose ». Sa conception rejoint et prolonge celle que défend Christian Ruby et que je défends également : la relation entre les arts et les sciences ne peut être féconde qu'en commençant par prendre acte de leur séparation, de ce pli dans notre culture. La science et l'art, pour Étienne Klein, « sont deux démarches complètement différentes, mais une fois qu'ils sont séparés, alors on peut les faire dialoguer ». En quoi consiste ce dialogue ? Étienne Klein évoque « des zones intermédiaires qui sont fécondes pour *l'imaginaire* de chacun ». Tel serait donc le moyen terme entre les arts et les sciences : l'imaginaire, l'imaginaire réciproque, celui du scientifique et celui de l'artiste. Toute culture serait-elle donc du côté de l'imaginaire ? L'idée n'est pas sans rappeler la thèse de la philosophie kantienne, trouvant dans l'imagination la racine commune de l'entendement et de la sensibilité, ou encore la conception pragmatique de la culture chez John Dewey, dont on trouve la formulation dans un article de 1913, publié par la revue *L'année pédagogique* :

Si nous essayons de définir la culture, nous arriverons à la concevoir comme le pouvoir, disons l'habitude acquise, de notre imagination, de contempler dans des choses qui, prises isolément, se présentent comme purement techniques ou professionnelles, une portée plus

⁶ <http://www.gilbert-garcin.com/203.htm> (consulté le 13/02/2024).

⁷ Ce propos d'Étienne Klein, comme les suivants, sont la transcription personnelle des propos tenus par le physicien dans le cadre de l'émission radiophonique *L'idée culture*, diffusée le 21 janvier 2021 sur l'antenne de France-Culture. Cf. https://media.radiofrance-podcast.net/podcast09/17131-02.01.2021-ITEMA_22529724-2021C27795S0002.mp3 (consulté le 13/02/2024).

vaste, s'étendant à toutes les choses de la vie, à toutes les entreprises de l'humanité. (Dewey, 1913 : 35)

Activités artistiques et activités scientifiques : un sol commun, l'expérience esthétique ?

Le pragmatisme de John Dewey ouvre une autre piste et peut-être même un autre horizon. Il invite en effet à déplacer l'angle sous lequel sont examinées les relations entre les arts et les sciences, en les regardant non plus sous l'angle de leurs productions, mais sous celui de l'activité engagée dans ces productions, et plus précisément de *l'expérience* à laquelle elle donne lieu et qui les constitue. L'un des tout derniers grands ouvrages de John Dewey, paru en 1934, est intitulé : *Art as experience*. On peut y lire, au chapitre 3, cette affirmation, qui vient au terme d'une analyse de l'activité scientifique et de l'activité philosophique : « une expérience dans le domaine de la pensée a une dimension esthétique particulière » (2005 [1934] : 61). Le terme « esthétique », ici, ne doit pas être entendu en son sens habituel, qui le réserve au domaine de l'art et du beau artistique. Il désigne, pour Dewey, une qualité inhérente à *toute expérience*, du moins à toute expérience accomplie. Elle est déjà là dans l'expérience la plus ordinaire, à condition qu'elle soit vraiment *une expérience*, allant jusqu'à son terme. Elle est également là dans le genre d'expérience qui engage dans « des questionnements ou des spéculations absorbantes dont un scientifique et un philosophe se souviendront comme des "expériences" au sens fort » (2005 [1934] : 62). En quoi consiste alors leur dimension esthétique ? Dewey le sait bien, « en dernier ressort », si l'on s'en tient donc à leurs produits – des concepts, des démonstrations... –, « [ces expériences] sont intellectuelles ». Il en va différemment si on les regarde dans leur déroulement : « lorsqu'elles se sont produites, elles étaient aussi émotionnelles ». À cet égard, poursuit Dewey, ce genre d'expérience « diffère de ces expériences reconnues comme esthétiques, mais seulement par le matériau qu'elle utilise ». En revanche, le vécu de l'expérience, sa valeur subjective sont du même ordre : « aucun penseur ne peut se consacrer à la réflexion s'il n'est pas attiré et gratifié par des expériences complètes et totales qui ont une valeur intrinsèque » (pour cette citation et les précédentes : 2005 [1934] : 62).

À l'arrière-plan de l'analyse, on l'aura compris, se trouve l'ensemble de la philosophie esthétique de John Dewey, et plus particulièrement une conception de l'expérience esthétique et de l'art qui bouleverse les conceptions dominantes. Il faut donc en rappeler l'essentiel pour juger de son apport possible à notre problématique.

Une donnée anthropologique, une « structure attentionnelle spécifique »

En premier lieu, loin d'être réservée à quelques-uns et de se limiter à la relation avec quelques objets élus, la conception de Dewey conduit à considérer l'expérience esthétique, la conduite esthétique, comme une donnée anthropologique, commune à l'humanité dans la diversité des cultures, et biologiquement ancrée. Les travaux des neurosciences confortent aujourd'hui amplement cette analyse. Soulignons-le tout particulièrement, l'expérience esthétique n'est en rien l'apanage de la rencontre avec les œuvres d'art et de culture, elle peut être tout autant présente dans une certaine forme de rencontre avec des objets et des spectacles relevant de la nature tout aussi bien que de la vie courante, comme ceux qu'offrent nos environnements citadins ou ruraux, s'agissant même des spectacles les plus ordinaires. Ses objets peuvent être aussi divers que sont diversifiées les cultures humaines.

Cette extrême diversité comporte, néanmoins, une forme commune bien étudiée par les neurosciences : une forme spécifique d'attention, « une structure intentionnelle qui est la même dans toutes les situations », comme l'écrit Jean-Marie Schaeffer (2015 : 14), lequel voit dans cette attention esthétique « une composante de base du profil mental humain » (Schaeffer, 2000 : 15). Il s'agit bien d'une attention, d'une conduite intentionnelle, comparable en cela à toute autre forme d'attention. Elle est même intensification de cette attention indissociablement sensorielle et intellectuelle. Elle n'en reste pas moins spécifique dans son orientation vers le sensible. S'y engager pleinement, c'est y être tout entier à écouter, contempler, sentir... L'intensification conduit à une présence telle du sensible qu'il s'autonomise. N'est-ce pas cette intensification qui conduit le poète Victor Chklovski à s'exclamer : « Et voilà que pour rendre la sensation de la vie, pour ressentir les objets, pour faire de la pierre une pierre, il existe ce qu'on appelle l'art » (2008 [1917] : 22).

Une expérience déjà là tout entière dans l'expérience ordinaire

La conséquence immédiate et de grande portée de la conception de l'expérience que développe John Dewey passe par la revalorisation esthétique de l'expérience ordinaire. Non seulement les objets et occasions de l'expérience esthétique ne se cantonnent pas aux domaines des arts, peuvent appartenir au domaine des événements et des rencontres liés tant à notre relation avec la nature qu'avec le monde humain, mais plus encore l'expérience esthétique est déjà là dans l'expérience ordinaire. Elle y est même toute entière. Dewey l'écrit expressément : « Afin de *comprendre* l'esthétique dans ses formes accomplies et reconnues, on doit la chercher dans la matière brute de l'expérience » (2005 [1934] : 23). La nature même de l'expérience esthétique telle qu'elle est vécue dans l'expérience qu'on peut considérer comme son sommet, la rencontre avec les œuvres d'art, peut être entièrement *et même plus aisément* saisie dans l'expérience la plus ordinaire, dès lors qu'il s'agit d'une expérience accomplie. Les exemples que donne Dewey pour illustrer la présence de ce qu'il appelle « la matière brute de l'expérience » étonnent dans leur apparente et volontaire trivialité. Ils appartiennent tous au domaine « des événements et des scènes qui captent l'attention auditive et visuelle de l'homme, suscitent son intérêt et lui procurent du plaisir lorsqu'il observe et écoute, tels les spectacles qui fascinent les foules », et présentent même un caractère joyeusement enfantin. Qu'on en juge :

La voiture des pompiers passant à toute allure, les machines creusant d'énormes trous dans la terre, la silhouette d'un homme, aussi minuscule qu'une mouche, escaladant la flèche du clocher, les hommes perchés dans les airs sur des poutrelles, lançant et rattrapant des tiges de métal incandescent. Les sources de l'art dans l'expérience humaine seront connues de celui qui perçoit comment la grâce alerte du joueur de ballon gagne la foule des spectateurs, qui remarque le plaisir que ressent la ménagère en s'occupant de ses plantes, la concentration dont fait preuve son mari en entretenant le carré de gazon devant la maison, l'enthousiasme avec lequel l'homme assis auprès du feu tisonne le bois qui brûle dans l'âtre et regarde les flammes qui s'élancent et les morceaux de charbon qui se désagrègent. (pour cette citation et les précédentes : 2005 [1934] : 23)

Oui, l'expérience esthétique est bien là dans la fascination à l'égard de ce grand trait rouge comme porté par une sirène rugissante que connaît l'enfant quand passe le camion des pompiers, et dont l'adulte se souvient et qu'il peut même revivre : d'ailleurs sans doute des peintres, des musiciens assurément, comme Charles Ives, s'en sont souvenu. Oui, elle peut être là dans le spectacle partagé d'un match de football, dans les soins portés au jardin, et même dans celui accordé à un carré de gazon ! L'intention de Dewey ici ne souffre aucune ambiguïté : rétablir, sous l'angle de l'esthétique, la continuité de l'expérience, de l'expérience la plus ordinaire à l'expérience la plus raffinée, et même récuser sous ce même angle les dualismes établis entre l'art et la pensée, le corps et l'esprit, les sciences et les arts.

Une expérience qui n'en est pas moins une expérience cognitive

De même doit être récuser le dualisme hérité et tenace qui oppose émotion et connaissance, sensible et savoir. Dewey ne le dit peut-être pas explicitement, mais il s'agit bien là d'une conséquence inhérente à sa philosophie esthétique : l'expérience esthétique est une forme de connaissance, ou du moins enveloppe une forme de connaissance. On y apprend quelque chose du monde, qui ne pourrait être acquis autrement. Certes, il s'agit d'une connaissance, d'un savoir particulier, spécifique : une connaissance ou un savoir sensible, du sensible, à même le sensible, et, rappelons-le, indissociablement intellectuel et émotionnel. Non pas un savoir ou une pensée qui se surajouteraient à l'expérience par le travail intellectuel de l'interprétation, mais qui se déploient dans l'expérience.

Dès lors, ce seuil sur lequel l'artiste et le scientifique peuvent faire œuvre commune, comme on peut le voir dans les résidences de la scène de Meylan, cette « surface d'échanges » entre arts et sciences qu'évoque Christian Ruby et qu'illustre la découverte que fait le physicien Étienne Klein du photographe Gilbert Garcin, ne sont nullement l'espace de la rencontre entre, d'un côté, un domaine qui relèverait de l'émotion, du sentiment, et de l'autre, du savoir, comme s'il fallait apporter aux sciences une sorte de supplément d'âme et de chair grâce aux arts. Sur cette surface d'échanges se croisent deux modalités de notre relation cognitive au monde.

Un « mode créatif de perception »

Cet autre regard sur l'expérience esthétique que permet la philosophie de Dewey permet enfin de s'arrêter sur l'une des notions les plus embarrassantes, et souvent irritante, présente dans le champ de l'éducation : la notion de *créativité*. « Développer la créativité » dans l'éducation de base, dans l'éducation pour tous, voilà un objectif sur lequel s'accordent tant les promoteurs de l'éducation artistique que ceux de l'éducation scientifique, tant la philosophie humaniste de l'UNESCO que le libéralisme affiché et décomplexé des services éducatifs de l'OCDE. En somme, sur le plan éducatif, pédagogique, la « créativité » serait le point commun, le point de convergence de l'éducation artistique et de l'éducation scientifique, et donc de dépassement de la séparation des sciences et des arts.

Qu'il y ait une créativité inhérente à l'activité scientifique et nécessaire à sa fécondité, et qu'il faille en tirer les conséquences éducatives, nul doute là-dessus, et il y a pour cela beaucoup à faire. Qu'à certains égards l'éducation artistique contribue à l'éducation scientifique, et réciproquement, cela aussi peut s'entendre.

Mais que faut-il entendre par « créativité » ? On trouve, dans la réflexion du psychanalyste Donald Winnicott une pensée de la créativité qui prend ses distances avec une conception « productiviste » (la créativité se mesurant à ses productions) et la tire du côté de l'expérience, et même, me semble-t-il, de la dimension esthétique de l'expérience, et qui peut ouvrir sur une conception stimulante de la créativité scientifique. Winnicott définit en effet la créativité comme une conduite, une attitude, précisément « comme la coloration de toute une attitude face à la réalité extérieure ». En somme, on peut être créatif sans être nécessairement créateur – si créateur renvoie à la production d'une œuvre, dans quelque domaine que ce soit. La créativité désigne alors *une manière d'être*. Il s'agit avant tout, écrit Winnicott,

d'un mode créatif de perception qui donne à l'individu le sentiment que la vie vaut la peine d'être vécue ; ce qui s'oppose à un tel mode de perception, c'est une relation de complaisance soumise envers la réalité extérieure : le monde et tous ses éléments sont alors reconnus mais seulement comme étant ce à quoi il faut s'ajuster et s'adapter. (pour cette citation et la précédente : Winnicott, 1975 : 91)

Un *mode créatif de perception* : voilà la formule développée que Winnicott nous invite à substituer au terme trop ambigu de « créativité ». Percevoir le monde, être pleinement au monde par la relation qu'on noue avec lui, ce serait, en quelque façon, « créer » ce monde comme monde à vivre et à penser, à partager. Pour que le monde s'ouvre sur ses possibles, il faut que je fasse la moitié du chemin, y apporte ma part, ma capacité de valorisation. Sans cela, le monde demeure un « donné » immuable, fermé, et nous ne sommes plus nous-mêmes que des êtres soumis à ce donné, à l'ordre des choses. J'avancerai alors une hypothèse, sous la forme d'une interrogation : l'esprit scientifique, qui ne va pas sans audace, aurait-il pu, pourrait-il jamais se développer dans un rapport au monde de soumission, d'ajustement, d'adaptation ? On peut en douter. Mais alors, ne faut-il pas que la créativité scientifique en passe d'abord par une certaine manière d'être, une relation au monde qui est précisément celle que Winnicott appelle « un mode créatif de perception » ?

Pour conclure. Quelques nouvelles de Mars...

Au terme de ce tour d'horizon des façons dont les arts et les sciences entrent ou tentent d'entrer en relation, et au vu des interrogations et des réflexions qu'il suscite, un double constat pourrait faire office de conclusion.

Le premier constat prend acte de la séparation des arts et des sciences. Celle-ci est constitutive de notre culture, et si les arts et les sciences n'en nouent pas moins de fécondes relations, celles-ci ont leurs racines et leurs raisons d'être dans la séparation même. L'ambition positiviste de faire de la science le tout de la culture et de la vie, de reconstruire l'ensemble de la culture et de la société sur la seule base de la science n'était au fond que le symétrique inversé de l'ambition métaphysique de l'art, de la tentation romantique du Savoir Absolu.

Le second constat pourrait sembler contredire le précédent. Comme nous venons de le voir, les principaux traits de l'expérience esthétique ne sont-ils pas présents dans l'activité scientifique ? En effet, bien des traits caractéristiques de la conduite esthétique, de l'expérience esthétique, peuvent être repérés également dans le travail scientifique, dans la « conduite » scientifique. Le paradoxe n'est qu'apparent. Il résulte d'un changement de l'angle d'analyse, d'un déplacement de la focale. C'est

tout l'intérêt, tout le mérite de la philosophie de John Dewey, d'une philosophie qui est fondamentalement une philosophie de l'expérience⁸, de nous permettre de comprendre les activités scientifiques et les activités esthétiques comme deux modalités de notre relation cognitive au monde.

Il n'en reste pas moins que les institutions éducatives et culturelles pour la plupart vivent sous un régime de séparation des sciences et des arts dans lequel celles-là maintiennent ceux-ci dans une forme de subordination et de minoration dont il faut espérer que les bases ont commencé à s'effriter. De cette situation dont il faut bien sortir, Nelson Goodman brossait le portrait dans une réjouissante fiction. Dans un texte à l'ironie mordante, sous le titre : *Un message en provenance de Mars*, Goodman met en scène un certain « Professeur Hans Trublemacher, un spécialiste distingué en sciences de l'éducation », compétence qui lui vaut d'être « appelé sur Mars comme consultant, à la demande des Martiens intéressés par l'état des sciences, dans la principale université de la planète » (Goodman, 1996 : 89-90).

Ce que cet éminent spécialiste découvre sur Mars est consigné dans une lettre décrivant ses expériences, à laquelle Nelson Goodman prend un malin plaisir à prêter sa plume inventive... Qu'on se figure donc que le professeur Trublemacher commence par découvrir que sur Mars « les cours officiels à l'université portaient presque entièrement sur les arts et en couvraient tous les aspects ». De plus, « l'université entretenait des compagnies d'acteurs professionnels, [...] certains partiellement occupés par des tâches d'enseignement, d'autres exclusivement mobilisés par leur propre œuvre » (pour cette citation et la précédente : Goodman, 1996 : 90). Cette situation bien entendu justifiait l'existence de « toutes sortes de théâtres équipés, des salles de concert, des ateliers, des musées et des équipes techniques expertes » (*Idem* : 90-91). L'étonnement du missionnaire avait dû redoubler quand il avait appris qu'« en revanche, les seuls enseignements de sciences proposés concernaient l'histoire des sciences et des technologies liées à un aspect ou à un autre du travail artistique » (*Idem* : 91). On imagine sans peine le « trouble » du professeur, confronté

⁸ Précisons pour éviter tout malentendu que l'expérience dont parle Dewey est l'expérience vécue, le « vécu expérimental », le « *what is being experienced* » (qu'il faudrait traduire par un néologisme : « ce qui est expérimenté »), et non « l'expérimental ».

de surcroît au discours justificatif de la parole officielle qu'on lui opposait quand il faisait part de son étonnement. On lui expliqua ainsi que les sciences n'étaient nullement ignorées, et tenaient une grande place dans ce qui se faisait « à l'extérieur du cursus d'études » (*Idem* : 92). Et il put en effet de lui-même le constater, prendre acte, non sans être impressionné, de « la quantité et la qualité des activités scientifiques hors cursus » (*Idem* : 91), des nombreux clubs, de biologie, de chimie, de physique, etc., « installés dans les cités universitaires », des éminents invités qu'accueillait l'université : « des hommes de sciences célèbres venaient à l'Université pour au moins deux ou trois jours chaque fois, de manière à ce que les étudiants puissent les voir à l'œuvre » (*Idem* : 92-93).

Sur les plans pédagogique et académique, le discours officiel expliquait que la faculté était « fermement convaincue que l'intrusion des sciences dans les programmes validant la formation abaisserait le niveau, que le génie et la compétence scientifiques ne pourraient se développer par une éducation formelle ni être évalués sur la même base que le travail propre au programme artistique de l'université » (*Idem* : 91-92). La philosophie d'ensemble de l'université martienne fut révélée au professeur Trublemacher par un membre influent de l'université, personnellement engagé dans la promotion des activités scientifiques au sein de son établissement :

Enseigner tous les arts était la fonction véritable de l'Université. Il considérait l'activité scientifique comme une activité essentiellement professionnelle qu'il valait mieux laisser à des écoles techniques. De plus, la science, pour autant qu'il ne s'agissait pas de technologie, constituait une simple activité de loisir, dont la seule valeur était le divertissement ; à l'Université, les activités scientifiques, comme les activités sportives, devaient être séparées du cursus fondamental. Le rôle spécifique de la physique, lui semblait-il, était fort proche de celui du football. (*Idem* : 94)

Toute ressemblance avec une université réelle ou des personnes réelles seraient bien entendu purement fortuite... Mais le lecteur qui l'ignorerait ne sera pas étonné d'apprendre que l'auteur de cette fiction, le philosophe Nelson Goodman, fut le créateur et premier directeur à Harvard du tout premier laboratoire de recherche fondamentale consacré à l'éducation artistique, et de son programme *Project Zero*.

Références bibliographiques

- AUROUX Sylvain, 1990. *Barbarie et philosophie*, Paris, PUF.
- CHKLOVSKI Victor, 2008 [1917]. *L'art comme procédé*, Paris, Éditions Allia [trad. fr.].
- DEWEY John, 1913. « L'éducation au point de vue social », *L'année pédagogique*, Paris, Alcan, p. 32-48.
- DEWEY John, 2005 [1934]. *L'art comme expérience*, Pau, Éditions Farrago [trad. fr.].
- DURKHEIM Émile, 1969 [1938]. *L'évolution pédagogique en France*, Paris, PUF.
- DURKHEIM Émile, 1974 [1963]. *L'éducation morale*, Paris, PUF.
- FRANCASTEL Pierre, 1965. *Peinture et société. Naissance et destruction d'un espace plastique, de la Renaissance au cubisme*, Paris, Gallimard.
- GOODMAN Nelson, 1996. *L'art en théorie et en action*, Paris, Éditions de l'Éclat [trad. fr.].
- JACQUARD Albert, 1992. *La légende de la vie*, Paris, Flammarion.
- KERLAN Alain, 1998. *La science n'éduquera pas. Comte, Durkheim, le modèle introuvable*, Bern/Paris, Éditions Peter Lang.
- LE CAHIER DE L'ATELIER ART - SCIENCES, 2007. « Résidence 2007 », 1, Grenoble, Éditions Théâtre Hexagone, https://hexagonarts.eu/atelier-arts-sciences/wp-content/uploads/sites/21/2020/03/pdf_cahiers_ateliers_arts_sciences_bd.pdf (consulté le 19/12/2023).
- LÉVY-LEBLOND Jean-Marc, 1986. *Mettre la science en culture*, Nice, éditions ANAIS.
- LÉVY-LEBLOND Jean-Marc, 2008. « (Re)mettre la science en culture : de la crise épistémologique à l'exigence éthique », *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 56, p. 7-16.
- MAITTE Bernard, 2000. « Mettons la science en culture », *Spirale*, 26, p. 23-33, <https://doi.org/10.3406/spira.2000.1485>.
- RUBY Christian, 2010. « L'interférence », *Les Cahiers de l'Atelier Arts – Sciences*, 4, Éditions Théâtre Hexagone, p. 13-14, https://hexagonarts.eu/atelier-arts-sciences/wp-content/uploads/sites/21/2020/03/pdf_as_exeo.pdf (consulté le 19/12/2023).
- SCHAEFFER Jean-Marie, 2000. *Adieu à l'esthétique*, Paris, PUF.
- SCHAEFFER Jean-Marie, 2015. *L'expérience esthétique*, Paris, Gallimard.
- WINNICOTT D. W., 1975. *Jeu et réalité. L'espace potentiel*, Paris, Gallimard [trad. fr.].
- WOLFF Francis, 2019. *Plaidoyer pour l'universel*, Paris, Fayard.

Postface

Sciences et Connaissances : une question de sujet

Cora COHEN-AZRIA

RÉSUMÉ

À partir d'un ancrage en didactique des sciences, c'est la dynamique entre sujet de la recherche (chercheur, scientifique...) et objet de recherche (les contenus au sens large) qui est ici centrale. Dans cette contribution, les sciences sont d'abord analysées comme discipline d'enseignement explorant les questionnements autour de la conscience disciplinaire des sujets, de la naturalisation des concepts, des différentes recontextualisations possibles (que celles-ci soient en lien avec l'espace de leur élaboration ou avec les choix politiques et sociétaux d'une époque). Les sciences sont ensuite pensées comme le fruit de l'activité du scientifique. En effet, penser la science ne peut pas se concevoir en faisant abstraction du sujet premier de la recherche : le chercheur lui-même. Il se caractérise par ses spécificités, ses singularités qui prennent place dans l'espace théorique culturel et partagé. Mettre de côté les singularités du sujet chercheur n'est pas plus objectif que de choisir de les identifier, d'apprendre à les connaître, à les définir pour les contrôler sans les nier. Ainsi, sont alors interrogées les notions plus rarement mises en relation avec ce champ, comme celle de communauté, d'invention, de religion ou encore d'émotion.

MOTS CLÉS : sujet didactique, conscience disciplinaire, sciences, religion, didactique des sciences

Il y a des espaces scientifiques de réflexion précieux et rares, cet ouvrage en est un, et ce, pour plusieurs raisons. J'en présenterai deux en ouverture. La première tient au fait que nos communautés se structurent disciplinairement ou autour de champs de recherche circonscrits. Les débats s'inscrivent alors dans des questionnements autour de concepts et de théories discutés, partagés. Dans le cadre de cet ouvrage, le parti pris

a été de mettre en discussion des chercheurs issus de disciplines et de champs de recherche contrastés afin d'interroger les multiples dimensions de l'être humain et de la connaissance examinant des axes épistémologiques, éducatifs et culturels. La deuxième raison que j'ai choisie d'avancer ici est la nature même de ce qui est mis en partage. Sont alors au cœur de ce projet, la réflexion autour de la construction même des connaissances, celle de l'élaboration des sciences et de leurs contenus, non pas dans un cadre unique, mais dans des problématiques multiples. Il s'agit dès lors d'étudier les sciences, leurs natures, leurs spécificités et leurs frontières, de les interroger au regard de la réalité et de l'imaginaire, d'observer les sujets eux-mêmes afin d'explorer les notions de raison, de créativité ou encore d'émotion. Enfin, dans une société comme la nôtre où, dans certains domaines, il est plus fréquent de penser les oppositions franches que les nuances, les ruptures plutôt que les continuités, proposer ici le temps de la réflexion sur l'art, la science ou encore la religion permet de concevoir un espace fécond tant pour les communautés de recherche que pour la société dans laquelle elles prennent sens.

Au terme de ces rencontres et de la lecture de ces textes, il me faut d'abord contextualiser le lieu d'où je parle et d'où je lis afin de saisir l'ancrage de mon propos. Pour ce faire, il existe au moins deux manières de dire : exposer d'abord le champ et les disciplines de recherche dans lesquelles je me situe ou bien me situer au sein de ces espaces scientifiques. La forme du propos impacte alors le sens que l'on reconstruit. Lorsque j'écris que mes deux espaces de recherche sont la didactique des sciences et la muséologie des sciences ou que je suis didacticienne des sciences, la distinction se joue principalement sur la nature du sujet en jeu au sens grammatical du terme. S'agit-il de l'objet de recherche (les contenus, les concepts, les notions, les savoirs) ou du sujet de la recherche au sens didactique (le chercheur, le scientifique). Initier ce propos par cette distinction est essentiel dans le cadre de cette contribution tant elle a constitué un point d'entrée et un éclairage dans la manière de saisir les textes qui précèdent. En effet, les liens entre sujet et objets sont en lien permanent, et cette dynamique constitue un des moteurs des recherches que celle-ci soit pensée, impensée, explicite ou implicite.

Ce lien entre sujet de la recherche (le chercheur) et objet de recherche (les contenus au sens large) se lit dans les écrits scientifiques eux-mêmes, dans les ancrages théoriques qui y sont développés, dans les questionnements scientifiques, les données construites, mais également dans les formes de l'écrit. Les normes de l'écriture scientifique symbolisent un des lieux forts de cette tension entre sujet et objet. Les écritures sont normées, partagées, elles prennent place dans un collectif tout en étant à la fois singulières. Elles sont définies, décrites, transmises, et constituent également l'outil de la pensée et celui de la création. Cependant, un paradoxe est intéressant à souligner, cette création intellectuelle dont il est question ici peut parfois s'exprimer dans des formes tellement contraintes et semblables entre elles dans les contributions qu'elle laisse s'interroger parfois sur la place du sujet chercheur et de son implication singulière. Toutefois, les formes de l'écriture scientifique peuvent être et doivent être questionnées, mais est-ce possible ou envisageable d'écrire la recherche autrement ? (Arsenault *et al.*, 2022). En s'appuyant sur Charmillot *et al.*, 2006 ; Chapman et Sawchuk, 2012, les auteurs précédents écrivent : « l'opposition entre écriture "créative" et écriture "scientifique" persiste donc, tout comme l'idée que ces écritures ne peuvent coexister dans une démarche valable ». Arsenault *et al.* (2022) précisent que :

[D]epuis le XVII^e siècle, l'écriture est appréhendée selon deux formes distinctives, voire mutuellement exclusives : littéraire (fictionnelle, esthétique, affective) et scientifique (référentielle, neutre, rationnelle, transparente) (Meier, Merrone et Parchet, 2006 ; Richardson et St Pierre, 2005). Suivant le paradigme du postpositivisme (Bonoli, 2006 ; Lincoln, Lynham et Guba, 2000) et estimant de la sorte représenter plus objectivement la réalité, les sciences humaines et sociales – plus particulièrement, dans le contexte qui nous concerne, les recherches en communication – ont historiquement adopté les normes de l'écriture dite « scientifique », inspirée des sciences de la nature. Selon ces normes, le texte est conçu comme « simple lieu d'amarrage des données recueillies sur le réel » (Meier, Merrone et Parchet, 2006, p. 3) et est fondé sur une « neutralité présupposée, liée à un idéal d'objectivité et d'extériorité du chercheur » (Dayer, 2009) : la chercheuse ou le chercheur, par son écriture – qui se veut « neutre », « impersonnelle » –, tente ainsi de se distancier, voire de s'extraire de ce qu'elle ou de ce qu'il tente d'exprimer.

Ainsi, cette contribution, positionnée en fin d'ouvrage, écrit à la manière d'un propos de grand témoin m'autorise une forme d'écriture particulière. Ou peut-être serait-il plus juste d'écrire que je m'autorise une forme d'écriture singulière, du fait de la place de ce propos dans l'ouvrage, mais aussi de ce que je souhaite énoncer et proposer à la réflexion. Il s'agit de concevoir ce texte comme un cheminement de pensée issue de la rencontre entre ma lecture des textes qui précèdent et les axes de réflexion qu'ils m'ont permis de construire dans le cadre de mon espace de recherche. Ainsi, deux temps structurent cette réflexion, le premier autour du savoir, de sa naturalisation et de ses contextualisations et le second se focalisant sur la place du sujet. Il s'agit alors de partir de thèmes discutés pour aller vers des questionnements moins explorés dans les recherches.

Par ailleurs, je choisis le *Je*. Et je sais à quel point certains lecteurs pourront être gênés par ce choix qu'ils voient comme une subjectivité non scientifique. Pourtant cette forme peut aussi être conçue comme une subjectivité assumée dans le cadre d'une écriture scientifique, j'y reviendrai tout au long de ce propos.

Les sciences, des disciplines scolaires

Les sciences s'actualisent dans la société de différentes manières selon les lieux. Maurines et Fuchs-Gallezot proposent d'ailleurs ici des dimensions fines permettant de réfléchir à la caractérisation des sciences. L'école participe de cette actualisation. Ainsi, les disciplines scolaires sont souvent pensées dans la société comme étant en lien direct avec les disciplines scientifiques. Les travaux de didactiques montrent que ce lien n'est pas aussi simple que cela. Entre la théorie de la *transposition didactique* (Chevallard, 1991 [1985]), celle complémentaire des *pratiques sociales de références* (Martinand, 1986) ou encore les positionnements contrastés de Chervel (1988) qui considèrent certaines disciplines scolaires comme des objets scolaires spécifiques, les disciplines scolaires se composent et se recomposent au fil des époques et des projets de sociétés. Quoiqu'il en soit dans l'espace de la recherche en éducation, pour le grand public, elles constituent des entrées vers les disciplines scientifiques, l'espace scolaire étant pensé alors comme un tremplin. Ainsi, il est intéressant d'étudier l'image associée

aux différentes disciplines scolaires. Dans l'espace des didactiques, Reuter (2021) a défini le concept de *conscience disciplinaire* :

comme la manière dont les acteurs sociaux et, en premier lieu, les sujets didactiques – élèves, mais aussi enseignants – (re) construisent telle ou telle discipline. Il s'agit donc d'une notion relativement récente. Elle renvoie cependant à un ensemble de travaux plus anciens et attentifs, même de manière moins systématique, aux représentations des élèves quant aux contenus disciplinaires et à l'« image » de la discipline (Colomb, 1993), tels qu'ils se construisent, notamment au travers des interactions entre maîtres, élèves et contenus d'enseignement et d'apprentissages.

Dans le cadre de ces recherches sur la conscience disciplinaire en sciences (Cohen-Azria, 2013), les élèves mettent en avant le fait que la discipline Science permet de se comprendre ainsi que de comprendre le monde qui les entoure. Comprendre le monde, avoir prise sur lui est bien une des dimensions associées aux sciences tant dans la classe que dans l'espace scientifique. Les formulations largement consacrées par les élèves concernant ce point de vue peuvent être synthétisées dans la formule banale et partagée suivante : *les sciences répondent à nos questions*. Si la science répond, qu'en est-il de la formulation des questionnements ? Dans les contenus, les dires des contenus, les énoncés de savoir, où est le scientifique ? Où sont les scientifiques ? Qui dit le théorème, la théorie ? Qui les conçoit ? Nous en revenons ici à notre question initiale entre objet de savoir et sujet de la recherche.

Naturalisation des savoirs

La naturalisation possible des sciences est un thème important lorsque l'on analyse les espaces d'enseignement et d'apprentissage, c'est-à-dire l'école, les espaces de formation des enseignants, ou encore les lieux de vulgarisation scientifique telles que les expositions (au sein de musées et autres centres de culture scientifique et technique et industrielle - CCSTI). En effet, dans le cadre des recherches en didactique autour de l'analyse des contenus d'enseignement dans les espaces scolaires, il a été montré à quel point les savoirs sont le plus souvent dépersonnalisés pour être enseignés (Chevallard, 1991 [1985]). En 1979, Rumelhard mettait déjà en évidence la dogmatisation

des savoirs dans l'enseignement. Dans les classes de sciences, il est très fréquent d'observer, d'une part, l'absence de signature associée aux savoirs, et d'autre part leur décontextualisation. Finalement, les contenus ne sont que rarement mis en relation avec le travail des scientifiques. Comme déjà énoncé, ce constat n'est pas nouveau. Toutefois, cette dépersonnalisation des éléments de connaissances, hors des « stars » nationales, n'est pas l'apanage des scientifiques lorsque les contenus entrent en classe. En effet, un parallèle est possible à faire avec l'activité même des élèves en sciences. Dans les recherches menées dans le cadre de comparaisons de pédagogies contrastées, travailler sur l'usage des prénoms et des noms d'élèves sur les documents scolaires s'avère tout à fait intéressant (Cohen-Azria, 2007). Massivement, en classe de sciences, les noms sont mobilisés afin de marquer la possession. Il s'agit d'indiquer que le cahier de sciences appartient à tel élève, que cette photocopie ou ce document à tel autre. Le nom peut également faire fonction de signature dans le cadre des évaluations. Dans la recherche citée, seules les classes issues de la pédagogie Freinet observées se distinguaient dans leurs fonctionnements. Dans ce contexte, il est demandé aux élèves d'apposer leurs noms pour signer leurs travaux scientifiques. Ainsi, lorsqu'un élève fait une recherche, son travail prend place dans tous les classeurs des élèves avec sa signature. Chaque thématique travaillée en classe constitue alors le résultat d'un travail de recherche, de documentation, d'exploration, réalisé par un élève spécifique ou par un groupe d'élèves. Dans les archives de la classe ou même parfois de l'école sont alors conservés ces documents associant les contenus de savoirs à leurs références, en l'occurrence ici le nom de l'élève. Les savoirs sont alors mis en relation avec les auteurs de la recherche scolaire. Il convient tout de même de préciser qu'il n'est pas possible de généraliser les résultats de cette étude. Celle-ci s'inscrit dans un contexte spécifique. Mais cette analyse par la fonction du nom de l'élève dans l'espace scolaire en sciences est particulièrement éclairante des postures scientifiques en jeu dans les classes et enseignées dans celles-ci. Elle donne à voir les liens construits ou déconstruits entre les sujets (ici les élèves en recherche scolaire) et les objets de sciences à l'école.

Dans certains travaux, cette naturalisation des savoirs a été mise en relation avec une dogmatisation dans l'enseignement des sciences. N'Diaye

et Clément (1996) ont, par exemple, comparé l'enseignement des sciences et la transmission des mythes dans le cadre de la reproduction de la guêpe maçonne au Sénégal. Les deux modalités de discours se sont révélées être très proches, voire identiques, mettant les élèves dans une écoute d'adhésion, plutôt que de réflexion ou de compréhension. Dans ce cadre, les élèves traversent des dispositifs d'enseignement les amenant à construire les sciences comme des vérités décontextualisées ayant une valeur dominante par rapport à d'autres savoirs. Ce qui conduit cycliquement à se poser la question de savoir ce que l'on doit, ce que l'on choisit, ce que l'on peut enseigner en sciences. Les discours pédagogiques ont alors souvent mis en balance l'enseignement des résultats de la science avec celui de la science en train de se faire. L'insertion d'un enseignement d'histoire des sciences et d'une réflexion épistémologique est un des leitmotivs dans ces champs. Les contributions qui précèdent étoffent, sans aucun doute cette problématique. Ainsi, Wolfs, dans son écrit, étudie les modalités d'acceptation de conceptions sécularisées ou non sécularisées des sciences, et ce dans une exploration internationale. Il identifie différents facteurs (culturels, sociologiques et didactiques) afin d'éclairer les positionnements de lycéens et mieux saisir les effets des dispositifs didactiques sur la construction des distinctions entre les registres scientifiques et les autres registres comme celui du religieux (si celui-ci peut être pensé comme singulier).

La décontextualisation des savoirs scientifiques dans le cadre de leur enseignement constitue un questionnement important. Cela nous amène à nous demander de quoi cette (re)contextualisation serait-elle faite ?

Une recontextualisation des savoirs

Les recontextualisations s'avèrent être plurielles. Par exemple, les savoirs peuvent être recontextualisés par rapport à l'espace de leurs élaborations. Il s'agit alors de les présenter en lien avec les scientifiques, leur travail, leur questionnement. Mais la recontextualisation peut aussi s'enraciner dans la présentation de la société, des choix politiques et sociaux d'une époque. Finalement, ces recontextualisations permettent toujours de redonner place au sujet chercheur. Parce que la recherche scientifique est bien une histoire humaine, une aventure humaine.

J'ai évoqué plus haut la recherche sur la conscience disciplinaire des jeunes élèves concernant les sciences. Je peux compléter ce propos avec l'expérience récurrente que je rencontre d'année en année dans le cadre d'un enseignement spécifique à l'université. Lors d'un semestre en Master 1, précisément en cours de didactique des sciences, je propose aux étudiants de sciences de l'éducation de travailler sur leurs rapports aux sciences, sur l'image qu'ils ont de la discipline scientifique et de sa version scolaire. Il s'agit de les questionner sur ce que sont les sciences et ce qu'elles ne sont pas. Et, chaque année, cet enseignement provoque toujours des crispations et même des formes d'agacement chez certains étudiants que je ne rencontre jamais dans d'autres enseignements. Un des outils didactiques parmi les plus controversés s'avère être un tableau proposé par Gérard Fourez (2002 [1988]) présentant les idéologies contrastées concernant les sciences et les technologies. Le débat devient même, pour certains étudiants, insupportable en se cristallisant systématiquement sur des questionnements autour desquels le groupe se fissure : les sciences sont-elles des processus humains contextualisés ? Ou le monde est-il organisé par des règles précises ? Si, dans un cas, le scientifique est vu comme un découvreur, dans l'autre, il est plutôt considéré comme un inventeur, un créateur. D'ailleurs, le processus créatif, c'est-à-dire le fait même de générer des idées, de réaliser de nouvelles productions adaptées en permanence à des contextes spécifiques fait l'objet de la contribution de Lubart ici. Il explore la pensée créative, les facteurs en jeu, le potentiel créatif et ses émergences. Il s'agit pour cet auteur de travailler sur les processus créatifs des étudiants en art et en sciences afin d'interroger les séquences spécifiques d'activité. Dans l'expérience d'enseignement rapportée plus haut, il apparaît que la distinction entre découvreur et inventeur s'avère véritablement vertigineuse à concevoir pour certains étudiants. Considérer la place du sujet comme centrale dans la construction et l'élaboration de savoirs semble difficile à concevoir pour certains étudiants. Ils structurent alors leur pensée autour de la notion de découverte envisagée comme fondamentale et constitutive de l'histoire des sciences. Les contextes géographiques peuvent s'avérer très différents comme nous l'avons vu dans la contribution éclairante de Sabine Rabourdin autour de la subjectivité culturelle. La comparaison qu'elle établit entre les physiciens français et indiens montre que lorsque *l'un déclare croire en la science et poser le déterminisme comme base de la science,*

L'autre pose l'évolution de l'univers comme non déterminé. Les questions que pose Sabine Rabourdin sont essentielles : la science uniformise-t-elle les différences culturelles de représentation du réel ? Ou les *themata* des physiciens français et indiens sont-ils différents ? Il s'agit alors de penser que les travaux des uns ou des autres n'amènent pas à construire du vrai ou du faux, mais de l'acceptable (une vision du monde) dans un contexte précis et défini. Cela fait écho à la contribution de Soler qui étudie subtilement des ensembles de présupposés fondamentaux inconscients, participant au pilotage des actions, des jugements, des idées quant aux conceptions et aux pratiques des sciences.

Si les contextes pèsent sur les images des sciences, ainsi que sur les pratiques qui leur sont associées, elles pèsent d'autant plus sur le sujet.

Questionner le sujet

Un sujet interchangeable ?

Mettre en parallèle le travail du scientifique avec celui d'un inventeur, d'un créateur permet de décaler le centre de l'activité scientifique nous amenant alors à nous interroger sur la question de la subjectivité du regard du chercheur. Il ne s'agit pas ici d'opposer cette posture à celle d'objectivité, mais d'introduire au sein de celle-ci la place du sujet chercheur.

En effet, penser la science ne peut pas se concevoir en faisant abstraction du sujet premier de la recherche : le chercheur lui-même. Il se caractérise par ses spécificités, ses singularités qui prennent place dans l'espace théorique culturel et partagé. Celles-ci influent inévitablement les processus de l'étude, la construction du corpus, l'élaboration des éléments d'analyse, ou encore le questionnement construit. Mettre de côté les singularités du sujet chercheur n'est pas plus objectif que de choisir de les identifier, d'apprendre à les connaître, à les définir pour les contrôler sans les nier. Il s'agit alors d'assumer la subjectivité du chercheur dans le but d'élaborer une posture d'objectivité. Cette posture s'exprime par ce que nous mettons en mots et en partage : que disons-nous de cet ancrage subjectif ? Que faisons-nous ? Pour quelles raisons faisons-nous ces choix ? Que reste-t-il d'implicite dans nos postures, dans nos

places ? Que partageons-nous dans la sphère publique scientifique et que gardons-nous dans l'espace privé, intime ? Nous achevons tous nos écrits scientifiques par des bibliographies scientifiques, mais nous ne donnons rien à voir des bibliothèques intérieures qui nous accompagnent dans nos réflexions et qui sont pourtant fondamentales¹. Toutefois la question peut également se poser sur la conscience que nous avons des influences qui nous traversent et qui prennent racine hors de l'espace scientifique. Cette réflexion n'est pas spécifique à un espace scientifique plutôt qu'à un autre, mais à une posture de questionnement dans le cadre de l'élaboration des savoirs. Pourtant, certaines représentations ou imageries collectives basées sur une première dichotomie du monde scientifique procèdent à une division entre les espaces scientifiques amenant parfois à des tournures linguistiques sous forme de boutades entre *sciences dures* et *sciences molles* ou encore *sciences humaines* et *sciences inhumaines*. Ces « mots d'esprit » révèlent, entre autres, la façon de concevoir ces espaces et leurs frontières que celles-ci soient pensées comme étanches ou comme des lieux de passage comme l'énonce dans sa contribution Alain Kerlan.

Les sciences, le sujet, l'émotion

Les sciences étant pensées par le grand public comme étant neutres et objectives sont de fait envisagées comme nécessairement à distance de la question des émotions. Pourtant, dans la recherche sur la conscience disciplinaire référée aux sciences, concernant des élèves de cycle 3 inscrits au sein de différentes pédagogies, deux résultats sont à la fois instructifs et questionnent (Cohen-Azria, 2013). Alors que le collectif de recherche a étudié différentes disciplines scolaires (le français, les mathématiques, l'histoire, les sciences), dans les propos des élèves, seules les sciences ont été associées à la notion d'émotion. Certes ce résultat n'est pas massif, mais l'exclusivité de cette association avec les sciences suffit à le renforcer. Il s'agit, pour certains élèves, d'évoquer une forme de peur ou de dégoût associée aux concepts et aux pratiques spécifiques : la mort, la sexualité,

¹ La série de colloques sur les figures inspirantes ainsi que le premier ouvrage qui en est issu (Casanova & Roelens, 2022) s'intéresse précisément à ces questions : <https://www.figuresinspirantes.com/> (consulté le 14/02/2024).

les dissections, la présence d'organes à observer, celle d'organes décontextualisés... Dans l'étude en question, ces marqueurs n'apparaissent jamais dans les propos associés aux autres disciplines scolaires. Ce résultat entre en résonance avec les éléments issus de récits de souvenirs de classe de sciences réalisés par des étudiants (Cohen-Azria, 2020). En effet, ces écrits mettent en scène de manière importante des émotions marquantes toujours associées aux classes de sciences et aux pratiques qui s'y déploient. Lorsque l'on s'intéresse à l'enseignement, à l'apprentissage, à la vulgarisation ou encore à la sensibilisation référés aux sciences, la question des émotions ne peut pas être exclue de fait. Toutefois, la question se pose de savoir si les didactiques prennent en charge cette question des émotions dans les recherches. Il apparaît que celle-ci n'est pas particulièrement développée et que le sujet didactique n'est que peu construit aux prises avec l'émotion dans les recherches construites dans ce champ. Certes, il existe des travaux comme ceux sur le vécu disciplinaire interrogeant la manière dont les sujets didactiques élèves vivent et se vivent dans les différentes disciplines (Reuter dir., 2016), mais force est de constater que seuls quelques courants de recherches en didactique, en particulier ceux qui dialoguent avec la psychanalyse et la clinique ont développé ces axes de questionnements.

Un sujet et une communauté

Si des questions se posent concernant le sujet chercheur en tant que tel, nous ne pouvons pas faire l'économie de la place de la communauté scientifique et de celle de la communauté de recherche. Au sein des classes, des espaces de formations, comme dans les laboratoires, il s'agit de penser à l'instar de Jaubert *et al.* (2003) avec la notion de communauté discursive. Lahanier-Reuter (2021) met en mot ce concept de la manière suivante :

il s'agit donc pour l'élève d'entrer dans une communauté (un collectif d'apprentissage), envisagée comme communauté discursive (ce qui renvoie au rôle fondamental du langage dans la construction des connaissances), plus précisément dans une communauté discursive scientifique (dans la mesure où ce qui s'y apprend est référé à des domaines de connaissances, voire à des communautés « savantes »), et plus précisément encore dans une communauté discursive scientifique scolaire (dans la mesure où, à la différence des communautés scientifiques qui peuvent servir de

référence, il ne s'agit pas de *produire* des connaissances nouvelles, mais de *s'approprier des savoirs déjà existants* dans la culture de la société).

Les représentations sociales fréquentes tendent à minimiser le rôle de la communauté pour penser le chercheur dans une activité solitaire. Il me plaît d'employer ce terme de communauté parce que, dans le langage courant, il est le plus souvent associé aux espaces en lien avec les religions. Les prudences sont alors de mise autour de l'importance de ne pas la penser comme uniforme, mais faite de sujets différents, ayant des approches spécifiques. Or, il en est de même dans toutes les communautés : il s'agit de les penser comme des espaces de relative cohérence, ayant des mots, des concepts, des outils, des objets, des questions, des réponses partagées, mais faites de positionnements spécifiques. Il est alors intéressant de revenir sur les liens questionnés ici entre religions et sciences. Justement, c'est ce qu'étudient minutieusement Wolfs et Haine dans leur contribution. Ils y proposent un modèle d'analyse des postures entre sciences et croyances religieuses, présentent leurs actualisations, étudient les racines explicatives de ces postures et discutent les enjeux éducatifs en lien avec leurs questionnements.

De manière générale, dans les discours sociaux quotidiens, il est intéressant de noter que la religion est généralement mise en relation avec la notion de croyance avec une forme d'évidence, nous y reviendrons. Toutefois, ce n'est pas le cas dans les discours de recherche, d'ailleurs, dans la contribution d'Anouk Barberousse, la notion de croyance est décortiquée et mise en relation avec l'espace de la rationalité. Mettre en relation croyance et religion s'entend tout à fait, mais considérer que l'attachement religieux est fait nécessairement de croyance pose question dans ce qu'il y a d'uniformisant dans une telle formule. Il s'agirait ici de penser avec la diversité, la pluralité, les spécificités des religions et de ceux qui les « habitent ».

Le credo religieux issu de la chrétienté n'est pas universel. Dans le judaïsme, par exemple, une des phrases qui contribue à penser le religieux est en hébreu נעשה ונשמע (à lire : *naassé vénichma*) qui peut être traduit par exemple par : *fais et après tu comprendras*. De très nombreux commentaires existent et sont encore élaborés autour de cette formulation. Marc-Alain

Ouaknin (1992 [1989]), commente d'ailleurs une interprétation de Rabbi Nahman de Braslev :

Ce texte fondamental met en place une « logique de l'écoute » profondément révolutionnaire.

L'homme ne peut entendre quelque chose du texte que s'il construit (*boné*²), fabrique et fait (*ossé*) cette parole. Refus de la passivité du langage, l'homme ne s'installe pas dans un langage déjà constitué, préfabriqué, mais il doit d'abord le modeler ; que ce soit par son propre langage, sa propre parole ou par la parole de Dieu. Ce n'est pas l'inversion de la transcendance de la parole divine en son immanence radicale ; c'est au contraire une modalité essentielle de la possibilité d'une parole transcendante. Le fait que Rabbi Nahman parle de « mains » d'action, pour nommer la parole, insiste sur le côté actif de cette parole. Il généralise à sa façon le « quand dire, c'est faire » et, par-là, il explique une « phrase théorème » de la pensée juive : *Naassé Venichma*, dont l'explication souvent donnée est : « Faisons et nous comprendrons ». Agissons d'abord et nous réfléchirons ensuite. Il faut reprendre cet énoncé et comprendre : « fabriquons d'abord les mots qui nous permettent de les entendre », faisons en sorte d'entrer dans l'activité du langage. Un langage qui construit *un* monde, et non pas *le* monde.

Les mots construits par les « faiseurs de paroles » ne sont pas des outils ou des instruments par lesquels le monde va être atteint : les mots construits sont des « œuvres d'art ». Le « mot œuvre-d'art » est caractérisé par une « irréductibilité » au monde.

Analyser les sciences par la pratique est fréquent, analyser les religions par la croyance l'est tout autant. Toutefois, étudier les frontières permet de penser les nuances et continuer d'envisager des impensés. Le texte d'Anouk Barberousse montre que la croyance est multiple et qu'elle peut être définie de façon très contrastée. Il est aussi fécond de concevoir que le rapport au fait religieux, à la religion est nécessairement à penser dans une forme de mosaïque : entre attachement culturel, appartenance à un groupe, attachement historique, foi, croyance, pratiques, gestes, coutumes, traditions...

Si je tiens ici à cette mise en parallèle c'est parce que je considère qu'espace scientifique et espace religieux doivent avoir en commun d'être des

² J'ai choisi d'écrire ici les formes en hébreu : בונה (boné – construit) et עשה (ossé – fait).

lieux d'existence de la pensée, de la réflexion, et pour le dire autrement, de la dynamique des sujets.

Retour vers le champ de la didactique des sciences...

Outre l'intérêt indéniable de chaque contribution, la grande richesse de ce volume vient, entre autres, de la pluralité des regards et des disciplines de recherche. Toutefois, pour m'acheminer vers des propos conclusifs, je vais me recentrer sur les recherches en didactique des sciences et les contours de cette discipline de recherche. Historiquement cette discipline s'est construite de manière très ouverte (par opposition à d'autres didactiques disciplinaires). En effet, elle a investi de manière spontanée les espaces scolaires, mais aussi des espaces non scolaires comme les musées, les zoos, les bandes dessinées, les dessins animés, les albums de jeunesse... dans la mesure où leurs contenus pouvaient être référés aux sciences. Ce positionnement de la discipline a permis aux chercheurs de travailler sur des actualisations de contenus scientifiques, que ce soit les contenus scolaires, les contenus vulgarisés ou encore les contenus muséalisés. Les sciences se reconfigurent toujours autrement selon les contextes.

Elles sont en effet soumises à des phénomènes différents : l'enseignement et l'apprentissage, la vulgarisation ou encore la sensibilisation à une culture scientifique.

Aujourd'hui, certains courants de la didactique des sciences se resserrent autour de la classe jusqu'à porter des regards critiques sur les actualisations des sciences dans certains enseignements, au sein de certaines pédagogies ou dans des espaces de diffusion spécifiques. Comme si les chercheurs choisissaient de se positionner comme des garants d'une certaine façon de penser les sciences et de penser l'enseignement et la diffusion des sciences.

Il me semble important aujourd'hui de rester vigilant sur cette conception de la didactique des sciences ouverte sur des formes de savoirs scientifiques multiples (selon les contextes) pour continuer de permettre les échanges, les débats et la dispute scientifiques. Cette posture permet alors d'accompagner la réflexion des sujets qu'ils soient élèves, enseignants, mais aussi, vulgarisateurs, médiateurs, muséologues ainsi que

chercheurs sur les actualisations possibles des sciences dans les espaces de diffusion des connaissances.

... et du sujet chercheur

Finalement, travailler sur le sujet didactique qu'est le chercheur en didactique, c'est aussi se permettre de poser un regard sur sa propre expérience, la constituant comme une source d'éléments de réflexion. La tendance à vouloir se mettre soi-même à distance ne garantit pas l'objectivité, c'est l'analyse de sa subjectivité, c'est la mise en mots du chercheur que nous sommes, soit de ce qui ne se dit pas habituellement, de ce qui se tait, de ce qui se cache et qui rend justement possible une forme de travail sur la construction du chercheur en didactique. Il s'agit alors d'interroger le chercheur et ses dires au travers de ses identités multiples.

Parce que le chercheur est toujours autre chose que chercheur du point de vue du terrain qu'il étudie. Mais qu'en faisons-nous dans l'espace de la recherche d'un point de vue théorique et méthodologique ? Ce questionnement prend place dans un courant de recherche qui pense la dimension analytique des sujets en jeu (Blanchard-Laville, 1999).

Au fil des contributions, ont été questionnés des impensés, cependant il est intéressant aussi d'approcher ce qui est aujourd'hui impensable pour chacun d'entre nous. Cette proposition, certes paradoxale, peut être constituée comme un horizon d'attente pour tout un chacun dans le cadre de la construction de nos postures de recherche continuellement renouvelées. Ainsi, au terme de ce propos sur les multiples dimensions de l'être humain et de la connaissance, nous pouvons faire la part belle au pluriel dans les éléments qui ont traversé nos réflexions, nos questionnements : les sciences, les arts, les chercheurs, les religieux, les sujets aux prises avec les sciences, les religions. Ces pluriels constituent à la fois le lieu d'existence de sujets singuliers, spécifiques, mais aussi constitutifs de communautés et contributifs des espaces disciplinaires qu'ils continuent d'élaborer.

Références bibliographiques

- ARSENAULT Karelle, BELLERIVE Karine & PAQUIN Louis-Claude, 2022. « Conversation nomade sur l'écriture en recherche », *Communication*, 39 (1), <https://doi.org/10.4000/communication.15300>.
- BLANCHARD-LAVILLE Claudine, 1999. « L'approche clinique d'inspiration psychanalytique : enjeux théoriques et méthodologiques », *Revue française de pédagogie*, 127, « Approches cliniques d'inspiration psychanalytique », p. 9-22.
- BONOLI Lorenzo, 2006. « Écrire et lire les cultures : l'ethnographie, une réponse littéraire à un défi scientifique », *A contrario*, 4 (3), p. 108-124, <https://doi.org/10.3917/aco.042.0108>.
- CASANOVA R. & ROELENS C., 2022. *Figures inspirantes pour l'éducation*, Paris, L'Harmattan.
- CHAPMAN Owen & SAWCHUK Kim, 2012. « Research-creation: Intervention, analysis and “family resemblances” », *Canadian Journal of Communication*, 37, p. 5-26.
- CHARMILLOT Maryvonne, CIFALI Mireille & DAYER Caroline, 2006. « L'écriture de la recherche mise en questions », in C. Bota, M. Cifali Beha & M. Durand (dir.), *Recherche, intervention, formation, travail : débats et perspectives dans le champ de la formation des adultes*, Genève, Université de Genève, p. 169-190.
- CHERVEL André, 1988. « L'histoire des disciplines scolaires. Réflexions sur un domaine de recherche », *Histoire de l'éducation*, 38, Paris, INRP, p. 59-119 (article repris dans CHERVEL, 1998, *La Culture scolaire. Une approche historique*, Paris, Belin, p. 9-56).
- CHEVALLARD Yves, 1991 [1985]. *La Transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*, Grenoble, La Pensée Sauvage.
- COHEN-AZRIA Cora, 2007. « Enseignement et apprentissages en sciences », in Y. Reuter (dir.), *Une école Freinet*, Paris, L'Harmattan, p. 217-244.
- COHEN-AZRIA Cora, 2013. « Sciences : configurations et conscience disciplinaire », in C. Cohen-Azria, D. Lahanier-Reuter & Y. Reuter (dir.), *Conscience disciplinaire. Les représentations des disciplines à la fin de l'école primaire*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, p. 75-87.
- COHEN-AZRIA Cora, 2020. « Souvenirs de classe de sciences d'étudiants en formation : une autre approche de l'analyse disciplinaire ? », in

- I. Kermen (dir.), *Diversité des approches en didactique des sciences et des technologies*, Arras, Artois Presses Université, p. 81-94.
- COLOMB Jacques, 1993. « Contrat didactique et contrat disciplinaire », in J. Houssaye (dir.), *La Pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*, Paris, ESF, p. 39-50.
- DAYER Caroline, 2009. « Modes d'existence dans la recherche et recherche de modes d'existence », *Pensée plurielle*, 1 (20), p. 63-78, <https://doi.org/10.3917/pp.020.0063>.
- FOUREZ Gérard, 2002 [1988]. *La construction des sciences*, Bruxelles, De Boeck.
- JAUBERT Martine, REBIÈRE Maryse & BERNIÉ Jean-Paul, 2003. « L'hypothèse "communauté discursive" : d'où vient-elle ? Où va-t-elle ? », *Les Cahiers Théodile*, 4, p. 51-80.
- LAHANIER-REUTER Danièle, 2021. « Communauté discursive », in Y. Reuter, C. Cohen-Azria & D. Lahanier-Reuter (dir.), *Traité des didactiques*, Bruxelles, De Boeck.
- LINCOLN Yvonna S., LYNHAM Susan A. & GUBA Egon G., 2000. « Paradigmatic controversies, contradictions, and emerging confluences, revisited », in N. Denzin & Y. S. Lincoln (dir.), *Handbook of Qualitative Research* (2nd ed.), Thousand Oaks, Sage Publications, p. 222-264.
- MARTINAND Jean-Louis, 1986. *Connaitre et transformer la matière*, Berne, Peter Lang.
- MEIER Daniel, MERRONE Giuseppe & PARCHET Raphaël, 2006. « Écriture et récit en sciences sociales », *A contrario*, 4 (1), p. 2-5, <https://doi.org/10.3917/aco.041.03>.
- NDIAYE Valdiodio & CLÉMENT Pierre, 1996. « Le mythe de la guêpe maçonne », *Trema*, 9-10, <https://doi.org/10.4000/trema.2044>.
- OUAKNIN Marc-Alain, 1992 [1989]. *Lire aux éclats - Éloge de la caresse*, Paris, Éditions du Seuil.
- REUTER Yves, 2021. « Conscience disciplinaire », in Y. Reuter, C. Cohen-Azria & D. Lahanier-Reuter (dir.), *Traité des didactiques*, Bruxelles, De Boeck.
- REUTER Yves (dir.), 2016. *Vivre les disciplines scolaires. Vécu disciplinaire et décrochage à l'école*, Paris, ESF Éditeur.
- RICHARDSON Laurel & ST PIERRE ELIZABETH Adams, 2005. « Writing: A method of inquiry », in N. Denzin & Y. S. Lincoln (dir.), *Handbook of Qualitative Research* (3rd ed.), Thousand Oaks, Sage Publications, p. 959-977.

Auteur-es

BARBEROUSSE, Anouk

UMR8011 Sciences, Normes, Démocratie, CNRS-Sorbonne Université

Professeure de philosophie des sciences

Thèmes de recherche : philosophie des sciences

Publication récente : Anouk Barberousse, Denis Bonnay, Mikaël Cozic (dir.), *Companion to the Philosophy of Science*, Oxford, Oxford University Press, 2018

anouk.barberousse@sorbonne-universite.fr

BOURGEOIS-BOUGRINE, Samira

Université Paris Cité & Univ Gustave Eiffel, Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées (LaPEA), Boulogne-Billancourt

Maître de Conférences HDR

Thèmes de recherche : processus créatif en science et en littérature, ateliers de prospective en environnements virtuels, jeux et créativité

Publications récentes : Samira Bourgeois-Bougrine, S. Buisine, C. Vandendriessche, V. Glăveanu, T. Lubart, « Engineering students' use of creativity and development tools in conceptual product design: what, when and how? », *Thinking Skills and Creativity*, 24, p. 104-117, 2017 ; Samira Bourgeois-Bougrine, P. Richard, J.-M. Burkhardt, B. Frantz, T. Lubart, « The expression of users' creative potential in virtual and real environments: An exploratory study », *Creativity Research Journal*, 1 (11), 2020 ; Samira Bourgeois-Bougrine, N. Bonnardel, J.-M. Burkhardt, B. Thornhill-Miller, F. Pahlavan, S. Buisine, J. Guegan, N. Pichot, T. Lubart, « Creativity in Multi-Users Virtual Environments: A Review », *European Psychologist*, 2022

samira.bourgeois-bougrine@u-paris.fr

COHEN-AZRIA, Cora

Laboratoire CIREL ULR 4354 - Équipe Théodile

Professeure des Universités

Thèmes de recherche : la muséologie des sciences et la didactique des sciences, et plus particulièrement les sujets didactiques, les contenus référés aux sciences dans leurs variations (scolaires, muséales...) et les situations associées

Publications récentes : Yves Reuter, Cora Cohen-Azria & Danièle Lahanier-Reuter, *Traité des didactiques*, Bruxelles, De Boeck, 2021 ; Cora Cohen-Azria, « Les musées de sciences, des lieux riches pour l'accueil des classes de maternelle », in F. Charles (dir.), *Graines de scientifiques en maternelle*, UGA Éditions, 2021. p. 181-202 ; Cora Cohen-Azria, Ana Dias-Chiaruttini & Catherine Souplet (dir.), *Chercher ensemble : approches didactiques*, Bordeaux, Presses Universitaires de Bordeaux, 2022

cora.cohen-azria@univ-lille.fr

FUCHS-GALLEZOT, Magali

UR EST (Étude sur les sciences et les techniques), Université Paris-Saclay

Maîtresse de conférences

Thèmes de recherche : étude du « rapport au savoir » d'élèves du secondaire dans une perspective didactique ; examen de la prise en charge curriculaire des évolutions scientifiques dans le champ de la génétique, exploration des images et visions de la nature des sciences aussi bien dans le secondaire que dans le supérieur

Publication récente : Laurence Maurines & Magali Fuchs-Gallezot, « Un scientifique peut-il être croyant ? Enquête exploratoire auprès d'étudiants entrant en première année d'étude universitaire en sciences », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, 2021, p. 31-58

magali.gallezot@universite-paris-saclay.fr

HAINÉ, Xavier

Université libre de Bruxelles, Centre de Recherche en Sciences de l'Éducation

Doctorant en sciences de l'éducation

Thèmes de recherche : positionnements sciences-religions au niveau de l'enseignement fondamental et épistémologie de l'activité scientifique au niveau de l'enseignement fondamental

xavier.haine@ulb.be

KERLAN, Alain

Laboratoire Éducation Cultures Politiques, Université Lumière Lyon 2
Philosophe, professeur honoraire

Thèmes de recherche : philosophie, art et éducation

Publication récente : Alain Kerlan, *Éducation esthétique et émancipation. La leçon de l'art, malgré tout*, Paris, Hermann, 2021

alain.kerlan@orange.fr ; alain.kerlan@univ-lyon2.fr

LUBART, Todd

Université Paris Cité & Univ Gustave Eiffel, Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées (LaPEA), Boulogne-Billancourt

Professeur

Thèmes de recherche : processus créatif en science et en littérature, jeux et créativité, technologie et créativité (réalité virtuelle, intelligence artificielle)

Publications récentes : Todd Lubart (ed.), *The Creative Process: Perspectives from Multiple Domains*, London, Palgrave Macmillan, 2018 ; Todd Lubart, D. Esposito, A. Gubenko, C. Houssemand, « Creativity in humans, robots, humbots », *Creativity: Theories—Research—Applications*, 8/1, 2021 ; Todd Lubart, « Creativity today: Current work from European psychology. *European Psychologist*, 27 (3), 151, 2022 ; Todd Lubart, M. Botella, X. Caroff, G. Mouchiroud, J. Nelson, F. Zenasni, *Homo Creativus*, Cham, Springer, 2022.

todd.lubart@u-paris.fr

MAURINES, Laurence

Université Paris-Saclay, DidaScO (Didactique des sciences d'Orsay),
UR EST (Études sur les sciences et les techniques)

Professeure des universités émérite

Thèmes de recherche : raisonnements de sens commun à propos des ondes, représentations de la science/des sciences comparativement ou non à d'autres domaines (religions, arts), introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement

Publications récentes : Laurence Maurines, Magali Fuchs-Gallezot & Marie-Joëlle Ramage, « Représentations des étudiants sur les scientifiques et les savoirs scientifiques : exploration des caractéristiques associées et de leurs spécificités », *Recherches en Éducation*, 32, 2018, p. 51-71 ; Laurence Maurines & Magali Fuchs-Gallezot, « Un scientifique peut-il être croyant ? Enquête exploratoire auprès d'étudiants entrant en première année d'étude universitaire en sciences », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, 2021, p. 31-58

laurence.maurines@universite-paris-saclay.fr

RABOURDIN, Sabine

Sciences, Société, Historicité, Éducation et Pratiques (S2HEP),
Université Claude-Bernard Lyon-1

Chercheure indépendante associée

Thèmes de recherche : anthropologie des sciences et de l'environnement

Publications récentes : Sabine Rabourdin, *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, Université Claude-Bernard (Lyon-1), 2016, (NNT : 2016LYSE1273), (tel-01456846v2) ; Sabine Rabourdin, « Physiciens français et indiens à l'époque contemporaine », in P. Lautesse, *Recherche et éducation en physique à l'époque contemporaine, à Lyon et en France*, Paris/Lyon, Vrin/Faculté catholique de Lyon, 2020

sabine@rabourdin.com

SOLER, Léna

Laboratoire Archives Henri Poincaré – Philosophie et Recherches sur les Sciences et les Technologies (UMR 7117 CNRS), Université de Lorraine, Inspé de Lorraine

Maîtresse de conférences habilitée à diriger des recherches en philosophie
Thèmes de recherche : contingence / inévitabilité des résultats scientifiques, liens au pluralisme / monisme scientifiques, usages et valeur de l'histoire contrefactuelle et des expériences de pensée dans ces débats ; sous-détermination des théories par l'expérience (notamment cas de l'équivalence empirique entre mécanique quantique orthodoxe et bohémienne) ; « tournant pratique » de la philosophie des sciences : caractérisation et enseignements ; nature, rôles, conséquences épistémologiques des dits « savoirs tacites » en science ; incommensurabilité des paradigmes scientifiques ; philosophie de la physique quantique
Publication récente : Léna Soler, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipses, 2018 [3e éd. revue].

lena.soler@univ-lorraine.fr

WOLFS, José-Luis

Université libre de Bruxelles, Centre de Recherche en Sciences de l'Éducation

Professeur

Thèmes de recherche : représentations des acteurs éducatifs à propos de la science, les enjeux axiologiques en éducation (en particulier en matière de neutralité et de laïcité), ainsi que sur les questions liées à la diversité culturelle et des convictions

Publications récentes : José-Luis Wolfs, *Sciences, religions et identités culturelles. Quels enjeux pour l'éducation ?*, Bruxelles, De Boeck, 2013 ; José-Luis Wolfs, « L'école et les régimes de vérité », *Carrefours de l'éducation*, 44, 2017 ; Laurence Maurines & José-Luis Wolfs, « Les représentations de la science (ou des sciences) dans l'enseignement : aspects épistémologiques, culturels et sociétaux », *Recherches en éducation*, 32, 2018

jose-luis.wolfs@ulb.be

Relecture et préparation de copie : Émeline Guibert

Édition et mise en page : Flavie Lavallée

Infographies et graphisme couverture : Thierry Cayatte

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 stéréotypées 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.



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



9 782959 089817