



HAL
open science

Histoire des Sciences, Interdisciplinarité et Enseignement

Olivier Morizot

► **To cite this version:**

Olivier Morizot. Histoire des Sciences, Interdisciplinarité et Enseignement. Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences. Aix-Marseille Université, 2024. tel-04723506

HAL Id: tel-04723506

<https://hal.science/tel-04723506v1>

Submitted on 7 Oct 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 - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

Histoire des Sciences, Interdisciplinarité et Enseignement

Rapport de Synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches présenté par

Olivier MORIZOT

Aix-Marseille Univ, CNRS, Centre Gilles Gaston Granger, Aix-en Provence, France

Habilitation soutenue le 13 septembre 2024 à Aix-en-Provence devant le jury composé de :

Mme Cécile DE HOSSON (présidente)
Mme Bernadette BENSAUDE-VINCENT (rapporteuse)
M. Christian BRACCO (rapporteur)
Mme Muriel GUEDJ (rapporteuse)
M Arnaud MAYRARGUE (examineur)
Mme Gabriella CROCCO (garante)
M. Éric AUDUREAU (invité)

Table des matières

1. Présentation générale du candidat	9
1.1 Une formation d'expérimentateur en physique atomique	9
1.2 Mon premier parcours de recherche	11
1.2.1 Activités de recherche post-doctorales	11
1.2.2 Financements, conférences, encadrement et publications en physique	12
1.3 La transformation de ma recherche par l'enseignement	14
1.3.1 Pourquoi parler enseignement	14
1.3.2 L'enseignement universitaire et l'expérience Sciences et Humanités	15
1.3.3 Transformation de ma recherche par l'enseignement	16
2. Présentation des travaux	19
2.1 Histoire des Sciences et Interdisciplinarité	19
2.1.1 Mon approche de l'Histoire des Sciences	19
2.1.1.1 <i>Histoire et Philosophie des Sciences</i>	20
2.1.1.1.1 L'attention aux effets de l'histoire rétrospective	23
2.1.1.1.2 Structures de pensée et objets du savoir, au risque de l'incommensurabilité	26
2.1.1.1.3 Concepts pour l'analyse de la dynamique de construction des théories scientifiques	29
2.1.1.1.3.1 Les déclinaisons du plausible	29
2.1.1.1.3.1.1 Le plausible comme horizon du visible et du pensable	30
2.1.1.1.3.1.2 L'échelle du plausible comme itinéraire de l'invention scientifique	31
2.1.1.1.3.1.3 Le régime de plausibilité comme aire du débat scientifique	32
2.1.1.1.3.2 Le débat comme moteur de l'histoire des sciences	34
2.1.1.1.3.3 L'explicitation des postulats	36
2.1.1.1.3.4 Une histoire des problèmes	38
2.1.1.1.4 L'histoire des sciences comme thérapeutique	41
2.1.1.2 <i>Histoire des Sciences et pratique de la Science</i>	42
2.1.1.2.1 Contre le réalisme naïf en sciences	42
2.1.1.2.2 Postulats et méthodes comme fondements des disciplines	44
2.1.1.2.3 De l'intérêt de l'histoire pour le scientifique	47
2.1.1.2.4 Quels moyens se donner pour s'adresser aux scientifiques	49
2.1.1.3 <i>Des postulats et méthodes de mes recherches en Histoire des Sciences</i>	51
2.1.1.3.1 Des postulats	52
2.1.1.3.2 Des méthodes	54

2.1.1.3.1 Des objets de l'Histoire des Sciences	56
2.1.1.4 <i>Histoire des Sciences et Interdisciplinarité</i>	58
2.1.2 Projets de recherche en Histoire des Sciences	60
2.1.2.1 <i>Traduction commentée des Travaux sur le Son, la Vision, la Lumière et la Couleur de Thomas Young</i>	63
2.1.2.1.1 Une enquête historique et interdisciplinaire	63
2.1.2.1.2 Un travail de traduction	67
2.1.2.1.3 Dette intellectuelle	68
2.1.2.2 <i>La chimie dans la Question XXXI de l'Opticks de Newton</i>	69
2.1.2.2.1 Un travail de transposition	69
2.1.2.2.2 Un travail expérimental en laboratoire de chimie	70
2.1.2.2.3 Un travail interdisciplinaire	70
2.1.2.2.4 Un travail de didactique	71
2.1.3 Résumés du Manuscrit inédit et Articles en Histoire des Sciences	72
2.1.3.1 <i>Manuscrit Inédit</i>	72
2.1.3.2 <i>Articles</i>	72
2.2 Interdisciplinarité et Enseignement	75
2.2.1 Pourquoi l'Interdisciplinarité	75
2.2.1.1 <i>Une approche empiriste de l'interdisciplinarité</i>	75
2.2.1.2 <i>Justifications théoriques de l'interdisciplinarité</i>	76
2.2.1.2.1 Définir l'interdisciplinarité	76
2.2.1.2.2 Justifier l'interdisciplinarité	78
2.2.1.2.3 Proposer un modèle d'enseignement interdisciplinaire	80
2.2.1.3 <i>Pour une théorie pratique de l'analogie</i>	81
2.2.1.4 <i>Interdisciplinarité et identités disciplinaires</i>	83
2.2.2 Enseignements interdisciplinaires	85
2.2.3 Projets de recherche sur l'Interdisciplinarité	88
2.2.3.1 <i>Interdisciplinarité et enseignement disciplinaire</i>	88
2.2.3.1.1 Une grille catégorielle pour l'analyse et la comparaison des disciplines	89
2.2.3.1.2 Psychanalyse de groupe interdisciplinaire pour l'explicitation de l'inconscient disciplinaire	90
2.2.3.1.3 Mise en contraste des pratiques disciplinaires	91
2.2.3.1.4 Le dialogue interdisciplinaire clarifie l'enseignement disciplinaire	93
2.2.3.2 <i>Éloge critique de l'Interdisciplinarité</i>	94
2.2.4 Séminaire Inter-disciplines	95
2.2.5 Résumés de mes articles sur l'Interdisciplinarité	96

2.3 Enseignement et Histoire des Sciences	99
2.3.1 Enjeux de la mobilisation de l’Histoire dans l’enseignement des Sciences	100
2.3.1.1 Répondre aux consignes institutionnelles	100
2.3.1.2 Comprendre	103
2.3.1.3 Franchir des obstacles	104
2.3.1.4 Développer un esprit critique	105
2.3.1.5 Donner l’exemple	106
2.3.1.6 Faire la chasse aux implicites	108
2.3.1.6.1 Pour développer un rapport plus intime et solide à sa discipline	108
2.3.1.6.2 Pour écarter les sources de malentendus	109
2.3.1.7 Désapprendre	109
2.3.2 Enseignements mobilisant l’Histoire des Sciences	110
2.3.2.1 Enseignements scientifiques mobilisant l’histoire des sciences	110
2.3.2.2 Enseignements d’histoire des sciences	111
2.3.2.3 Journées de formation des enseignants	113
2.3.3 Projets de recherche sur l’Histoire pour l’Enseignement des Sciences	113
2.3.3.1 Bases d’Optique Géométrique	114
2.3.3.1.1 Des problèmes historiques	114
2.3.3.1.2 Le superflu et le fondamental	116
2.3.3.1.3 Sensibilisation aux problèmes théoriques par la pratique	117
2.3.3.1.4 Variation conceptuelle	119
2.3.3.1.5 Mise en œuvre pratique	119
2.3.3.2 L’Histoire pour l’Enseignement de la Physique-Chimie	120
2.3.5 Résumés d’Ouvrage et Articles sur l’Enseignement	123
2.3.4.1 Ouvrage	123
2.3.4.2 Articles	124
3. Perspectives	127
3.1 Projets de recherche à 4 ans	129
3.2 Projets de recherche à 8 ans	131
3.3 Projets de recherche à 12 ans	132
Bibliographie du candidat	135
Remerciements	139

Le présent rapport de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches en « Épistémologie, Histoire des Sciences et des Techniques » est intitulé *Histoire des Sciences, Interdisciplinarité et Enseignement*, trois thèmes qui figurent indépendamment au cœur de mes recherches passées et actuelles, mais qui bien souvent aussi s'y retrouvent intriqués. C'est pourquoi j'ai fait le choix de structurer la deuxième partie de ce rapport – dédiée à la présentation de mes travaux de recherche – en trois sections, consacrée chacune à un couple constitué de deux de ces trois thèmes ; convaincu que la pratique dans l'un de ces domaines peut enrichir la recherche dans chacun des deux autres, et soupçonnant que ces ponts que j'ai cherché à établir contribuent à la relative originalité de mes recherches.

Plus profondément, ces thèmes me semblent au moins liés pour ce qu'ils sont tous trois traversés par le problème de la traduction. L'une des tâches essentielles de l'histoire des sciences est en effet à mes yeux de construire un discours par lequel seront rendues compréhensibles non seulement les théories scientifiques passées, mais aussi les conditions qui ont rendu possible leur émergence et leur déploiement à une époque donnée. Ainsi, l'histoire active-t-elle le problème de la traduction en interrogeant les conditions de possibilité de communication et de débat entre théories scientifiques successives ou contemporaines développées pour répondre à des problèmes voisins. Je me suis alors demandé si ce problème de la traduction entre diverses théories d'un même champ disciplinaire ne pourrait pas se prolonger d'une réflexion sur les conditions de possibilité d'un croisement de langages et de points de vue disciplinaires contemporains, et alimenter ainsi un travail théorique et pratique sur l'interdisciplinarité. Enfin, le problème de la traduction, sous ces différents aspects, n'a cessé de renvoyer l'enseignant que je suis à son souci constant de traduire les savoirs qu'il enseigne en un langage accessible à l'étudiant, tout en préservant rigoureusement leur sens. Ainsi, ces pages renvoient-elles toutes à l'urgence vitale de comprendre et de se faire comprendre.

Mais puisque ces questions émergent d'abord d'expériences personnelles, probablement est-il souhaitable que je commence ici par la présentation du parcours de formation, puis professionnel, qui a été le mien avant que je ne rejoigne le Centre Gilles Gaston Granger d'Aix-Marseille Université. Peut-être cette rapide contextualisation permettra-t-elle de rendre ma démarche plus intelligible par la suite.

1. Présentation générale du candidat

Je suis en effet le produit d'une formation académique en mathématiques et en physique, que je me propose de décrire ici et qui s'est vue prolongée par un recrutement au département de Physique (CNU 30 : « Optique et Milieux dilués ») d'Aix-Marseille Université (AMU). Pourtant depuis 2010, j'ai progressivement réorienté mes activités de recherches depuis l'exploration expérimentale de phénomènes fondamentaux et appliqués de physique atomique¹ vers l'investigation de questions mixtes d'histoire des sciences, d'interdisciplinarité, et d'enseignement. Cette conversion progressive, dont on trouvera certains des germes dans ce premier chapitre, se verra ainsi concrétisée en 2017 par mon intégration du Centre Gilles Gaston Granger (CGGG)² d'AMU, puis en 2020 par mon rattachement de la section 72 de la CNU (« Épistémologie, Histoire des Sciences et des Techniques »).

1.1 Une formation d'expérimentateur en physique atomique

Ma formation supérieure a débuté en classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles d'ingénieurs à Nice (Maths-Physique-Sciences de l'Ingénieur), à la suite desquelles j'ai intégré en 2000 l'Institut d'Optique Graduate School, à Palaiseau.³ Dans cette école, j'ai eu la chance de voir ma formation au métier d'ingénieur en optique s'enrichir d'une formation à la recherche, permise par la fréquentation des enseignements passionnants d'optique, de mécanique quantique et de physique atomique proposés par les chercheurs du Laboratoire Charles Fabry auquel l'école est adossée – tels Alain Aspect, Philippe Grangier, Chris Westbrook, Denis Boiron, François Balembos ou Jean-François Roch... Le choix résolu de suivre l'ensemble de mes stages d'étude dans des laboratoires de recherche publics (à l'Observatoire de la Côte d'Azur de Nice, à l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay, et au Laboratoire de Physique des Lasers de Villetaneuse) a par ailleurs sensiblement participé à cette double formation à l'ingénierie et à la recherche.

C'est pourquoi, fort d'un diplôme d'ingénieur en Optique mais résolument attiré par la recherche et l'enseignement, j'ai fait le choix de prolonger ma formation d'un Diplôme d'Études Avancées (DEA) en « Optique et Photonique » (2003, Université Paris 11, Orsay), suivi d'une Thèse en Physique Atomique, intitulée « Pièges radiofréquences très anisotropes pour l'étude de condensats de Bose-Einstein en basses dimensions » [31] et menée de 2003 à 2006 sous la direction de Hélène Perrin et Vincent Lorent, au Laboratoire de Physique des Lasers (LPL) de l'Université Paris 13, à Villetaneuse – c'est-à-dire dans l'un des trois seuls laboratoires français capables à l'époque de produire cet état de la matière quantique qui me fascinait.

¹ La physique atomique est une branche croisée de la mécanique quantique et de la mécanique statistique, orientée spécifiquement vers l'étude de l'atome – en tant que système isolé d'électrons et de noyau atomique – et de ses interactions avec son environnement (généralement constitué d'autres atomes et de champs électromagnétiques principalement). Il ne faut donc pas la confondre avec la physique nucléaire, dont l'attention est préférentiellement orientée vers le noyau atomique et vers les interactions dont il est le siège.

² A l'époque, Centre d'Épistémologie et d'Ergologie Comparées (CEPERC).

³ A l'époque, École Supérieure d'Optique – ou SupOptique – et située à Orsay.

Le condensat de Bose-Einstein est en effet un objet purement quantique prédit en 1925 par Albert Einstein sur la base de travaux de S. N. Bose,¹ réalisé pour la première fois en 1995 aux Etats-Unis et en Allemagne dans des gaz d'atomes bosoniques,² et obtenu depuis avec un large éventail d'autres bosons.³ Il est plus précisément le résultat d'une transition de phase que peut subir un ensemble de particules bosoniques⁴ identiques, lorsque leur longueur d'onde thermique de De Broglie devient comparable à la distance interparticulaire moyenne de l'échantillon.⁵ Or, dans le cas qui a été le mien – où les particules sont récoltées au sein d'une vapeur d'atomes – il faut généralement pour cela abaisser la température du système en-deçà de quelques micro- ou nanoKelvins seulement (soit tout juste au-dessus du zéro absolu). C'est pourquoi l'on parle alors de physique des atomes « ultra-froids ». Dans ces conditions, une fraction significative des particules peut alors venir occuper le même état de plus basse énergie du système, et former un « condensat » décrit par une fonction d'onde unique dans lequel les individualités sont devenues indiscernables. Ce condensat peut ainsi être envisagé comme une onde de matière cohérente, macroscopique et superfluide ; avec laquelle on peut réaliser aussi bien des lasers à atomes,⁶ que des expériences d'interférences d'ondes de matière,⁷ ou d'écoulement de fluides sans le moindre frottement.⁸

Mais si justement, cohérence, superfluidité et condensation de Bose-Einstein sont strictement liées à trois dimensions, cela n'est plus forcément le cas lorsque les degrés de liberté

¹ S. N. Bose, « Plancks Gesetz und Lichtquantenhypothese », *Zeitschrift für Physik* 26 (1), 1924, p. 178-181. A. Einstein, « Quantentheorie des einatomigen idealen Gases », *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften* 1, p. 3.

² M. H. Anderson, J. R. Ensher, M. R. Matthews, C. E. Wieman, et E. A. Cornell, « Observation of Bose-Einstein Condensation in a Dilute Atomic Vapor », *Science* 269 (5221), 1995, p. 198-201. K.B. Davis, M.O. Mewes, M.R. Andrews, N.J. van Druten, D.S. Durfee, D.M. Kurn et W. Ketterle, « Bose-Einstein Condensation in a Gas of Sodium Atoms », *Physical Review Letters* 75 (22), p. 3969–3973. Réalisations pour lesquelles Wolfgang Ketterle, Eric Cornell et Carl Wieman venaient d'obtenir le Prix Nobel de Physique au moment où je démarrais ma thèse.

³ T. Nikuni, M. Oshikawa, A. Oosawa, H. Tanaka, « Bose-Einstein condensation of dilute magnons in TlCuCl_3 », *Physical Review Letters* 84 (25), 1999, p. 5868-5871. M. Greiner, C.A. Regal et D.S. Jin, « Emergence of a molecular Bose-Einstein condensate from a Fermi gas », *Nature* 426, 2003, p. 537-540. J. Eisenstein, A. MacDonald, « Bose-Einstein condensation of exciton polaritons », *Nature* 432 (7018), p. 691-694. J. Kasprzak, M. Richard, S. Kundermann, A. Baas, P. Jembrun, J.M. Keeling, F.M. Marchetti, M.H. Szymańska, R. André, J.L. Staehli, V. Savona, P.B. Littlewood, B. Deveaud, Dang, « Bose-Einstein condensation of exciton polaritons », *Nature* 443 (7110), 2006, p. 409-414.

⁴ Les « bosons » sont des particules quantiques décrites par une fonction d'onde symétrique vis-à-vis de l'échange de deux particules ; ce qui permet à plusieurs d'entre elles d'occuper un même état quantique, contrairement aux « fermions », décrits par une fonction d'onde antisymétrique à cet égard, leur interdisant d'occuper à plusieurs le même état d'un système quantique selon le fameux principe d'exclusion de Pauli. Cette différence est donc fondamentale dans le cas qui nous concerne puisque, par définition, il est impossible de réaliser un condensat de fermions... à moins de les apparier pour former des bosons. M. Greiner, C. A. Regal et D. S. Jin, « Emergence of a molecular Bose-Einstein condensate from a Fermi gas », *Nature* 426(6966), 2003, p. 537-540.

⁵ La longueur d'onde thermique de De Broglie est un concept de mécanique quantique statistique désignant la taille caractéristique du volume sur lequel chacune des particules d'un ensemble porté à une température donnée a une probabilité quantique non négligeable d'être localisée autour de sa position moyenne. Cette longueur est inversement proportionnelle à la racine carrée de la température de l'ensemble de particules considéré, et augmente donc à mesure qu'on refroidit cet ensemble, jusqu'à pouvoir devenir comparable à la distance entre particules.

⁶ I. Bloch, T.W. Hänsch et T. Esslinger, « Atom laser with a cw output coupler », *Physical Review Letters* 82 (15), 1999, p. 3008–3011.

⁷ M.S. Andrews, C.G. Townsend, H.-J. Miesner, D.S. Durfee, D.M. Kurn et W. Ketterle, « Observation of interference between two Bose-Einstein condensates », *Science* 275, 1997, p. 637-641.

⁸ K.W. Madison, F. Chevy, W. Wohlleben et J. Dalibard, « Vortex formation in a stirred Bose-Einstein condensate », *Physical Review Letters* 84 (5), 2000, p. 806-809.

du système sont limités à une ou à deux dimensions.¹ C'est notamment ce qu'ont démontré Kosterlitz et Thouless² – récipiendaires du prix Nobel de Physique en 2016 – avec Berezinskii,³ en prédisant que les interactions entre particules dans un système bidimensionnel ferait apparaître une transition vers la superfluidité, même en l'absence de condensation.

C'est donc la physique de ces gaz ultrafroids uni- ou bi-dimensionnels – encore balbutiante à l'époque du point de vue expérimental – que ma thèse avait pour objectif d'explorer. Cette thèse fut ainsi dédiée tout d'abord à la production par refroidissement laser, piégeage magnétique, puis refroidissement par évaporation radiofréquence, de condensats de Bose-Einstein de rubidium [32 ; 33]. Puis, à l'invention et à la mise en œuvre expérimentale de techniques de piégeage innovantes – inspirées des propositions théoriques d'Oliver Zobay et Barry Garraway⁴ – permettant, du fait de la forte anisotropie du piège, de limiter les degrés de liberté de ces gaz quantiques à une ou deux dimensions de l'espace [31 ; 35 ; 36]. C'est alors que j'ai pu commencer à comparer le comportement observé de ces condensats à basses dimensions à celui prédit par la théorie des gaz ultra-froids [34], avant de proposer de nouvelles interprétations aux inévitables écarts à la théorie [29 ; 31 ; 32]. Mes trois années de doctorat me confrontèrent donc à un travail de recherche d'autant plus exaltant qu'il se déroulait dans un champ de la physique fondamentale alors extrêmement dynamique, et nécessitant de combiner une réflexion théorique avancée dans le formalisme complexe de la physique atomique, à une ingénierie expérimentale d'autant plus riche qu'elle devait s'appliquer à un montage de grande taille, mobilisant des techniques aussi variées que celles de l'informatique, de l'électronique statique et radiofréquence [30], de l'optique, de la mécanique et du vide.

Incidentement, ce travail de doctorat s'est vu accompagné d'une enthousiasmante mission de monitorat en thermodynamique, en optique, en électrostatique et en holographie, au sein d'une équipe pédagogique animée par Sébastien Chesnais, Sébastien Forget, Christophe Daussy et Jean-Claude Keller (tous membres du LPL, Université Paris 13) qui offrait aux moniteurs un véritable espace de dialogue et une grande liberté de développer leurs propres idées en Cours Magistraux, Travaux Dirigés et Travaux Pratiques. Ce qui ne sera pas dénué de conséquences pour la suite du récit.

1.2 Mon premier parcours de recherche

1.2.1 Activités de recherche post-doctorales

Une fois la thèse obtenue, je me suis engagé successivement dans deux missions de recherche courtes, de deux mois chacune, en guise de premières expériences post-doctorales. L'une financée par le Laboratoire Kastler Brossel de l'École Normale Supérieure (Paris), me permettant de poursuivre certaines pistes que j'avais ouvertes pendant ma thèse (oct.-déc. 2006). L'autre co-portée par les équipes de Hema Ramachandran au Raman Research Institute (Bangalore, Inde) et de C.S. Unnikrishnan au Tata Institute of Fundamental Research (Mumbai,

¹ C'est-à-dire que la physique de ces gaz se voit radicalement modifiée dès lors que l'on s'assure que leur énergie interne est trop faible pour qu'ils puissent quitter le niveau fondamental d'énergie potentielle dans une ou plusieurs directions de l'espace.

² J. M. Kosterlitz, D. J. Thouless, « Ordering, metastability and phase transitions in two-dimensional systems », *Journal of Physics C : Solid State Physics* 6(7), 1973, p. 1181-1203.

³ V. Berezinskii, « Destruction of long-range order in one-dimensional systems having a continuous symmetry group, 2-quantum systems », *Sov. Phys. JETP-USSR* 34, 1972, p.610.

⁴ O. Zobay et B.M. Garraway, « Two-dimensional atom trapping in field-induced adiabatic potentials », *Physical Review Letters* 86 (7), 2001, p. 1195–1198.

Inde), où j'ai eu la chance de participer à la réalisation, éminemment importante du point de vue diplomatique, du premier condensat de Bose-Einstein en Inde (janv.-mars 2007).

Avant de partir pour l'Inde, je m'étais toutefois engagé auprès de Wolf von Klitzing à rejoindre au plus tôt le groupe Cretan Matter Waves qu'il venait de créer à l'Institute of Electronic Structure and Lasers (Heraklion, Grèce), où je démarrai donc en avril 2007 un contrat post-doctoral Marie Curie de deux ans. Période au cours de laquelle je devais aider l'équipe – qui était alors dotée d'un budget colossal, mais qui matériellement et techniquement partait de rien – à implémenter ces « pièges radiofréquences très anisotropes » que nous avions été les premiers à réaliser à Villetaneuse, dans le but de les appliquer à la réalisation d'un premier gyromètre à atomes¹ : un gyromètre censément ultrasensible, puisque basé sur l'interférences d'ondes de matières de longueur d'onde plus faible que celle de la lumière, se propageant l'une vers l'autre dans un piège en forme d'anneau en rotation autour de son axe. L'idée était donc pour moi de m'engager un cran plus loin encore dans l'exploration des phénomènes quantiques ondulatoires, et j'y profitais notamment de ma formation d'opticien pour concevoir non seulement la géométrie d'un objectif de caméra ultrahaute résolution, mais aussi une technique d'imagerie originale – reposant sur les fondements de la théorie ondulatoire – susceptible de décompter un à un les atomes froids piégés [26] et d'atteindre une résolution optique de 1 micromètre pour l'analyse des fines franges d'interférences atomiques que nous devons produire par ces expériences [28].

Jusqu'à ce qu'en avril 2009, je candidate au poste de Maître de Conférences qui s'ouvrait dans l'équipe Confinement d'Ions et Manipulation Laser (CIML) dirigée par Martina Knoop, au sein du laboratoire Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires (PIIM), d'AMU². Cette équipe s'était spécialisée depuis vingt ans dans le refroidissement et le piégeage d'ions de calcium pour la réalisation d'une horloge atomique optique ; c'est-à-dire d'un étalon de fréquence extrêmement stable et de valeur déterminée avec l'exactitude la plus grande qui puisse être atteinte actuellement en physique. L'idée étant ici que l'ajustement et la stabilisation de la fréquence optique considérable d'un laser pré-stabilisé ($\nu \approx 10^{15}$ Hz) à la transition atomique excessivement fine d'un ion de calcium unique refroidi ($\Delta\nu \approx 1$ mHz) doit permettre d'atteindre des précisions relatives de la mesure de l'ordre de $\Delta\nu/\nu \approx 10^{-18}$. La précision de cette mesure pouvant de plus être améliorée par la reproduction cette même mesure un très grand nombre de fois successivement, tant le piégeage électromagnétique de particules chargées offre une stabilité supérieure aux techniques de piégeage magnétiques ou optiques d'atomes neutres déjà évoquées et utilisées dans les horloges atomiques classiques, et tant les erreurs systématiques de la mesure sont plus aisées à évaluer théoriquement et à circonscrire pour un ion unique froid piégé que pour un gaz d'atomes.

Ce nouveau poste que je prenais en septembre 2009³ me permettait donc de combiner idéalement la connaissance avancée des lasers stabilisés que j'avais développée en école d'ingénieur en optique, la maîtrise des techniques de piégeage et de manipulation d'atomes froids que j'avais acquise pendant ma thèse, et les techniques d'imagerie d'atome unique que j'avais imaginées pendant mon post-doctorat. Je l'ai occupé jusqu'à la complète reconfiguration

¹ I. Lesanovsky et W. von Klitzing « Time-Averaged Adiabatic Potentials: Versatile Matter-Wave Guides and Atom Traps », *Physical Review Letters* 99, 2007, 083001.

² A l'époque, Université de Provence.

³ La prise de poste se fit après un court détour par l'Instituto de Fisica de la Universidade de Sao Paulo, Brésil, où j'effectuais un dernier post-doc de deux mois – juin-août 2009 – dans l'équipe de Vanderlei S. Bagnato, sur une expérience de refroidissement d'atomes de sodium dans un piège magnéto-optique annulaire [26].

de ma recherche et ma migration vers le Centre Gilles Gaston Granger, en septembre 2017.

1.2.2 Financements, conférences, encadrement et publications en physique

Ces huit années – de 2009 à 2017 – ont été pour moi l’occasion de déposer et obtenir deux contrats de financement de la recherche et de l’enseignement, et de contribuer à l’obtention d’un troisième, déposé et piloté par la responsable d’équipe M. Knoop. Premièrement, le contrat *QuantOA* que j’ai écrit et déposé en 2010 auprès de la Région SUD en collaboration avec l’Institut de Physique de Nice (INPHYNI), doté de 75.000€ et dont j’avais la responsabilité de l’antenne marseillaise. Ce projet consistait à transposer la technique et les instruments d’optique adaptative – développés dans le champ de l’astronomie, et que j’avais pu manipuler pendant mes stages en Observatoires à Nice et à Orsay – vers le champ de la physique atomique. Le façonnage de front d’onde par un miroir déformable (ou un modulateur de phase) ouvrait en effet de nouvelles possibilités à la manipulation et à l’interrogation d’atomes froids par des faisceaux lasers dont nous pourrions maintenant piloter dynamiquement le profil spatial [25].

Deuxièmement, le contrat ‘formation d’excellence’ *Sciences & Humanités*, que j’ai co-écrit et co-déposé avec Mathieu Brunet en 2016 auprès de la Fondation Universitaire A*MIDEX. Et dont j’ai porté la co-responsabilité avec lui des 400.000€ obtenus pour la poursuite du développement de la Licence Sciences et Humanités d’AMU, dont nous reparlerons.

Enfin, même si c’est plus indirectement, le contrat *Metaphor*, dont j’ai accompagné le dépôt avec les autres membres de l’équipe CIML auprès de la Fondation Universitaire A*MIDEX en 2014, et qui a été financé à hauteur de 300.000€, qui ont été dépensés pour l’achat d’un peigne laser femtoseconde, susceptible de mesurer la fréquence absolue de notre laser d’horloge et de comparer nos mesures à la référence de fréquence métrologique européenne. Celui-ci nous a par ailleurs également permis de développer de nouveaux protocoles expérimentaux, tel le piégeage cohérent de population à trois photons, rendu possible par la stabilisation et l’asservissement en phase de plusieurs lasers de fréquences très différentes à ce même laser femtoseconde [23 ; 24].

Cette période de ma carrière fut particulièrement riche en participations à des conférences : dix au niveau international¹ et six au niveau national². Elle me donna également l’occasion de superviser une dizaine de stagiaires de licence, trois stagiaires d’école d’ingénieur, trois stagiaires de Master 1, et cinq stagiaires de Master 2 : Isabel Armela Soler, Grigoris Konstantinidis, Vassiliki Bolpasi, Mathieu Colombon et Gabriel Pillant. Mais aussi de co-encadrer six étudiants en thèse : Raghavan Kollengode Easwaran à Villetaneuse, Melina Pappa et Grigoris Konstantinidis à Heraklion, Rafael Paiva à Sao Carlos, Cédric Zumsteg et Mathieu Collombon à Marseille ; même si la non détention d’une Habilitation à Diriger les Recherches m’empêchait *de facto* de les diriger.

¹ Young Atom Opticians 2004 (Innsbruck), Young Atom Opticians 2005 (Hamburg), Indo-French Conference on Quantum Physics 2006 (Bangalore), CAMS-Jobs 2006 (Sondenberg), European Conference on Atomic and Molecular Physics 9 (2007, Hersonissos), Onassis Lectures on Physics on Bose-Einstein Condensation (2007, Heraklion), 1st Workshop of the EuroQUASAR Programm (2008, Firenze), European Conference on Atoms Molecules and Physics 10 (2010, Saragosa), Joint IFCS / EFTF 2011 (San Francisco), Frontiers of Fundamental Physics 2014 (Marseille).

² COLOQ 9 (2005, Dijon), COLOQ 11 (2011, Mouans-Sartoux), COLOQ 12 (2011, Marseille), Congrès général de la SFP (2013, Marseille), Journées de l’Innovation et de la Recherche pour l’Enseignement de la Chimie (2014, Carry-le Rouet), Conférence Réseau Sferre (2017, Aix-en-Provence).

Mes publications sur cette première période, consacrée à l'études des propriétés physiques – notamment ondulatoires – d'atomes refroidis par laser et champs électromagnétiques radiofréquence, correspondent à la liste des références [23-36] de la bibliographie finale de ce rapport. Celles-ci ne seront pas réunies ni résumées ici, afin de ne pas alourdir le texte avec des considérations qui n'ont pas de lien direct aux champs dans lesquels j'aspire à être habilité à diriger des recherches.

Reste que ces publications – et les années de formation et de travail en sciences physiques dont elles ont été le fruit – ont indéniablement participé à la construction de mon rapport à la recherche et à la science. Elles m'ont en effet permis de développer une connaissance vive des différents aspects logistiques, sociologiques, psychologiques et politiques du travail au sein de la communauté nationale et internationale des chercheurs en physique, aussi bien qu'une grande maîtrise technique du travail théorique et expérimental en sciences physiques, qui me servent encore quotidiennement dans mon travail d'historien des sciences. Ce en m'offrant non seulement un accès facilité aux contenus mathématisés des œuvres que j'étudie, mais aussi en me permettant de bénéficier d'une habileté particulière à appréhender et comprendre les montages expérimentaux mis en œuvre dans ces œuvres, à projeter les résultats observables et les limites possibles de ces expériences, voire à les reproduire moi-même pour en mieux saisir les subtilités. Enfin, elles m'ont nourri de l'expérience vive de ce qu'était la pratique de recherche en physique en ce début de XXI^e siècle, parfois utile pour appréhender celle des auteurs que j'étudie aujourd'hui.

La contrepartie consiste évidemment à ne pas se laisser aveugler par ces acquis : à toujours s'efforcer d'appréhender les problèmes, les théories, les démarches intellectuelles, les expériences et les calculs anciens en fonction des connaissances mathématiques et physiques de l'époque, ainsi que du matériel technique disponible alors, sans jamais sous-estimer le risque de les lire de manière anachronique, avec les yeux embués d'un physicien du XXI^e siècle cherchant abusivement les racines de ses propres pratiques dans les textes anciens, et n'étant pas alors à même de reconnaître la véritable portée de ces textes, faute de soupçonner la possibilité qu'ils aient pu être bâtis sur d'autres postulats, méthodes et problèmes que ceux de la physique actuelle.

Un autre point de vigilance sera de ne pas confondre les méthodes et les postulats que j'appliquais en tant que physicien avec ceux applicables à l'épistémologie, ou à l'histoire.

1.3 La transformation de ma recherche par l'enseignement

Au risque de sembler m'égarer du sujet central de ce rapport pour une Habilitation à Diriger les Recherches, j'aimerais maintenant évoquer quelque peu mon expérience d'enseignement, tant la chose me semble ici incontournable, et ce pour au moins trois raisons.

1.3.1 Pourquoi parler enseignement

Premièrement, l'Habilitation à Diriger les Recherches, même si elle nécessite une évidente maîtrise de la démarche de recherche, exige certainement tout autant l'envie et l'aptitude à transmettre et à enseigner celle-ci ; tant sa conséquence la plus évidente et la plus immédiate s'incarne dans la possibilité qui est alors donnée à son titulaire d'encadrer des travaux de thèse, et donc d'accompagner avec rigueur, attention et empathie un ou une étudiante dans cette phase extrêmement délicate mais passionnante de sa formation.

Deuxièmement – comme on le détaillera un peu plus loin – parce que la théorie et la pratique de l’enseignement occupent de fait aujourd’hui une part conséquente de mon activité de recherche (Sections 2.2 et 2.3).

Troisièmement, parce que c’est par l’expérience de l’enseignement que ma pratique de la recherche, telle que décrite jusqu’ici, s’est vue bouleversée depuis quelques années. A dire vrai, les débuts mêmes de mon expérience d’enseignement – démarrant avec le début de ma thèse en tant que moniteur à l’Université Paris 13, à Villetaneuse – m’avaient déjà convaincu de l’importance et de la spécificité de l’enseignement universitaire et de l’impossibilité pour moi d’envisager une carrière de recherche sans y dédier une large place à l’enseignement. Sans rentrer dans le détail de ces trois années de monitorat particulièrement enrichissantes, disons simplement que les étudiants que j’y ai rencontrés, que l’enseignement secondaire avait pour la plupart convaincus de leur inadaptation au système scolaire en général, qui provenaient souvent de familles dans lesquelles l’enseignement supérieur n’était pas une évidence et qui atterrissaient dans cette université peu valorisée, dans des formations de licence qu’ils n’avaient souvent pas véritablement choisies, m’ont tout simplement convaincus par leurs résultats et par leur engagement, qui pouvait se révéler considérable dès lors qu’il était un tant soit peu stimulé, du remarquable pouvoir émancipateur de l’enseignement universitaire.

1.3.2 L’enseignement universitaire et l’expérience Sciences et Humanités

C’est donc probablement de cette première expérience que je tiens encore aujourd’hui la conviction que l’enjeu de l’enseignement universitaire n’est pas seulement la formation de spécialistes disciplinaires amenés à prendre notre relève dans nos laboratoires, ou de techniciens prêts à irriguer efficacement le « monde du travail ». Mais que cet enseignement doit avant tout assurer un épanouissement intellectuel et émotionnel de l’étudiant, passant par l’abandon des idées préconçues de l’adolescence et par le développement d’un esprit critique, de choix intellectuels personnels et d’un sens de sa responsabilité. Que l’université se doit en ce sens d’être un véritable service public, assurant non seulement la formation de chercheurs et de professionnels excellents, mais aussi l’accompagnement de ceux qui n’iront pas nécessairement au bout d’un cursus universitaire complet, en les aidant à devenir des citoyens épanouis et éclairés.

Pour cela, j’ai toujours conçu la licence, et sa première année en particulier, comme un lieu privilégié, où il y avait urgence à s’adresser aux jeunes bacheliers comme à des adultes, et à tirer profit de l’énergie et de la curiosité qui sont encore les leurs pour les amener rapidement à se poser des questions profondes et difficiles qui sauront motiver leur intérêt pour le travail, pour l’argumentation et pour la résolution de problèmes ; c’est pourquoi j’ai longtemps consacré l’essentiel de mon enseignement à la première année de licence. Mais puisque ce processus de maturation est évidemment long et progressif, et puisqu’il est tout aussi passionnant de voir l’esprit et l’attitude des étudiants s’affiner d’année en année, je me suis néanmoins toujours efforcé d’enseigner à tous les niveaux de la formation universitaire depuis mon recrutement comme maître de conférences, afin d’avoir le plaisir d’être spectateur de ce développement et de pouvoir l’accompagner.

Mon expérience d’enseignement a cependant surtout été très profondément marquée par mon intégration dès 2010 – soit quelques mois seulement après mon recrutement – de l’équipe d’enseignants-chercheurs qui allait créer la mention de licence Sciences et Humanités (S&H) qui finirait par ouvrir en septembre 2012, soit après trois années que nous avons passées à peaufiner son format atypique et ses contenus interdisciplinaires, collégialement et avec une

extrême exigence. L'ambition de cette formation, unique en son genre en France à l'époque¹, était en effet de convoquer autour de cinq thématiques fondamentales (l'univers, le vivant, la vision, les mathématiques et le pouvoir) les interventions situées et mises en contraste d'une vingtaine de disciplines (de la physique à la philosophie, en passant par l'anthropologie, l'histoire de l'art, les neurosciences ou les mathématiques)². De surcroît, il s'agissait d'offrir ces contenus à des étudiants issus de toutes les filières du secondaire, sans distinction. De leur permettre ainsi à la fois de valider une formation de licence particulièrement riche et exigeante en termes de contenus comme de méthodes, d'éprouver la diversité des savoirs et pratiques universitaires et l'intérêt de les faire dialoguer, et d'accéder enfin avec de solides chances à une diversité d'orientations aussi vaste que possible³. Aussi étions-nous particulièrement vigilants à ce que les étudiants sortent de cette formation armés de connaissances et d'habiletés fondamentales dans un grand nombre de disciplines qu'ils pourraient ensuite valoriser dans des formations, ou des métiers de l'enseignement, de la méditation ou du journalisme ; mais qu'ils pourraient aussi approfondir en passant une partie de leur dernière année dans la licence disciplinaire de leur choix, afin de pouvoir s'inscrire dès l'année suivante dans des masters disciplinaires aussi variés et exigeants que ceux de philosophie, de neurosciences, de physique, de mathématiques, d'écologie, d'anthropologie ou de sociologie, avec lesquels nous nous étions assurés de la pertinence d'un tel montage. En quelque sorte, nous tentions là de répondre à distance et à notre manière à l'injonction : « essaie d'être un scientifique d'abord, un spécialiste ensuite »⁴. La proportion surprenante de ces étudiants ayant aujourd'hui obtenu un master, voire une thèse, disciplinaire ou interdisciplinaire, nous a jusqu'ici conforté dans ce modèle.

Ce fut donc un projet total, dans lequel je me suis engagé sans limite pendant près de dix ans, porté par ses dimensions tant expérimentale (tout était à créer et tout pouvait changer chaque année), que politique (tant du fait des enjeux liés à l'existence même d'une telle formation universitaire, que par le mode de fonctionnement profondément collégial de l'équipe), didactique et pédagogique (la diversité des étudiants comme la nouveauté des contenus imposant d'imaginer des formats d'enseignement nouveaux), philosophique (posant de manière aigüe la question de la portée et des enjeux de la connaissance), intellectuelle (chaque rencontre avec ces enseignants représentant d'autres disciplines, en particulier lorsqu'il s'agissait de construire des enseignements avec eux, amenant à questionner des certitudes installées de longue date) et bien sûr amicale (puisque c'était bien ce genre de relations qu'à force d'épreuves, d'échecs et de victoires nous avions fini par élaborer au sein de l'équipe).

1.3.3 Transformation de ma recherche par l'enseignement

C'est ainsi que mon rapport à la recherche, sans même que je m'en rende véritablement compte, connut une évolution profonde, largement orientée par ma pratique de l'enseignement.

¹ Nous nous découvrîmes néanmoins quelques années plus tard des proximités politiques et didactiques réjouissantes avec la licence Culture Humaniste et Scientifique ouverte à Bordeaux en 2011 (Isabelle Poullin et Gilles Magniont, « La licence « Culture Humaniste et Scientifique » des universités de Bordeaux et Bordeaux Montaigne. Un projet scientifique et politique », dans *Sciences et humanités : décloisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 273-278). Sans oublier que de nombreuses et variées formations universitaires interdisciplinaires – au sens très large du terme – existaient déjà en plusieurs endroits du monde depuis au moins les années 70 (Julie Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, Detroit, Wayne State University Press, 1990, p. 156-181).

² Collectif, « Contenu de la licence Sciences et Humanités », dans *Sciences et humanités : décloisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), 2019, p. 29-48.

³ Nous reparlerons plus loin des justifications théoriques que nous associions alors au bien-fondé d'une telle formation interdisciplinaire (2.2.1.2.2).

⁴ Gerard Holton, « Niels Bohr and the Integrity of Science », *American Scientist* 74(3), 1986, p.237-243.

En premier lieu, du simple fait que le temps que je consacrais à cet enseignement m'a durablement tenu écarté du laboratoire : un jour sur deux à partir de 2012 (ouverture de la première année de la licence S&H), puis sept jours sur sept à partir de 2015 où je prenais officiellement la responsabilité de cette formation, du projet Idex 'formation d'excellence' qui y était adossé et du faramineux budget de 400.000€ qui y était associé – accompagné évidemment de la somme considérable de tâches administratives qui en découlait.

En second lieu, parce que frustré de ne plus pouvoir me consacrer autant qu'avant à la recherche, mais soucieux de continuer à partager avec ma communauté le résultat de mes travaux – qui consistaient alors essentiellement en ces expériences pédagogiques originales que nous mettions en place – je m'efforçais de publier non seulement un manuel de cours d'optique inspiré de notre expérience interdisciplinaire (2.3.3.1) [15], mais aussi plusieurs articles dédiés à l'enseignement scientifique ou interdisciplinaire, qui sont venus progressivement prendre une place importante dans ma bibliographie [7-14 ; 16-20]. Ce processus a débouché, en 2017, à la mise en place d'un groupe de recherche au sein de l'Institut de Recherche sur l'Enseignement des Sciences (IRES) dédié à l'« enseignement interdisciplinaire », dont nous reparlerons en Section 2.2.3. Puis, à la rentrée 2023, à celle d'un second groupe de recherche au sein de ce même institut, dédié à l'« histoire pour l'enseignement des sciences » et dont il sera question en Section 2.3.3.

Enfin et surtout, ma collaboration régulière avec des collègues d'autres disciplines – et principalement de philosophie et d'histoire des sciences – au sein de la licence S&H a fini par reconfigurer mon rapport à ma propre discipline. Non seulement leur approche me semblait-elle améliorer très sensiblement la transmission des contenus scientifiques que j'enseignais, mais surtout, elle transformait progressivement le regard que je portais sur ma propre discipline, et plus particulièrement sur mon travail de recherche. Je ressentais ainsi de plus en plus le besoin de me pencher sur les justifications de certains de nos discours, sur les choix théoriques que nous faisons souvent sans même nous en rendre compte, sur la portée véritable de nos résultats, sur l'horizon que nous visions, en somme sur les fondements de cette physique que nous mettions en pratique au quotidien. Or, ce besoin ne me semblait alors pas parvenir à trouver d'écho au sein de mon laboratoire de physique expérimentale, où une approche excessivement technique (selon moi) de la recherche, développée dans un cadre d'intense compétition nationale et internationale, favorisée d'ailleurs par les nouveaux modes de financement sur projet de la recherche publique, ne me semblait pas propice à l'épanouissement d'une réflexion ni sur les fondements, ni sur la portée de nos pratiques. Irrémédiablement sensibilisé à l'importance de ces questions donc, auxquelles il me semblait d'ailleurs que ma connaissance technique avancée de la physique contemporaine pourrait peut-être apporter des éléments de réponse significatifs et intéressants, je décidai en septembre 2017 de rallier le Centre Gilles Gaston Granger (CGGG) d'AMU, afin d'y développer une activité de recherche orientée principalement vers l'analyse historique et épistémologique des théories physiques anciennes, pour une meilleure appréhension des pratiques contemporaines.

Une réorientation qui me permettait d'ailleurs de mieux articuler mes activités de recherche avec les questions de didactique des sciences et d'interdisciplinarité qui n'avaient cessé d'émerger de ma pratique d'enseignement, comme le montrera la prochaine partie de ce rapport.

2. Présentation des travaux

On l'aura compris, mes travaux de recherche relèvent aujourd'hui principalement de l'Histoire et de la Philosophie des Sciences, et plus spécifiquement même de l'Histoire des Théories de la Lumière, de la Vision et de la Couleur. Mais comme annoncé en introduction, ce travail en histoire des sciences est depuis son origine significativement teinté de préoccupations relatives à l'enseignement des sciences et aux questions que pose l'interdisciplinarité de manière d'autant plus saillante que le terme revient depuis quelques années de façon de plus en plus récurrente à l'école comme à l'université¹. Si bien que la présentation de mes travaux de recherche sur ces questions – qui de fait ont commencé peu après mon recrutement comme physicien à AMU en 2009, mais qui se sont évidemment précisés et intensifiés depuis ma reconversion officielle en 2017 – se fera en trois parties, associant chacune deux des trois domaines de recherche que peuvent être l'Histoire des Sciences, l'Enseignement et l'Interdisciplinarité.

2.1 Histoire des sciences et Interdisciplinarité

Ce qui m'intéresse avant tout en histoire des sciences c'est la pratique même de cette discipline, pour elle-même. Mais il y a certainement mille manières de pratiquer cette histoire ; aussi me semble-t-il nécessaire, avant toute présentation de mes travaux, de situer le contexte intellectuel de leur production. Je m'efforcerai donc d'abord de décrire avec autant de lucidité et de recul que j'en suis capable, le cadre philosophique et méthodologique dans lequel s'insère ma démarche de recherche actuelle en histoire des sciences. J'insisterai alors, pour l'intérêt du texte, sur ce qui fait peut-être l'une des particularités de mon travail – même si elle est loin de le recouvrir tout entier – qui est la question des liens que je m'efforce d'y tisser ou démêler entre histoire des sciences et interdisciplinarité. Je prendrai toutefois le temps de préciser le regard que je pose sur l'histoire des sciences (2.1.1) avant de présenter mes principaux travaux de recherche dans la discipline (2.1.2), afin que les contenus de mes productions dans ce domaine puissent être évalués à l'aune de leurs intentions (2.1.3). Plus qu'un état des lieux exhaustif et qu'un engagement définitif sur l'avenir, ce récit tâchera humblement de présenter la situation actuelle d'une pratique personnelle de recherche en continuelle évolution que ce récit contribuera d'ailleurs déjà lui-même à ajuster, ainsi que quelques-unes des orientations de cette recherche que j'envisage pour un avenir proche.

2.1.1 Mon approche de l'Histoire des Sciences

Outre mon très vif intérêt pour une pratique de l'Histoire des Sciences pour elle-même, selon ses méthodes généralement partagées et les postulats que l'on voudra bien lui associer, je suis très attaché à l'idée de lier cette démarche historique à une réflexion philosophique sur ce qui caractérise cette pratique humaine qu'est la science, et d'insérer même cette histoire dans le cadre plus général des théories de la connaissance. Et puisque ce lien que j'entrevois entre histoire et philosophie oriente je crois fortement ma démarche de recherche, c'est la nature de

¹ Laure Endrizzi, « L'avenir de l'université est-il interdisciplinaire ? », *Dossier de veille de l'IFÉ* 120, Lyon, ENS de Lyon, 2017.

ce lien que j'aimerais essayer de décrire pour commencer (2.1.1.1). Au-delà de ce lien entre histoire et philosophie des sciences, mon parcours personnel m'incite toutefois à envisager également avec le plus grand sérieux la possibilité de renforcer les liens entre ces deux disciplines et la pratique scientifique contemporaine, que je juge excessivement distendus à l'heure actuelle. C'est donc le sujet que j'aborderai dans un second temps (2.1.1.2).

Puisque ce parcours m'a également sensibilisé à la fragilité, ou à la confusion, des liens que les disciplines académiques en général entretiennent les unes aux autres (1.3.2), je ne pourrai m'empêcher de m'interroger ensuite sur la manière dont ma propre pratique de l'Histoire pourrait participer à mieux identifier et vivifier les éventuels liens interdisciplinaires. Ainsi, après avoir expliqué les raisons pour lesquelles je crois que toute pratique disciplinaire gagne à être envisagée comme un jeu collectif structuré par un certain nombre de règles plus ou moins établies et explicites, et pourquoi la difficulté à communiquer entre disciplines me semble d'abord résulter d'une méconnaissance réciproque de ces règles, ou de ces normes, je m'efforcerai d'explicitier ces normes auxquelles répond ma propre recherche en histoire des sciences (2.1.1.3). Je conclurai alors sur la manière dont la réflexion historique me semble capable de faciliter l'identification et l'explicitation des normes propres à chaque discipline, et de préparer ainsi la base saine nécessaire à l'éventuelle mise en œuvre d'un véritable dialogue interdisciplinaire (2.1.1.4).

2.1.1.1 Histoire et Philosophie des Sciences

Dans un texte intitulé « L'objet de l'Histoire des Sciences », Georges Canguilhem déclarait que « sans relation à l'histoire des sciences une épistémologie serait un doublet parfaitement superflu de la science dont elle prétendrait discourir ». Mais que « les rapports de l'histoire des sciences à l'épistémologie peuvent s'entendre en deux sens inverses »¹, que Canguilhem oppose, mais qui ne nous semblent pas devoir s'exclure nécessairement. Il illustre le premier de ces sens par une formule de Dijksterhuis, selon qui l'histoire des sciences se devrait d'être un « laboratoire de l'épistémologie »², dont Canguilhem dénonce le sous-entendu positiviste qu'il existerait une méthode scientifique éternelle, plus ou moins sommeillante ou active selon les époques, et dont l'histoire devrait se contenter de raconter la lente progression chronologique. Il me semble pourtant que, sans avoir à postuler l'éternité de la méthode scientifique, l'histoire peut justement révéler la grande variabilité de celle-ci, aussi bien que sa relative homogénéité en certains lieux et à certaines époques, et fournir ainsi un matériau d'une richesse considérable à une épistémologie visant à rendre compte aussi bien de la diversité et des ressemblances de ces multiples modes de production de la connaissance, que d'une possible dynamique de l'élaboration des théories scientifiques au cours de l'histoire.

Il me semble à vrai dire que toute théorie épistémologique se doit d'une manière ou d'une autre de pouvoir être confrontée à l'histoire pour être prise au sérieux. La majorité des théories épistémologiques produites au cours des deux derniers siècles piochent d'ailleurs abondamment, à plus ou moins bon escient, dans l'histoire pour illustrer leurs propos d'exemples et de contre-exemples. C'est pourquoi je persiste à identifier l'un des enjeux majeurs d'une recherche aussi rigoureuse et approfondie que possible en histoire des sciences, à la nécessité de fournir un matériau aussi fiable, contextualisé et dense que possible à la philosophie des sciences. Ainsi, la façon dont John Worrall, par exemple, confronte des savoirs

¹ Georges Canguilhem, « L'objet de l'histoire des sciences », dans *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, 5^e éd., Paris, Vrin, 1989, p. 11-12.

² Eduard Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Amsterdam Academic Archives, 1956.

historiques rigoureux à la méthodologie des programmes de recherche de Lakatos,¹ celle dont Peter Achinstein évalue les correspondances des théories optiques particulières et vibratoires du début du XIX^e siècle réciproquement à la doctrine inductiviste et à la méthode de l'hypothèse décrite par Whewell², celle encore dont Alain Michel s'efforce de vérifier si l'application à l'histoire de l'analyse épistémologique de Jean-Toussaint Desanti de la production mathématique ne laisse pas une part indépassable de résidus³, me semblent produire des effets d'intelligibilité remarquables qui me confortent dans cette opinion. C'est ainsi à un exercice de ce genre que je me suis moi-même essayé en confrontant la thèse duhemienne de l'impossibilité de l'*experimentum crucis* en physique⁴ à une série d'exemples historiques rigoureusement documentés [3], ou en analysant avec Baptiste Morizot le concept d'« analogie » par une mise en contraste de différentes manières historiquement informées de l'envisager et de l'appliquer en science (chez Kepler, Descartes, Young, Darwin et Simondon notamment) [7].

Mais après l'analogie du « laboratoire », c'est celle du « tribunal » que Canguilhem mobilise pour illustrer une autre relation possible de l'épistémologie à l'histoire des sciences. Une relation au sein de laquelle l'épistémologie « est appelée à fournir à l'histoire le principe d'un jugement, en lui enseignant le dernier langage parlé par telle science [...] et en lui permettant ainsi de reculer dans le passé jusqu'au moment où ce langage cesse d'être intelligible ou traduisible en quelque autre, plus lâche ou plus vulgaire, préalablement parlé »⁵. Cette approche, je le répète, me semble pouvoir être complémentaire avec la première ; tant une épistémologie fine des sciences contemporaines enrichit en effet la capacité de l'historien à isoler et organiser les problèmes qu'il sera pertinent d'analyser dans le passé, et à y identifier des passages lents, ou des brisures radicales, entre diverses manières de produire de la connaissance, dont l'étude historique sera en retour susceptible d'enrichir l'épistémologie.

Aussi me paraît-il évident que la pratique de l'histoire des sciences n'est pas philosophiquement neutre. Qu'elle ne peut notamment pas se pratiquer sans présupposés philosophiques relativement à ce qui fait science et à la manière dont peut s'élaborer la connaissance. De sorte qu'il faudra toujours prendre garde à l'inévitable circularité de ce processus, dans lequel l'enquête historique alimente une philosophie, orientant elle-même l'enquête historique, sans quoi l'on s'exposerait inconsidérément aux risques d'écrire une histoire spécifiquement ajustée à nos propres positions épistémologiques⁶, ou une naïve chronique positiviste du progrès linéaire de la science⁷. C'est pourquoi, même si une telle introspection n'est jamais aisée et ne restera pas dénuée de zones d'ombre, il me semble si important d'explicitier aussi clairement et complètement que possible dans les pages qui viennent les postulats philosophiques présidant à ma démarche, et de tâcher de délimiter ainsi

¹ Voir par exemple J. Worrall, « Thomas Young and the 'refutation' of Newtonian optics: a case-study in the interaction of philosophy of science and history of science », dans *Method and Appraisal in Physical Sciences*, C. Howson (éd.), Cambridge, Cambridge University Press, 1976, p. 107-179. Ou J. Worrall, « Fresnel, Poisson and the White Spot: The Role of Successful Predictions in the Acceptance of Scientific Theories », dans *The Uses of Experiment - Studies of Experimentation in Natural Science*, D. Gooding, T. Pinch & S. Schaffer (éds.), Cambridge, Cambridge University Press, 1989, p.135-57.

² P. Achinstein, « Waves and Scientific Method », *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 1992(2), 1992, p. 193-204

³ Alain Michel, « Mathématique et « profondeur » : l'exemple de la théorie des nombres », dans *Jean Toussaint Desanti une pensée et son site*, G. Ravis-Giordani (éd.), ENS Fontenay/Saint-Cloud, 2002.

⁴ Pierre Duhem, *La théorie physique. Son objet, sa structure*, 2^{ème} édition, Paris, Rivière, 1914, p. 285-289.

⁵ G. Canguilhem, « L'objet de l'histoire des sciences », 1989, p. 13.

⁶ L. Pearce Williams, « Should Philosophers Be Allowed to Write History? », *The British Journal for the Philosophy of Science* 26 (3), 1975, p. 241-253.

⁷ Gerd Buchdahl, « On the Presuppositions of Historians of Science », dans *History of Science*, Cromble et Hoskin (éds.), I, 1962, p.67-77.

les contours de ma pratique de recherche en histoire des sciences avec autant de sincérité et de lucidité que possible.

Dans cet effort, je tenterai d'abord d'illustrer le dialogue que j'ai commencé de tisser avec la tradition épistémologique française et internationale, ainsi que mes prises de position par rapport à certains des débats qui les ont traversées au XX^e siècle. Loin de fournir une analyse théorique exhaustive de ces débats, cette présentation se proposera de souligner ce que je me sens près à argumenter et transmettre lors de mes directions futures de recherches. Je toucherai ainsi à trois questions essentiellement.

Pour commencer, je m'exprimerai en effet sur les risques auxquels me semblent nous exposer une pratique rétrospective de l'histoire des sciences – en dialogue avec Gérard Simon et Georges Canguilhem (2.1.1.1.1). Ensuite, je m'exprimerai sur l'intérêt de considérer l'historicité des « structures de pensée » sans céder à la tentation de l'incommensurabilité – en rapport avec Gérard Simon encore et avec Thomas Kuhn bien sûr (2.1.1.1.2).

Enfin, j'aborderai la question qui irrigue certainement le plus abondamment mon travail, à savoir l'analyse de la dynamique de construction des théories scientifiques (2.1.1.1.3). Pour cela je prendrai le temps de décrire les concepts principaux que je mobilise dans cette analyse, que sont :

- celui de *plausibilité*, comme horizon de l'invention scientifique – en dialogue de nouveau avec Gérard Simon – et comme aire du débat scientifique – avec Imre Lakatos (2.1.1.1.3.1),
- celui de *postulat*, comme proposition non démontrée mais nécessaire à l'axiomatique d'une théorie scientifique. Un concept que l'on retrouvera régulièrement mobilisé avec celui de *méthode* d'administration de la preuve tout au long de ce rapport, et dont on analysera les possibles effets d'un défaut d'explicitation – en lien avec Georges Canguilhem (2.1.1.1.3.2).
- enfin celui de *problème* pré-théorique, orientant nécessairement toute recherche scientifique – que je mettrai en rapport avec les propositions de Charles Sanders Peirce (2.1.1.1.3.3).

Mais afin de bien donner à comprendre ce qui suit, probablement sera-t-il utile de souligner préalablement que ce sont d'abord mes rencontres et collaborations avec certains de ceux qui deviendraient mes collègues du Centre Granger à l'occasion de l'élaboration du programme de la licence Sciences et Humanités – qui m'ont initialement sensibilisé à la pratique académique, et non dilettante, de l'histoire des sciences. Et que mes premières rencontres avec la recherche en histoire des sciences se sont donc en premier lieu articulées autour de l'enseignement, principalement.

La présentation que m'a faite Philippe Abgrall – historien des mathématiques médiévales arabes – des travaux du savant arabe Ibn Sahl sur les instruments ardents¹ m'a en effet inspiré très tôt l'écriture d'un cours introductif à l'optique géométrique intitulé « comment allumer un feu avec les rayons du Soleil » [15], me permettant d'introduire les notions de rayons parallèles, de diamètre angulaire, de foyer et d'instrument optique de façon justifiée par le besoin de résoudre un problème historique authentique, dont il s'agissait de rendre compte. De même, un échange avec Baptiste Morizot – philosophe du vivant – m'a éveillé à la pertinence et l'importance de la question de « ce que l'on voit réellement à travers une lentille »² pour

¹ R. Rashed, « A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses », *ISIS* 81(3), 1990, p. 464-491.

² Que l'on peut lier aussi bien à certaines des préoccupations qui se sont imposées à Galilée dans son *Messenger des étoiles* (1609) qu'aux réflexions plus contemporaines développées par Ian Hacking dans « Do we see through a Microscope ? », *Pacific Philosophical Quarterly* 62 (4), 1981, p. 305-322.

introduire un second cours d'optique interrogeant par le biais de cette question philosophique la notion d' « image », et permettant certainement de l'enseigner plus en profondeur que par la seule géométrie. C'est encore en travaillant avec Igor Ly – philosophe des mathématiques et de la physique – sur la manière dont Berkeley adressait le fameux problème de Barrow¹, que j'ai subitement réalisé que ce que les manuels de physique appelaient couramment « voir », signifiait précisément et uniquement : « voir net ». C'est-à-dire que la définition technique de l'« image stigmatique » en optique géométrique – comme un ensemble de points eux-mêmes individuellement images de chacun des points de l'objet – interdisait implicitement le statut d'« image » à la forme floue qui se dessine sur un écran en cas de mauvaise mise au point, aussi bien qu'à celle perçue par œil myope observant au loin lorsqu'il est privé de ses verres.

C'est ainsi que je comprenais que la définition physique des concepts d'« image » et de « vision » avait des conséquences ontologiques que je n'avais pas soupçonnées jusque-là, mais dont les conséquences étaient pourtant visibles en classe. Comme lorsque j'affirmais fermement que l'on ne « voyait » pas ces formes floues – puisqu'on ne pouvait formellement les qualifier d'« images » – et que je pouvais alors palper, sans pour autant la comprendre, l'incompréhension de ces étudiants qui se sentaient pourtant capables de les « voir » et de deviner la nature de l'objet qu'elles représentaient. Faute d'une explicitation du fait que l'acception physique des termes « voir » et « image » était à distinguer de l'acception vulgaire de ces termes, je les condamnais à recevoir avec une circonspection polie la théorie de ces « images » nécessairement nettes, qui est le corps de l'optique géométrique. Ce jusqu'à ce que la lecture de textes historiques et philosophiques fournis par ce collègue me révèle donc que l'optique et son enseignement s'étaient un jour efforcés d'accueillir et de modéliser le cas de la vision floue, plutôt que de l'évacuer ; donc que s'ils ne le faisaient plus aujourd'hui, cela relevait d'un choix, et non d'une évidence. Il relevait alors de ma responsabilité d'enseignant d'explicitier l'importance de ce choix aux étudiants, et de ma curiosité de chercheur d'en déterminer les raisons.

C'est ainsi par une succession de dessillements simples de ce genre, que ces expériences d'enseignement mêlant physique et histoire des sciences m'ont progressivement amené à envisager une quantité considérable d'implicites inconscients affectant mon discours aussi bien que ma pratique de physicien. Puis, que le sentiment d'une difficulté à m'entretenir de ces épiphanies répétées avec mes collègues physiciens de l'époque a fait naître en moi le besoin de prolonger ce début de psychanalyse personnelle par une pratique de recherche en histoire et en philosophie de ma discipline de formation.

2.1.1.1.1 L'attention aux effets de l'histoire rétrospective

Ainsi, c'est encore pour répondre à l'exigence de produire un enseignement croisant histoire et sciences que je me suis pour la première fois véritablement plongé seul dans l'approche académique de l'histoire des sciences [18]. Une plongée inaugurée, à l'occasion d'un cours sur l'astronomie keplerienne, par la lecture de la thèse, puis des ouvrages, de Gérard Simon, dont la démarche a ainsi imprégné la mienne durablement et à plusieurs égards².

¹ Isaac Barrow, *Lectiones XVIII, Cantabrigiae in scholis publicis habitae ; in quibus opti corum phaenomenam genuinae rationes investigantur, ac exponantur*, Londres, Godbid, 1669. George Berkeley, *An Essay towards a New Theory of Vision*, Dublin, A. Rhames, 1709.

² Sa thèse – G. Simon, *Structures de pensée et Objets du savoir chez Kepler*, Thèse de doctorat en Philosophie, Paris 4, 1976 – a donné lieu à deux ouvrages l'un sur l'astronomie, l'autre sur l'optique de Kepler – G. Simon, *Kepler astronome astrologue*, Gallimard, 1979 et G. Simon, *Kepler rénovateur de l'optique*, D. Bellis (éd.), classiques Garnier, 2019 – qui ont fortement inspiré la rédaction d'un cours d'authentique mécanique céleste keplerienne – donc pré-galiléenne et pré-newtonienne – que je proposais dans la licence Sciences et Humanités

La première leçon que j'ai tirée des ouvrages de Simon est je crois de toujours me méfier du regard « rétrospectif » que je pouvais porter sur le matériau historique étudié¹. Parce qu'une analyse rétrospective des sources historiques a tendance à donner à des circonstances contingentes un rôle explicatif qu'elles n'ont pas. Parce qu'une telle approche risque de mettre les effets à la place des causes et de fabriquer artificiellement des explications satisfaisantes mais simplistes, masquant la sinuosité du cheminement véritable de la pensée. Parce qu'elle entretient ainsi une vision exagérément linéaire et téléologique de l'histoire de la science. Parce qu'elle fait courir le risque à l'historien de se noyer dans son narcissisme et de ne contempler dans l'objet de son étude que le reflet de lui-même. Parce qu'enfin elle a tendance à élaborer une distinction artificielle et anachronique entre le « vrai » et le « faux », entre l'« irrationnel » et le « rationnel », entre le « victorieux » et le « défait », qui exposent l'historien au risque de fausser le sens et la portée des théories anciennes, et des arguments sur la base desquels elles étaient élaborées et débattues.

De fait, le cours même de l'histoire des sciences, en imposant au « vrai » de se reconfigurer sans cesse, nous interdit de retrouver jamais celui que l'on reconnaît aujourd'hui dans les théories anciennes. Par ailleurs, la tentation de taxer certaines propositions d'« irrationnelles » – telles l'astrologie keplerienne ou l'alchimie newtonienne – et de nous limiter à l'étude des textes de ces auteurs susceptibles d'être aujourd'hui considérés comme « rationnels », empêcherait certainement de saisir la cohérence du système du monde développé par ces auteurs, à l'élaboration duquel ces croyances aujourd'hui jugées irrationnelles ont intimement concouru². Enfin, la distinction entre une théorie « victorieuse » et une autre « défaite » n'est que le produit rétrospectif d'une dynamique essentiellement postérieure à l'époque de publication de la théorie elle-même, puisqu'au moment précis où elle est produite, on ne peut encore soupçonner les fruits qu'elle portera, ce que l'histoire et la science en retiendront. Si bien que lorsque l'on examine rétrospectivement par exemple les arguments qui ont opposé les théories des projectiles lumineux à celles des vibrations aux XVIII^e et XIX^e siècles, l'on risque abusivement de survaloriser les arguments vibratoires relativement aux autres, eût égard au fait qu'ils soutiennent une théorie dont nous savons qu'elle a, à un moment, gagné la partie – mais pas nécessairement du fait de la supériorité de ses arguments initiaux³. En fait, ce qui compte avant tout, et qui risque d'être déformé par le regard rétrospectif, c'est le système authentiquement restitué des affrontements théoriques à une époque donnée, puisqu'il est le seul cadre dans lequel les prises de position prennent leur sens et leur cohérence.

Ainsi, en même temps que la lecture de Gérard Simon m'offrait une première ligne méthodologique, elle m'ouvrait les yeux sur quantité d'auteurs que j'avais pris plaisir à lire mais qui ne la respectaient pas. Ils étaient souvent d'ailleurs eux-mêmes physiciens de formation et de profession, venus ultérieurement à l'histoire des sciences, et me semblaient produire une forme d'histoire physique de la physique qui n'était pas sans intérêt, mais dans laquelle je me sentais tout du moins à l'étroit et qui m'appelait dès lors à une vigilance redoublée à l'égard de pratiques dans lesquelles je risquais de m'engager moi-même, ne serait-

[18]. Puis ses travaux sur l'optique de l'Antiquité à Descartes (G. Simon, *Le regard l'être et l'apparence dans l'optique de l'Antiquité*, Seuil, 1988 et G. Simon, *Archéologie de la Vision*, Seuil, 2003) ont à leur tour significativement inspiré mon enseignement aussi bien que ma recherche en histoire des théories de la lumière.

¹ G. Simon, « De la reconstitution du passé. À propos de l'histoire des sciences, entre autres histoires », *Le Débat* 4, 66, 1991, p. 120-132. G. Simon, *Sciences et histoire*, Paris, Gallimard, 2008, p. 23-41.

² Voir par exemple G. Simon, *Kepler astronome astrologue*, 1979. Ou William R. Newman, « Newton's Early Optical Theory and its Debt to Chymistry », dans *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts, de l'Antiquité au XVII^e siècle*, D. Jacquart et M. Hochmann (éds.), 2010.

³ J. Worrall, « Thomas Young and the 'refutation' of Newtonian optics », 1976.

ce que par atavisme¹. L'une des propositions de Simon me semblait alors livrer la ligne méthodologique qu'il faudrait s'astreindre à suivre par la suite : « Prendre en compte les textes, rien que les textes et *tout* dans les textes : pas question d'y effectuer un tri vertueux entre ce qui est vrai ou faux, ou ce qui relève du rationnel et de l'irrationnel, ou encore de l'esprit scientifique et d'une pensée préscientifique »². Soit une méthode pour la production d'une histoire « événementielle, qui décrit le passé sans préjuger de son avenir »³, qu'il avait lui-même magistralement appliquée dans son étude des *Structures de la pensée et objets du savoir chez Kepler* justement.

C'est une méthode dont il m'a d'ailleurs semblé depuis percevoir une autre forme d'incarnation dans l'exhortation adressée par Canguilhem aux historiens à s'intéresser à ces « idéologies scientifiques » qui tout en louchant vers un domaine scientifique voisin ne parviennent pas encore à se forger de concepts scientifiques opérationnels ; ce afin d'interroger les rapports qu'entretiennent ces idéologies aux sciences qui sont leurs voisines, et de mieux appréhender ainsi l'évolution des concepts scientifiques, les modes de constitution des objets de la science et les dynamiques d'émergence des régimes de vérités. C'est en ce sens en tout cas que j'interprète Canguilhem lorsqu'il déclare que le passé d'une science n'est pas à chercher seulement dans ce qui caractérise cette science dans le passé, mais aussi dans les « idéologies », selon ses termes – ou les « savoirs », selon ceux de Simon – qui lui ont donné naissance⁴.

J'ajouterais simplement à cela que – comme Simon le concédait d'ailleurs – on ne peut jamais se garder parfaitement de porter un regard rétrospectif sur le passé, puisque l'écoulement du temps nous impose inexorablement de faire l'histoire depuis notre présent. Puisque le renoncement à toute rétrospection interdirait la possibilité de faire émerger d'éventuels invariants de la pratique scientifique. Puisque la conscience des normes de la science actuelle fournit, on l'a dit, les critères grâce auxquels l'historien parvient à déceler certaines ruptures dans son passé⁵. Enfin, puisque le dépaysement que produit l'exploration des contrées exotiques du passé ne constitue pas l'horizon de l'histoire des sciences ; mais que cette histoire vise bien, par ce jeu du décentrement et de la mise en contraste, à mieux appréhender notre présent. Aussi, l'attitude préconisée à l'égard du regard rétrospectif relève-t-elle plus de la précaution que de la proscription : il est indéniablement pertinent de faire l'histoire des concepts en vigueur ou des résultats reconnus aujourd'hui. Seulement, dans cette histoire il faut surtout apprendre à reconnaître ce qui, en nous, relève d'une connaissance ou d'une manière de pensée postérieure à la période étudiée, afin de ne pas la supposer partagée par l'auteur ancien. Il faut aussi se garder de négliger, d'atténuer ou de taire l'impact de la quantité d'éléments du texte ancien aujourd'hui considérés caducs, faux ou non-scientifiques par la science. Enfin, il faut s'efforcer

¹ Ces histoires physiques de la physique sont ces grandes synthèses qui à partir de l'état actuel de la physique, ou de l'une de ses branches, retracent leurs lignées sur de longues périodes en empruntant recensant principalement les contenus anciens trouvant un correspondant dans les textes actuels et en les transposant en langage physique moderne. Pour n'en citer qu'un – sans remettre en cause ni son contexte ni son intérêt historique – pensons au regard très caractéristiquement rétrospectif porté sur l'optique pré-newtonienne par le révérend Joseph Priestley dans *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, London, Johnson, 1772. Plus près de nous, voir par exemple l'ouvrage influent et érudit mais historiographiquement daté de Vasco Ronchi, *Histoire de la lumière*, Paris, A. Colin, 1956.

² G. Simon, « Le problème inverse de Lévi-Strauss », *Revue d'Histoire des Sciences* 60/1, 2007, p. 246.

³ G. Simon, « Analyse rétrospective et approche événementielle en histoire des sciences », dans *Méthode et histoire. Quelle histoire font les historiens des sciences et des techniques*, Anne-Lise Rey (dir.), Paris, Classiques Garnier, 2013, p. 173.

⁴ G. Canguilhem, « Qu'est-ce qu'une idéologie scientifique ? », dans *Idéologie et Rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*. Paris, Vrin, 1977, p. 33-45. Maurice Caveing, « Savoirs et Sciences selon Gérard Simon », *Revue d'Histoire des Sciences* 2007/1(60), p. 2013-216.

⁵ G. Canguilhem, « L'objet de l'histoire des sciences », 1989, p. 13.

de considérer sans jugement tout ce qui a pu contribuer à la formulation du résultat ou du concept que l'on croit reconnaître chez l'auteur ancien, ainsi que la forme très précise et toute la charge de sens qu'il lui attribuait.

Ainsi Suzanne Bachelard écrivait-elle en guise d'avertissement : « Que l'activité de l'historien soit rétrospective lui impose des limites mais lui donne les pouvoirs. L'historien construit son objet dans un espace-temps idéal. A lui d'éviter que cet espace-temps soit imaginaire »¹. Ce dont Canguilhem concluait que c'est justement de l'épistémologie que l'historien devait attendre une « déontologie de la liberté de déplacement régressif » dans ce passé². Une telle déontologie me semble alors passer, d'une part, par une étude attentive et rigoureuse des sources, pour ce qu'elles représentent au sein de leur époque et pour ce que leur auteur s'efforçait de dire à ses lecteurs à travers elle. D'autre part, par une considération approfondie du contexte scientifique et technique, mais aussi social, anthropologique et philosophique dans lequel elles ont été produites et accueillies. Enfin, par une prise en compte des entrelacs – souvent implicites – entre disciplines diverses à l'époque considérée ; considération qui nous mènera à examiner plus loin les liens possibles entre histoire des sciences et interdisciplinarité (2.1.1.4). Tout ceci sans perdre de vue le constat qu'il n'est pas de réalité historique toute faite qu'il conviendrait simplement de restituer, mais que celle-ci, parce qu'elle est humaine, restera inévitablement « équivoque et inépuisable »³.

2.1.1.1.2 Structures de pensée et objets du savoir, au risque de l'incommensurabilité

Gérard Simon illustre par ailleurs régulièrement la nature du travail de l'historien des sciences par une analogie avec celui de l'anthropologue. Certes la pratique de l'histoire nécessite-t-elle de postuler une forme de réciprocité de principe entre le sujet qui la pratique et ceux dont il parle, pour qu'il puisse espérer reconstituer leurs gestes en les imaginant. Cependant, tel l'anthropologue qui risquerait de passer à côté du propos même de son étude s'il ne s'efforçait d'accueillir le mode de vie des populations qu'il étudie sans jugement de valeur, sans attente, ni classification de celui-ci à la lumière de ses propres valeurs et catégories – il s'agit pour l'historien de parvenir à laisser de côté ses habitudes de pensée afin de pouvoir retrouver le sens et la mesure des discours laissés par les savants du passé. Ce malgré – et même contre – le sentiment exagéré de proximité produit par la communauté de lieu de vie, ou de langue, que l'on partage avec ces savants, ou par l'homonymie entre certains des objets scientifiques qu'ils manipulent et ceux qui sont les nôtres.

Comme Marc Bloch le faisait d'ailleurs remarquer, « au grand désespoir des historiens, les hommes n'ont pas coutume de changer de vocabulaire chaque fois qu'ils changent de mœurs »⁴. L'une des sources majeures d'anachronisme dans la recherche en histoire relève donc de cette tendance apparemment si naturelle, lorsqu'il s'agit de créer un concept nouveau, à attribuer un nouveau sens à un mot déjà existant, plutôt qu'à créer un nouveau terme de toute pièce. Or, si les termes employés dans les textes anciens ont déjà souvent eux-mêmes une histoire à l'époque où nous les trouvons mobilisés, leur histoire ne s'est certainement pas arrêtée là. Le risque est alors considérable de les lire en plaquant sur eux le, ou l'un des sens qui leur est attribué aujourd'hui. L'effet de déformation rétrospective du matériau historique précédemment évoqué se retrouve donc redoublé par le danger de rendre le passé artificiellement semblable au mode

¹ Suzanne Bachelard, « Épistémologie et Histoire des Sciences », dans *Colloques, textes des rapports du XII^e congrès international d'histoire des sciences*, Albin Michel, 1968, p. 39-51.

² G. Canguilhem, *Idéologie et Rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, p. 14.

³ Raymond Aron, *Mémoires*, Paris Julliard, 1983, p. 122.

⁴ M. Bloch, *Apologie pour l'histoire ou Métier d'historien*, Paris, Armand Colin, 1997, p. 57.

contemporain par un manque de vigilance à l'histoire de la langue elle-même, et du langage scientifique en particulier. Or, au-delà du langage, les manières d'argumenter et de raisonner varient elles-mêmes selon les lieux et les époques.

La tâche de l'historien consiste alors non pas seulement à décrire le monde tel que l'envisage le savant étudié, mais d'abord à identifier les structures de pensée qui le lui font apparaître tel : « Nous partons de l'idée qu'avant d'étudier la manière dont un homme à une époque déterminée élabore conceptuellement les données de fait qui s'offrent à sa réflexion, il est bon de s'interroger au préalable sur les normes auxquelles il obéit quand en général il conceptualise », dit Simon¹. Tel serait même l'objet de la philosophie simondienne des sciences selon Edouard Mehl² ; laquelle consisterait à repérer et identifier ces structures de pensée qui se dessinent dans une manière singulière d'envisager des liens, de considérer une causalité, de tirer des déductions, ou de mener une démonstration, ce par la mise en évidence d'un certain ordre et enchaînement récurrent des pensées de l'auteur, ou de connections typiques qu'il élabore et répète. Car si structures il y a, elles doivent pouvoir se retrouver dans plusieurs de ses œuvres, ou dans plusieurs champs de son travail.

Selon Simon, ces structures – qui sont à l'œuvre dès lors que l'auteur conceptualise – imposent leur forme aux « objets » de son savoir : le monde ne s'ordonnant pour lui ni selon les mêmes principes, ni selon les mêmes coupures que les nôtres, il ne l'organise pas selon les catégories dont nous sommes familiers. Ce ne sont donc pas seulement des types de raisonnement différents des nôtres qu'il développe, mais ce sont également différents concepts que ces raisonnements articulent. Et de ces concepts, il faudra bien sûr nécessairement restituer le sens original que l'auteur leur attribuait si l'on veut pouvoir comprendre ce qu'il en a fait. C'est pourquoi je crois personnellement à l'importance de cette ligne méthodologique invitant à l'analyse de ce qui est pensable par un auteur, avant de s'inquiéter de ce qui par lui a été pensé. Ce, même si j'y vois un risque au moins dont j'aimerais parvenir à me garder.

L'idée de Simon, poussée à l'extrême, pourrait en effet mener à conclure à une incommensurabilité irréductible des systèmes scientifiques les uns par rapport aux autres. Cette conclusion serait ainsi liée à l'idée d'une évolution historique de la science rythmée par une suite de révolutions brutales faisant définitivement basculer la science d'un paradigme au suivant, dont les tenants ne pourraient ainsi pas s'extraire, pour résumer la position de Thomas Kuhn³. Une telle position me semble d'ailleurs sous-entendue dans ce concept de « science fossile » que Gérard Simon emploie pour caractériser l'optique de l'Antiquité grecque par exemple, dont il estime les concepts et préoccupations si éloignées des nôtres que son véritable objet et ses authentiques intentions nous resteront à jamais inaccessibles. Or, j'ai beaucoup de mal à me résoudre à cette idée d'incommensurabilité, comme à ce concept de science fossile ; plus d'ailleurs pour des raisons de sensibilité personnelle que pour des raisons purement logiques, comme j'essaierai de l'expliquer par la suite. Mais parvenir à la conclusion que l'on ne pourra jamais parvenir à comprendre véritablement le sens profond et l'horizon d'une théorie ancienne, ou que les paradigmes successifs sont définitivement incapables d'être traduits les uns en les autres, c'est selon moi prêter trop peu d'attention à ce que les systèmes scientifiques successifs sont malgré tout parvenus à se transmettre à travers l'histoire : soit à ce bagage de relations entre quantités abstraites, qui produisent de tels effets de résistance à l'épreuve du réel

¹ G. Simon, *Kepler astronome astrologue*, 1979, p. 11.

² E. Mehl, « "Structures de pensée" et "objets du savoir" chez Gérard Simon », *Journée d'étude organisée par le CAPHÉS et l'Université Lille III : Gérard Simon, le philosophe et l'historien*, 2015. <http://savoirs.ens.fr/expose.php?id=2288#>

³ T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 1962.

que l'accord sur la véracité de ces relations persiste, quand bien même les différentes significations métaphysiques attribuées aux quantités qu'elles relient varient avec le temps¹.

De surcroît, cette thèse de l'incommensurabilité des paradigmes me semble donner une place à la fois excessive et trop limitée aux facteurs sociaux et psychologiques de l'élaboration des connaissances scientifiques. Excessive parce qu'occupant presque tout l'espace explicatif ; l'acte de création scientifique ne me semblant pourtant pouvoir trouver d'explication exclusive en termes de comportement type, de statistiques, ou de consensus social. Mais trop limitée, parce qu'accordant trop peu de crédit à l'incroyable puissance d'adaptation de l'humain ; en particulier à sa capacité à communiquer avec celui qui lui est étranger, à le comprendre, à le traduire – et à se renouveler en conséquence.

En somme, je crois en la pluralité irréductible des langages et paradigmes scientifiques. Et je crois en la nécessité de se plonger dans ces langages, dans l'appréhension des structures de pensée qui les sous-tendent, pour véritablement appréhender le sens et la portée des œuvres scientifiques du passé. Je crois aussi que cette quête peut être une fin en soi pour l'historien des sciences – même si elle ne peut jamais parfaitement aboutir, en vertu des moyens à sa disposition. Mais je crois enfin que cette quête redouble d'intérêt dès lors qu'elle se prolonge d'un travail de traduction permettant de rendre ces structures de pensée, et la vision du monde qu'elles engendrent, accessibles à la société dans laquelle évolue l'historien. Car elles doivent permettre à cette société de sentir, par contraste, l'existence de structures inconscientes qui façonnent également sa propre vision du monde, et lui offrir par là même la possibilité de faire évoluer ses propres structures, par adoption, hybridation, ou rejet conscient des options offertes par cet autre système².

Aussi, la découverte – ou plutôt l'invention³ – de ces objets et relations abstraites qui rejoindront, ou non, le substrat cumulatif des connaissances scientifiques au cours de l'histoire, me semble-t-elle répondre à des processus d'ordre logique et épistémologique qu'il s'agit avant tout de restituer. Même si celle-ci s'inscrit nécessairement aussi dans un contexte technique, culturel et social particulier, dont il s'agit de s'imprégner afin de comprendre les contraintes externes qui ont affecté, et orienté, aussi bien la forme de ces processus, que leur dynamique. Ce qui me semble imposer de trouver un moyen de concilier une approche épistémologique et une approche sociologique ou psychologique de l'histoire des sciences pour l'analyse de la dynamique de l'élaboration des théories scientifiques.

¹ Voir par exemple Henri Poincaré, *La science et l'hypothèse*, Paris, Flammarion, 1902, Chap. X.

² Dans le dernier ouvrage de Simon, la formulation du concept de « science fossile » est d'ailleurs plus subtile que celle que je lui ai attribuée ici. Il y concède, d'une part, que le spécialiste de l'histoire, ou de la science étudiée par l'histoire, pourra éventuellement comprendre cette science ancienne, et même « redonner sens et vie à ces problématiques du passé » ; mais que, ce faisant, il ne pourra que les « réactiver » et jamais les « ressusciter ». D'autre part, il ajoute que les notions dont usent les sciences fossiles peuvent représenter, mais dans un autre contexte, « un aliment pour la recherche ou l'enseignement ». G. Simon, *Sciences et histoire*, p. 68.

³ Au terme de « découverte » – excessivement sous-tendu selon moi par les notions de constat universellement partagé, de primauté et de préexistence latente à la découverte – je préférerai ici celui d'« invention » scientifique, qui me semble mieux mettre en valeur l'activité créatrice et conceptuelle de son auteur, sa capacité à faire la preuve de l'opérativité de son invention et sa participation à la diffusion de la nouvelle connaissance. Ce sans pour autant nier l'existence d'un élément de réalité auquel l'invention s'adosse – comme lorsqu'on dit que l'on invente une grotte. Si découverte il y a, il s'agit donc avant tout du constat de la possibilité d'articuler de façon cohérente un nouvel objet scientifique aux connaissances scientifiques préalables, ou de la possibilité d'envisager une nouvelle interprétation de ces connaissances de façon à en permettre une nouvelle articulation cohérente.

2.1.1.1.3 Concepts pour l'analyse de la dynamique de construction des théories scientifiques

L'analyse de cette dynamique est en effet un thème qui me fascine et qui traverse la majorité de mes travaux jusqu'à présent [1-2 ; 4-6]. J'entends par-là l'étude du processus complet se développant à partir du moment où un esprit fait le choix de se concentrer sur un problème particulier, jusqu'à celui où il produit une théorie comme solution scientifique de ce problème ; voire jusqu'à la discussion collective de cette théorie et à l'insertion éventuelle de tout ou partie de celle-ci dans le corpus des sciences de son époque. Aussi, la compréhension et la reconstitution de ce processus chez différents auteurs et dans différentes parties de leurs œuvres requiert-il non seulement une reconstitution historique rigoureuse de ce contexte scientifique, technique, culturel et social dont nous venons de parler, mais aussi l'emploi de concepts épistémologiques susceptibles de clarifier l'analyse, et de déployer sa portée au-delà de la simple étude de cas, en l'insérant dans le contexte plus vaste d'une réflexion philosophique sur l'invention scientifique. Les principaux concepts que je mobilise comme outils pour l'analyse de la dynamique de la construction des théories scientifiques devront donc maintenant être présentés.

2.1.1.1.3.1 *Les déclinaisons du plausible*

Il est pour commencer un concept qui alimente et oriente fortement ma pratique de l'histoire des sciences – que l'on retrouve d'ailleurs chez Gérard Simon – qui est celui du *plausible* : « qu'il faut entendre comme ce qu'on tient pour rationnellement soutenable, même si cela prête à discussion »¹. Ce concept me semble en effet pouvoir éclairer plusieurs mécanismes intéressants de la dynamique de l'histoire des sciences².

¹ G. Simon, *Archéologie de la vision*, Seuil, 2003, p. 260.

² Je remercie B. Bensaude-Vincent d'avoir attiré mon attention sur le fait que, bien avant Simon, Emile Meyerson avait employé le concept de *plausible* dans son étude philosophique de la causalité en science (voir par exemple son admirable traité *Identité et causalité*, Paris, F. Alcan, 1908). Meyerson y qualifie en effet de *plausible* toute proposition satisfaisant à ce qu'il appelle la *tendance causale* : c'est-à-dire toute proposition qui satisfait à notre sentiment universel (selon lui) qu'il y a quelque chose de vrai et d'explicatif dans les propositions causales reposant sur la conservation, l'identité, d'une entité dans le temps. Selon Meyerson, notre esprit serait particulièrement disposé à accepter ce genre de propositions comme explicatives, si bien que lorsque nous y serions exposés, nous les jugerions spontanément *plausibles*, conditionnant ainsi une facilité particulière à les accepter pour vraies, sans qu'une démonstration logique ni expérimentale n'en soit nécessaire. Comme on le verra, il y a donc dans cette acception du *plausible* quelque chose de commun avec celle que je retiendrai moi-même : je crois également qu'il y a des idées que l'on envisage plus aisément que d'autres, qui nous semblent plus « rationnellement soutenables » : c'est ce que j'appellerai *plausible*. Toutefois, je ne me rallierai pas ici à la définition de Meyerson, au moins pour ce que le *plausible* que je mobilise est une catégorie plus large que celle qu'il décrit ; au sens où il n'y a pas que les propositions satisfaisant au principe d'identité que je considère *plausibles*, et que la plausibilité n'implique pas pour moi une acceptation sans nécessaire démonstration, mais dessine plutôt une démarcation entre ce qui peut être envisagé et débattu, et ce qui ne le peut pas. De plus, contrairement au *plausible* universel et intemporel de Meyerson, celui dont je cherche les traces est en partie construit socialement, en partie individuel : il y aura des propositions qu'un groupe social considérera majoritairement comme plausibles au contraire de son voisin, et c'est d'ailleurs en partie ce qui me permettra de distinguer ces groupes. Toutefois, il y aura aussi des variations inter-individuelles au sein de chaque groupe, que l'étude et la mise en contraste des prises de position de ses membres permettront de révéler. Enfin, ce que je désigne par *plausible* évolue aussi bien dans l'espace que dans le temps. Aussi, nos deux versions du concept me semblent inconciliables en ce que l'idée d'une universalité du *plausible* – même limitée à celle strictement désignée par Meyerson – me paraît peu plausible.

2.1.1.1.3.1.1 Le plausible comme horizon du visible et du pensable

D'abord, parce que la définition même du plausible, telle que posée ci-dessus, interdit simplement au savant de prêter attention aussi bien à ses propres intuitions, qu'aux propositions lui venant de l'extérieur, dès lors qu'elles ne lui paraîtront pas plausibles. C'est un point qu'il est bien sûr difficile de documenter historiquement, puisque l'éventuelle absence d'intérêt d'un auteur pour une idée, pour la thèse d'un autre auteur, ou pour un phénomène, le mènera le plus souvent à ne pas en discourir. Mais ce sont justement ces creux, ces vides apparents dans le discours de l'auteur, ces textes qu'il ne cite pas, ces sujets dont on s'étonne rétrospectivement qu'il ne les évoque pas, ces phénomènes dont on est surpris qu'il ne les voie pas, qui me paraissent pouvoir être autant de marqueurs de l'impact du plausible sur sa théorie.

A cet égard par exemple, l'absence de théorie optique percussionnelle, vibratoire ou ondulatoire sans support matériel pour la propagation de ces ondulations avant la fin du XIX^e siècle – ne les regroupe-t-on pas d'ailleurs régulièrement sous le terme générique de théories « des milieux » – me semble un signe, caractéristique de la philosophie mécaniste de l'époque, de la non-plausibilité de ce qu'une onde puisse se propager sans support matériel. Un manque de plausibilité ayant eu des conséquences très concrètes sur le développement de l'optique, puisqu'il condamnait le modèle de l'onde lumineuse se propageant dans un milieu matériel nécessairement très délié – afin notamment de laisser libre cours à la circulation des astres – à être calqué sur celui de l'onde sonore longitudinale (la vibration se fait dans le sens de propagation). Il interdisait ainsi de penser l'onde lumineuse transverse (la vibration se faisant perpendiculairement à la propagation), alors même que le cas bien connu des vagues était régulièrement évoqué en guise de métaphore. Au point que lorsque Thomas Young – l'un des plus inventifs de ces vibrationnistes – pressentira que l'ondulation transverse pouvait résoudre les dernières énigmes de l'optique ondulatoire, il rejettera presque immédiatement cette option qui lui semble trop « douteuse » du point de vue mécanique¹. C'est dans une même veine que j'interpréteraï alors la façon dont Kepler, envisageant un moment la possibilité d'une loi de la réfraction régie par un rapport de sinus constant, évacue incontinent cette option au titre qu'elle nécessiterait d'envisager une nature mécanique et corpusculaire de la lumière qui, pour lui au contraire, était insoutenable².

Plus radical, le silence de Ptolémée sur la réflexion totale, ou celui de Ibn al-Haytham sur l'image qui se dessine au fond de la chambre noire, me semblent à leur tour illustrer l'impossibilité pour ces auteurs d'envisager la possibilité de ces phénomènes qu'ils avaient pourtant *sous leurs yeux* – une position qui me semble d'ailleurs compatible avec les analyses que Gérard Simon et Hans Belting proposent de ces deux cas³. Ces silences offriraient ainsi deux exemples de la manière dont le champ de ce qu'un savant peut estimer plausible affectera les contours de sa théorie. Malgré son aspect nécessairement psychologique et prospectif, le concept de « plausibilité » me semble donc pouvoir être un révélateur puissant des structures

¹ Thomas Young, « From Dr. Young to M. Arago, 12th January, 1817 », dans *Miscellaneous works of the late Thomas Young, M.D.F.R.S.*, G. Peacock (éd.), vol. I, London, Murray, 1855, p. 383.

² Johannes Kepler, *Paralipomènes à Vitellion*, Francfort : Marnium & Aubrii, 1604. Traduction C. Chevalley, Paris, Vrin, 1980, p. 210-211.

³ G. Simon *Le regard l'être et l'apparence dans l'optique de l'Antiquité*, 1988, p. 170-173. Hans Belting, *La double perspective. La science arabe et l'art de la Renaissance*, Les presses du réel / Presses universitaires de Lyon, 2010. Ce qui est d'ailleurs particulièrement intéressant dans les analyses que Simon et Belting proposent de ces cas, c'est qu'ils articulent les causes d'inobservabilité de certains phénomènes par un individu particulier (Ptolémée, ou Ibn al-Haytham) à celle du « régime de plausibilité » (2.1.1.1.3.1.3) de l'époque dans laquelle ses travaux s'insèrent, caractérisé par l'étude du regard dans l'optique de l'Antiquité grecque, ou par l'« aniconie » au Moyen-Âge arabe, transformant ainsi ce qui aurait pu n'être qu'une enquête psychologique en analyse historique et épistémologique.

de pensée d'un auteur singulier : en étant attentif à ce qu'il n'a pas vu, pas dit, pas retenu, ou pas cité, et en faisant l'hypothèse que c'est parce qu'il ne le jugeait tout simplement pas plausible, l'on est parfois en mesure d'accéder à une nouvelle compréhension de la dynamique singulière de ses inventions, et du périmètre limité dans lequel elles peuvent se déployer. Mais en-deçà de ce qui est radicalement exclu du champ du plausible pour un auteur – et qu'il est dès lors incapable de penser – me semblent déjà se dessiner, à travers les exemples précédents, deux autres modalités du plausible qu'il sera intéressant je crois de détailler.

2.1.1.1.3.1.2 L'échelle du plausible comme itinéraire de l'invention scientifique

Premièrement, parce qu'une fois exclu ce qui n'est tout simplement pas plausible – dont nous venons de traiter – se dessine dans ce qui reste une forme de gradation, allant progressivement de la pure évidence, à la limite de l'envisageable, en passant par les multiples degrés du probable et du possible. Et que cette échelle du plausible, propre à chaque auteur, affecte également, je crois, la dynamique de ses inventions. En effet, le processus long et progressif d'une démarche scientifique – qui repose sur l'invention et le choix d'hypothèses, dont on s'efforce de déduire lentement des conséquences logiques susceptibles d'être mises à l'épreuve avec rigueur et précision (2.1.1.1.3.3), et dont on devra enfin défendre publiquement les conclusions – représente un coût en temps et en énergie irréductibles pour le scientifique, qui participe nécessairement à façonner les contours de son travail. Ne serait-ce que parce que conscient du temps et de l'énergie que coûte ce processus, le scientifique aura je crois tendance à s'orienter préférentiellement vers l'approfondissement et la mise à l'épreuve d'hypothèses qu'il jugera les plus plausibles. Même si cela ne l'empêchera pas, bien entendu, de dériver progressivement vers des hypothèses qu'il aura initialement jugées moins plausibles, au fur et à mesure que les premières auront été écartées.

Une telle dynamique est généralement difficile à percevoir par l'analyse seule des traités scientifiques publiés, tant ceux-ci sont souvent rédigés sous forme de synthèses, où les résultats sont exposés de manière progressive, privilégiant l'ordre logique et pédagogique à l'ordre chronologique véritable de l'invention. Ce qui est un bien indéniable pour leur lecteur intéressé au seul contenu de ces travaux, mais un piège potentiel pour l'historien naïf. Piège dont m'a en partie gardé une lecture précoce des œuvres de Kepler, qui, précisément, « ne présente pratiquement jamais ses découvertes pour elles-mêmes, sous forme de résultats assortis des démonstrations ou des preuves fournies par l'expérience qui les confirment une fois ceux-ci obtenus ; mais [...] s'évertue à reconstituer, sans laisser passer aucune de ses étapes, le processus mental réel qui l'y a conduit et qui, au fil de remaniements successifs, combinant hypothèses, mises en forme de celles-ci par le calcul, et confrontation de ces calculs aux données de l'expérience, offre le caractère de véritable [...] travail en cours, qui, du *Mystère cosmographique* de 1596 à l'*Épitomé* de 1620, se présente en permanence en cours de réélaboration, ses acquis étant inséparables du mouvement de leur production qui associe essais et erreurs, à travers un effort vers la vérité »¹. Lorsqu'on lit Kepler, on le voit donc hésiter, se projeter dans l'hypothèse qui lui semble un moment la plus probable, jusqu'à l'épuiser et l'abandonner pour une autre. Puis répéter inlassablement le même protocole jusqu'à parvenir progressivement à l'exploration d'hypothèses qu'il admettra lui-même avoir initialement jugées pour certaines invraisemblables.

C'est donc sensibilisé à ce processus de lent décalage centrifuge à travers le champ du plausible que j'abordais des années plus tard la lecture des textes que Thomas Young publia

¹ Pierre Macherey, « Histoire des savoirs et épistémologie », *Revue d'Histoire des Sciences* 60(1), 2007, p. 222.

successivement entre 1800 et 1803 sur le son, la vision, la lumière et la couleur. Ces derniers assument également de porter la marque, quoi que plus discrète, d'un processus de l'invention scientifique se déplaçant progressivement, de texte en texte, d'hypothèses plus plausibles à d'autres qui le sont moins [1]. Cette dynamique de l'invention s'offre évidemment d'autant mieux aux yeux de l'historien, qu'il saisira l'occasion de se plonger dans les travaux inaboutis, dans les brouillons, dans les cahiers de notes ou dans les lettres de l'auteur étudié.

Ainsi, loin de défendre ici une quelconque découverte de ma part, j'avance seulement l'hypothèse que mon introduction à l'histoire des sciences par la lecture des textes de Kepler m'ait tout particulièrement sensibilisé à la possibilité de reconstituer les limites du champ du plausible d'un auteur, aussi bien que l'organisation graduée de ce champ, par le positionnement réciproque des hypothèses auxquelles il aboutit par rapport à celles qu'il a successivement envisagées dans ses manuscrits et travaux publiés ; ainsi qu'à celles qu'il fait l'effort de citer, de contredire, ou qu'il feint d'ignorer. Au point d'en faire aujourd'hui l'un des concepts centraux de mon travail d'analyse de la dynamique d'élaboration des théories anciennes.

2.1.1.1.3.1.3 Le régime de plausibilité comme aire du débat scientifique

Deuxièmement, je me plais à postuler qu'autour du champ du plausible propre à un auteur, se dessine un « régime de plausibilité » plus large, caractéristique de la communauté scientifique dans lequel cet auteur s'insère, ou aspire à s'insérer. Un régime de plausibilité commun délimitant donc un espace dans lequel cette communauté peut produire et explorer des théories susceptibles d'être publiées et collectivement évaluées, débattues, soutenues ou attaquées. Et si, bien entendu, chacun des membres de cette communauté n'accordera pas le même degré de plausibilité à chaque hypothèse de ce champ, c'est précisément cela qui entretiendra leur débat. Mais la possibilité même de ce débat me semble nécessiter l'évolution des auteurs impliqués dans un même régime de plausibilité, sans quoi ils ne pourraient pas même considérer un quelconque intérêt à se confronter aux textes ou aux jugements des autres.

La réticence radicale de Pierre de Fermat à l'égard de la loi cartésienne de la réfraction me semble une illustration possible de ce cas¹. Fermat jugeait en effet que la démonstration cartésienne de la loi des sinus ne reposait que sur des comparaisons, et qu'en géométrie plus encore qu'ailleurs, les comparaisons ne font pas des preuves. Il soulignait de plus que cette démonstration présupposait un passage plus aisé de la lumière dans les milieux les plus denses, « ce qui semble choquer le sens commun » ; et qu'elle supposait encore injustement que le mouvement horizontal de la lumière n'était pas modifié lors de la réfraction. Si bien que pendant les vingt années qui suivirent la publication de la *Dioptrique*, Fermat refusa de reconnaître la validité de la loi des sinus. Même après qu'elle ait été confirmée expérimentalement, c'est encore parce qu'il ne jugeait pas plausible qu'une démonstration fautive puisse mener à une loi correcte – même si cette loi pouvait suffisamment s'approcher de la vérité pour que l'expérience ne l'en puisse discerner – qu'il finit par se lancer à son tour à la recherche de la loi véritable de la réfraction². Aussi Fermat et Descartes s'inscrivaient-ils dans deux régimes de plausibilité suffisamment distincts pour que toute tentative par l'un de réfuter ou de convaincre l'autre doive se révéler infructueuse, au point que même la preuve expérimentale ne pouvait les amener à un commun accord.

¹ P. de Fermat, « Lettre de Fermat à M. de ****, 1664 », dans *Œuvres de Fermat*, Tannery et Henry (éds.), vol. II, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894, p. 485-489.

² Abdelhamid I. Sabra, *Theories of light, from Descartes to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981, p. 117-126.

Un mécanisme semblable me semble illustré à plus grande échelle par l'impressionnante monographie que Geoffrey Cantor a dédiée aux théories de la lumière du XVIII^e siècle en Grande-Bretagne¹. Cette étude montre en effet qu'au cours de ce siècle, si les théories des projectiles lumineux étaient largement dominantes par leur nombre et par celui de leurs représentants parmi les membres des universités et des académies scientifiques, la seconde classe de théoriciens de la lumière par le nombre de ses représentants envisageait alors la lumière comme un fluide continu et adoptait un « style » scientifique très différent de celui des premiers². Si bien que théoriciens des projectiles et théoriciens des fluides ne se sont pratiquement jamais opposés, faute – dirais-je – d'un régime de plausibilité commun, permettant aux uns comme aux autres d'estimer pertinentes, ou même dignes de débat, les théories de l'autre camp.

D'un autre côté, les hypothèses, les postulats et les méthodes des théories des vibrations, quoique très minoritaires à l'époque, offrirent progressivement un degré de plausibilité suffisant aux théoriciens des projectiles pour qu'un débat souvent virulent, mais rétrospectivement fructueux, s'installe et s'entretienne entre eux. Toutefois, c'est encore à l'aune d'un trop faible recouvrement entre leurs champs des plausibles respectifs que nous serions de nouveau tentés d'interpréter la réception silencieuse de la théorie optique de Thomas Young par la communauté scientifique britannique – illustrée par exemple par le mutisme de William Herschel, partisan des projectiles, relativement à l'interprétation vibratoire que propose Young de l'inflexion de la lumière ou les anneaux de Newton [2]³, ou encore par la considération par Laplace de la démonstration vibratoire de la loi de la réfraction comme un simple « aperçu » plus que comme une « démonstration géométrique »⁴.

En somme, c'est en tous ces moments, où il s'agit pour le scientifique de faire des choix sans disposer encore des preuves ou des arguments qui lui permettraient de le faire sur des critères logiques, qu'intervient le recours au plausible. Ces considérations soulignent ainsi, selon moi, l'importance pour l'historien de considérer non seulement le champ du plausible d'un auteur tel qu'inséré dans l'un des régimes de plausibilité de son époque, mais également la multiplicité et l'évolution de ces régimes au fil des époques. Ceci justifiant enfin à mes yeux la combinaison

¹ G. N. Cantor, *Optics after Newton: Theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840*, Manchester, Manchester University Press, 1983.

² Les théoriciens du fluide lumineux refusaient notamment pour leur grande majorité les résultats de la mécanique newtonienne et se montraient réticents au traitement mathématique des problèmes optiques qu'ils abordaient, qu'ils inscrivaient d'ailleurs le plus souvent au sein d'une réflexion plus générale sur la chaleur, le feu, la chimie et la théologie. G.N. Cantor, *Optics after Newton*, 1983, p. 91-113.

³ Quoique tous deux se connaissaient personnellement, qu'ils se côtoyaient hebdomadairement à la Royal Society devant laquelle Young avait proposé une interprétation radicalement nouvelle des anneaux de Newton et de l'inflexion à l'occasion de deux conférences bakeriennes citant explicitement les travaux de Herschel, ce dernier ne mentionne ni le nom de Young – ni celui d'aucun autre théoricien des vibrations d'ailleurs – dans aucun des nombreux manuscrits et lettres sur l'inflexion de la lumière (tous non publiés) qu'il a produit postérieurement à cet épisode. W. Herschel, « The Herschel Archive », Royal Astronomical Society of London, dossiers Herschel W.6/8 à 6/16. Pas plus qu'il ne semble juger utile d'évoquer la théorie des anneaux de Young dans sa propre théorie du phénomène publiée en trois longs articles entre 1807 et 1810. W. Herschel, « Experiments for investigating the cause of the coloured concentric rings, discovered by Sir Isaac Newton, between two object-glasses laid upon one another », *Phil. Trans. of the Royal Society of London* 97, 1807 p. 180-233 ; « Continuation of Experiments for Investigating the Cause of Coloured Concentric Rings, and Other Appearances of a Similar Nature », *Phil. Trans.* 99, 1809, p. 259-302 ; « Supplement to the First and Second Part of the Paper of Experiments, for Investigating the Cause of Coloured Concentric Rings between Object Glasses, and Other Appearances of a Similar Nature », *Phil. Trans.* 100, 1810, p. 149-177.

⁴ Pierre-Simon de Laplace, « From M. Laplace to Dr. Young, 6 Oct. 1817 », dans *Miscellaneous works of the late Thomas Young, M.D.F.R.S.*, G. Peacock (éd.), vol. I, London, Murray, 1855, p. 374.

d'une approche structurale à la Foucault¹ et d'une étude plus individualisée des approches singulières du champ de problèmes adoptées par chaque auteur. Comme l'écrivait Simon, « *Le plausible* à une époque donnée diffère chez chaque contemporain pris individuellement et formé à la même culture, mais au total il révèle l'unité d'un espace de dispersion qui répond à ce que Foucault vise sous le nom d'*a priori historique*. <Mais, ajourerais-je,> Personne n'admet intégralement tout ce qui est crédible ; chacun y fait son choix, prenant ainsi position entre un certain nombre d'options tenues pour intellectuellement licites »².

Ce point me semble d'ailleurs pouvoir s'articuler à l'analyse de l'historicité des structures de pensée et des objets du savoir, déjà évoquée, aussi bien qu'à une réflexion sur le rôle crucial, dans l'élaboration de toute théorie, des méthodes et postulats adoptés par son auteur. Actant moi-même en effet une définition intensionnelle de toute théorie scientifique comme un ensemble de « postulats » indémontrables (ou axiomes et principes) présidant à la formulation des problèmes à résoudre, et de méthodes d'administration de la preuve encadrant la résolution de ces problèmes et la production de savoirs confirmés – nous y reviendrons (2.1.1.2) – j'en viens à considérer que le degré plus ou moins grand de plausibilité que chacun accordera à une théorie relèvera souvent en premier lieu de celui que l'on attribuera à ses postulats et ses méthodes. Ici encore, l'étude que je dédie à Young m'a sensibilisé au bel exemple de la façon dont Henry Brougham s'oppose à la théorie optique de Young non seulement pour l'absurdité qu'il attribue à son postulat d'un éther luminifère, mais aussi pour la médiocrité supposée de sa méthode, qui selon lui ne répond pas aux impératifs de l'idéal inductiviste³.

Au-delà de cet exemple, l'expérience que j'ai jusque-là acquise en histoire des sciences m'a permis de développer, puis d'étayer progressivement, l'intuition que, aussi rigoureuse que soit la partie axiomatique d'une théorie, et aussi rigoureusement confirmés par l'expérience que soient ses conclusions, la théorie en question ne pourra être considérée comme convaincante, et ne pourra même être considérée tout court, que par un individu capable d'envisager ses postulats comme plausibles et ses méthodes comme pertinentes. Ainsi, en amont de toute possible falsification par des données observationnelles ou expérimentales, en amont même de toute possibilité de s'accorder sur l'existence et la pertinence même d'un jeu de données, me semble se jouer la confrontation de champs de plausibilité des postulats et méthodes sous-tendant la théorie. Lesquels, tant qu'ils seront incompatibles, condamneront leurs acteurs à une indifférence respective, ou à une impossibilité de dialoguer⁴, mais ouvriront la possibilité de débats dès lors qu'ils seront rassemblés au sein d'un même régime de plausibilité.

2.1.1.1.3.2 *Le débat comme moteur de l'histoire des sciences*

Ces débats sont d'ailleurs du plus vif intérêt, car ils me semblent être l'un des moteurs essentiels de la dynamique de la science en ces périodes où coexistent une pluralité de théories aux contenus empiriques équivalents – donc susceptibles de rendre compte d'un même ensemble fini de « faits » ou phénomènes, avec une marge d'erreur comparable⁵. Leur structure sera à ce titre cruciale à analyser par l'histoire, pour ce que l'on pourrait en tirer de

¹ Michel Foucault, *L'Archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969.

² G. Simon, *Sciences et histoire*, Paris, Gallimard, 2008, p. 122.

³ G. N. Cantor, « Henry Brougham and the Scottish methodological tradition », *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 2/1, 1971, p. 69-89.

⁴ Ainsi encore, serais-je tenté d'interpréter le mutisme de Galilée relativement aux travaux de Kepler comme un possible signe de ce qu'ils lui auront parus fondés sur des principes et méthodes trop peu plausibles pour mériter d'être mobilisés, même quand il aurait pu en avoir le plus grand besoin. Massimo Bucciantini, *Galilée et Kepler. Philosophie, cosmologie et théologie à l'époque de la Contre-Réforme*, Paris, Les Belles Lettres, 2008.

⁵ Paul Feyerabend, *Contre la méthode*, Trad. : B. Jurdant et A. Schlumberger, Paris, Seuil, 1979, p. 32-46.

conséquences pour l'époque actuelle. Si l'on reprend ici encore l'exemple des théories de la lumière ayant circulé en Grande-Bretagne au XVIII^e siècle, il semble en effet que les théories des projectiles aient connu une phase notable de stagnation pendant près d'un demi-siècle, faute de concurrent plausible qu'elles auraient pris au sérieux. Mais dès lors que les théories des vibrations ont gagné en vigueur, il apparaît que celles-ci sont venues questionner les fondements des théories des projectiles, sans pour autant qu'aucune crise majeure n'ait nécessité l'émergence de ces concurrentes, qui finalement ne rendaient compte que des mêmes phénomènes déjà bien connus. Les théories optiques que l'on croyait alors les plus abouties se sont ainsi trouvées dans l'obligation de se justifier faces à la plausibilité des nouvelles objections qu'on leur adressait, et même d'essayer de se renforcer par de nouveaux arguments en leur faveur et de nouvelles objections faites à leur tour au système de leurs opposants. Elles se sont ainsi trouvées vivifiées par le débat avec les théories vibratoires qui se succédaient, en même temps qu'elles poussaient en retour ces dernières à s'affiner.

Ainsi me semble-t-il que ce que Bachelard appelait la cité scientifique n'a rien d'une république des esprits idéale, où règnerait un accord fondé sur la reconnaissance partagée par tous de la même vérité. Que cette hypothétique cité gagne au contraire à être reconnue comme un champ de débats, voire de conflits, où se côtoient en se confrontant ou en s'ignorant des positions théoriques singulières qui doivent, au prix d'un effort constant de rectification, d'affinement, de justification, parvenir aux conditions de leur éventuelle coordination. Car ces débats sont eux-mêmes créateurs de connaissances, en ce qu'ils constituent la toile sur laquelle se fixent progressivement les théories que l'on finit par reconnaître comme vraies, au prix d'un labeur collectif associant les figures de la collaboration à celles de la lutte. C'est pourquoi il me semble si important de clarifier la nature de ces débats historiques, si l'on espère non seulement saisir leur effet sur les théories de l'époque, mais également se donner de nouveaux moyens de vivifier le débat scientifique actuel. C'est la raison pour laquelle, dans mon manuscrit inédit, je m'efforce de restituer par mon analyse des écrits de Thomas Young, les détails des débats de l'époque entre ces théories formellement et ontologiquement différentes mais empiriquement équivalentes qu'étaient les théories optiques des vibrations et des projectiles [1] ; envisageant ainsi ce cas historique comme un exemple du possible intérêt pour le développement de la science actuelle de voir se déployer de tels programmes de recherches concurrents, forcés à développer des stratégies toujours plus inventives et élaborées dans l'espoir de légitimer, sauver, voire faire triompher leurs arguments.

Une esquisse de la diversité des traditions épistémologiques auxquelles mon approche de l'histoire des sciences emprunte aidera d'ailleurs peut-être à clarifier quelque peu ces derniers points – même si je reviendrai sur ces traditions plus tard et plus en détail (2.1.1.3). On pourrait en effet dire qu'aux empiristes, j'ai emprunté ma détermination à apprendre premièrement de l'expérience, mais qu'avec les conventionnalistes, je reconnais l'incapacité de l'expérience à fournir une preuve positive de la validité d'une hypothèse. Car avec Kant, je conviens qu'il ne peut y avoir de sensation qui ne soit imprégnée de nos attentes, et qu'il ne peut donc y avoir de « faits » indépendants d'un cadre interprétatif se déployant sur plusieurs niveaux : physiologique (limité par la structure même de notre corps et de notre système cognitif), psychologique (lié à notre identité personnelle), social (dominé par notre rapport à notre environnement culturel) et scientifique (dominé par notre rapport à une théorie scientifique particulière). Avec Pierre Duhem, je pense ainsi qu'une expérience physique ne peut donc au mieux que révéler une inconsistance entre une observation – ou un résultat expérimental – et une attente théorique. Une telle inconsistance mettant toujours en cause le système théorique en entier et non une simple hypothèse que l'on pourrait croire tester isolément.

Les écrits de Karl Popper me confortent alors aussi bien à l'égard du rôle central de l'invalidation dans la dynamique de l'histoire des théories scientifiques, qu'à celui de la nécessité d'une analyse critique de la construction des « faits ». Pourtant, ma culture croissante de l'histoire des sciences ne me semble toujours pas révéler de cas dans lesquels une théorie contrariée par un « fait » – de quelque ordre qu'il ait été – aurait subitement été abandonnée. Plutôt, cette histoire me semble-t-elle faite d'arrangements avec les « faits », jusqu'à ce qu'une compétition entre théories ne finisse par imposer l'abandon de l'une d'entre elles. Alors, la classification des systèmes philosophiques de Jules Vuillemin conforte ma conviction de l'irréductible pluralité des systèmes philosophiques, en même temps que, de façon presque symétrique, la méthodologie des programmes de recherche d'Imre Lakatos finit de me convaincre de la nécessaire pluralité des théories scientifiques comme moteur de la dynamique de l'histoire des sciences.

Finalement, Canguilhem me fournit le moyen de penser la vérité scientifique comme construite sur la base de critères de normativité choisis par les scientifiques eux-mêmes, et critiquement rectifiés au cours de l'histoire. J'en tire, d'une part, un moyen de distinguer les théories les unes des autres par l'identification des postulats singuliers circonscrivant les problèmes qu'elles cherchent à résoudre, et par celle des méthodes particulières qu'elles emploient pour administrer la preuve¹. D'autre part, un moyen d'envisager leur possible confrontation à partir de leur capacité à se reconnaître un substrat suffisamment consistant de postulats et de méthodes communs, ou au moins semblables. Donc de leur capacité à se constituer en un « régime de plausibilité » certes inhomogène, mais dans lequel chacun reconnaît un « noyau dur »² commun suffisamment solide et étendu pour que le débat puisse s'y arrimer. *A contrario*, ce même chemin me fournit un moyen d'interpréter la possibilité que deux théories, mêmes contemporaines et traitant de phénomènes que rétrospectivement nous jugerions semblables, ne parviennent pas à dialoguer, comme la conséquence d'une absence de noyau commun suffisamment étoffé pour pouvoir reconnaître la pertinence de le faire.

Ainsi mon travail s'est-il constitué en un système d'analyse historicisée des structures de pensée, objets du savoir, postulats, méthodes et problèmes, construit comme une dialectique entre théories circulant à une même époque, ou entre une théorie ancienne et l'état actuel des théories scientifiques relatives aux mêmes phénomènes. C'est pour cette raison qu'il me semble si essentiel pour l'analyse d'une théorie ancienne de délimiter le régime de plausibilité dans lequel elle s'insère, aussi bien que la manière singulière dont elle s'y insère. Et, plus précisément, d'identifier les postulats et méthodes singuliers de l'œuvre étudiée, autant que ceux par rapport auxquels il pourra s'avérer fécond de la mettre en contraste.

2.1.1.1.3.3 *L'explicitation des postulats*

La difficulté de l'entreprise relève néanmoins de ce que si certains des postulats de chaque théorie sont évidemment explicités – conformément à la racine latine *postulare* du terme, selon laquelle on demande l'accord de l'interlocuteur – nombre d'entre eux restent souvent implicites. Ce parce que l'auteur, bien que les connaissant, aura simplement oublié de les citer ; parce qu'ils relèvent selon lui d'une telle évidence au sein de la communauté à laquelle il s'adresse qu'il aura jugé inutile de le faire ; ou parce qu'ils relèvent d'une habitude si profondément ancrée dans sa pratique qu'il n'a plus même conscience de leur existence. Quelle qu'en soit la raison, en vertu du fait que le lecteur sera également tenu de les tenir pour vrais afin de pouvoir

¹ Nous reviendrons en détail sur la nature et le rôle de ces postulats et méthodes (2.1.1.2.2).

² I. Lakatos, « Falsification and the methodology of scientific research programs », dans *Criticism and the Growth of Knowledge*, I. Lakatos et A. Musgrave (éds.), Cambridge, Cambridge University Press, 1970.

souscrire à la cohérence logique de la théorie, je crois nécessaire d'intégrer ces éléments implicites au concept de « postulat », que j'entends alors comme toute proposition non démontrée qui serait nécessaire à la résolution des problèmes d'une théorie scientifique donnée.

Or, si les postulats explicites seront en général évidents à identifier, puisque inscrits en toute lettre dans le corps du texte, les postulats implicites ne le sont évidemment pas, mais n'y jouent pas moins un rôle majeur. Aussi s'agit-il selon moi de faire émerger ces implicites par l'analyse directe des théories, aussi bien que par leur confrontation à des théories concurrentes. D'abord, parce que l'analyse directe des textes révèle en effet parfois des défauts, ou des sauts logiques, qui nécessitent, pour les combler ou les pour franchir, de faire appel à un postulat n'ayant pas été explicité, et dont on peut alors déduire, s'il s'avère cohérent avec les structures de pensée de l'auteur, qu'il était implicitement ou inconsciemment supposé et utilisé par celui-ci. Ensuite, parce que l'analyse logique des textes révèle parfois des démonstrations circulaires, ou des tentatives de parvenir à des conclusions logiques qui s'avèrent inatteignables sans faire implicitement appel à elles-mêmes, et que la circularité de ces démonstrations révèle alors le statut de postulat du résultat prétendument démontré¹.

Par ailleurs, l'analyse des diverses réceptions d'une théorie par son époque pourra à son tour être révélatrice des postulats fondamentaux, mais implicites, de celle-ci. Car suivant ce que j'ai affirmé plus tôt (2.1.1.1.3.1.3), je crois que c'est sur la base de la plausibilité de ses postulats qu'une théorie sera lue et acceptée ; lue et jugée plausible, mais moins qu'une autre ; lue, mal interprétée et franchement rejetée ; ou pas même lue et considérée absurde.

A titre d'exemple, lorsque Newton a proposé son concept de force, il n'a pas suffi qu'il soit efficace pour qu'on l'accepte. Pour ceux qui ont accepté ce concept il a en effet fallu, bien avant de pouvoir juger de ses effets, qu'il entre dans le champ de ce qu'ils estimaient plausible. Preuve en est que c'est d'abord sur la plausibilité de ce concept de force – et sur celle d'autres postulats de la théorie newtonienne – qu'ont essentiellement reposé les débats de l'époque, avant de reposer sur la faculté de ces nouveaux principes à rendre compte des phénomènes². Il en va de même pour le débat ayant opposé Newton à Hooke, ou à Huygens, en optique : aussi évidents soient-ils devenus à nos yeux, les résultats mêmes des expériences de Newton ne pouvaient être considérés positivement par ceux-ci, dans la mesure où les postulats relatifs à la nature de la lumière ayant présidé à leur mise en œuvre leur étaient inacceptables. Enfin, la question de la réception mitigée de la théorie vibratoire de Young à l'époque de sa publication me semble redoubler d'intelligibilité dès lors que l'on abandonne l'obsession exagérément rétrospective de justifier le refus de ses résultats qu'aujourd'hui nous savons corrects par la malhonnêteté, l'aveuglement, l'incompétence ou l'aigreur de ses contempteurs³, et que l'on se demande à quel point les entités que la théorie de Young suppose (tels l'éther lumineux, ou les interférences lumineuses produisant de l'obscurité) étaient plausibles dans le système du monde tel qu'il était envisagé par la communauté scientifique de l'époque. Car pour l'appréhension de sa théorie, la réponse à cette question revêtait une importance au moins comparable à l'évaluation de leur capacité à rendre compte des phénomènes, plus ou moins simplement et efficacement que celles des projectiles lumineux [1].

¹ Par exemple, la démonstration par Descartes de la plus grande facilité de la lumière à pénétrer l'eau que l'air, par sa circularité, suggère que son résultat était déjà postulé en amont – ce que ses cahiers de notes semblent d'ailleurs confirmer [3].

² Alexandre Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1957.

³ George Peacock, *Life of Thomas Young, M.D., F.R.S., &c.*, London, Murray, 1855, p. 174.

Ici, en tant que technique de lecture, d'interprétation et de mise en évidence du présupposé implicite, l'épistémologie nous fournit donc un précieux outil critique. Mais l'histoire, par la possible mise en contraste de différents systèmes théoriques concurrents à une époque donnée, ou développés à des époques distinctes, nous offre un accès complémentaire à ces implicites et tout aussi efficace. Pour cela, l'exercice d'explicitation des postulats potentiellement cachés dans des situations précises de l'histoire des sciences – et du rôle que ces postulats ont pu jouer dans l'accueil, dans la discussion, ou dans le rejet des théories concernées – me semble un entraînement salutaire pour la distinction des postulats implicites des théories scientifiques actuelles, aussi bien que pour la clarification des véritables fondements, enjeux et conséquences de ces théories pour nos sociétés.

2.1.1.1.3.4 Une histoire des problèmes

Dans le prolongement de la présente réflexion sur le rôle des postulats implicites et explicites d'une théorie – dont j'affirmais plus haut qu'ils façonnent les problèmes que cette théorie posera et s'efforcera de résoudre – je crois pertinent d'évoquer un témoignage inspiré de ma formation et de mon long parcours de physicien expérimentateur. Cette formation et ce parcours m'ont longtemps entretenu en effet dans une approche excessivement empiriste de la science et dans une relative distance à l'égard des théoriciens de ma discipline, qui ont pu prendre la forme d'une méfiance exagérée à l'égard des hypothèses, susceptibles croyais-je d'affecter les résultats de mes propres expériences. Pour moi, et pour une partie des membres de ma communauté me semble-t-il, la prédiction des résultats d'une expérience ne devait pas se rechercher dans la déduction logique des conséquences d'hypothèses théoriques incertaines ; mais dans la réalisation pure et simple de cette expérience, dont la simple observation des résultats nous permettrait, par induction, de certifier ses prémisses.

C'est dire à quel point ma rencontre avec les positions des pragmatistes Charles Sanders Peirce et John Dewey quant à la nature de la pensée scientifique m'a d'abord pris par surprise¹, avant de modifier radicalement mon approche de la recherche et de l'enseignement en physique, pour enfin affecter profondément mon interprétation des théories physiques anciennes, aussi bien que ma manière de produire de la recherche en histoire aujourd'hui. C'est pourquoi je crois devoir dédier ici un paragraphe aux propositions de leurs systèmes qui m'ont le plus particulièrement inspirées ; étant entendu que je n'adhère pas à ces systèmes dans leur entièreté – ce qu'en tant que pragmatistes, ils ne sauraient me reprocher.

J'aime ainsi à penser que je tire de la lecture de ceux-ci la conviction que tout nouveau savoir scientifique ne peut être que le fruit d'une démarche problématisée, consistant précisément à « se confronter à une surprise que l'on transforme consciencieusement en énigme, pour en imaginer une interprétation dont on puisse imaginer une mise à l'épreuve ». Cette définition de la problématisation est celle que B. Morizot et moi-même avons proposée dans un cours de la licence interdisciplinaire S&H, dédié à sensibiliser les étudiants à l'importance de la problématisation, quelle que soit la discipline qu'ils seraient amenés à pratiquer².

¹ C. S. Peirce, « The Fixation of Belief », *Popular Science Monthly*, November 1877. J. Dewey, *Logic: the theory of inquiry*, 1938.

² B. Morizot et O. Morizot, « Qu'est-ce que problématiser ? », texte de cours, 2020. Dans ce texte, nous précisons d'ailleurs que si cette définition se présente comme une procédure séquentielle en trois actes distincts, c'est par souci d'en faire émerger les éléments fondamentaux, mais qu'il ne faudrait donc pas en déduire que l'acte de problématiser se déroulerait en trois moments bien distincts et successifs, mais plutôt qu'une série d'allers-retours est souvent nécessaire. La problématisation doit donc être envisagée comme un processus spiralaire, s'inscrivant dans le temps, au fil duquel la méthode de mise à l'épreuve peut amener à reconfigurer l'hypothèse ou à reformuler

Je ne souhaite pas insister ici sur l'étape de « surprise » originelle qui, pour autant qu'elle me paraît cruciale¹, se trouve déjà particulièrement développée dans l'œuvre de Peirce. Par ailleurs, puisque c'est un point sur lequel je reviendrai bientôt, je n'insisterai pas maintenant non plus sur l'étape suivante, consistant à transformer cette surprise en énigme ; sinon pour signaler que c'est ici selon moi que le savant commence à mobiliser l'éventail de postulats explicites et implicites que nous venons d'évoquer, pour transformer une simple sensation en un problème rigoureusement circonscrit à résoudre, et que c'est donc ici que je vois les postulats commencer de façonner sa théorie (2.1.1.2.2). J'aimerais néanmoins prendre le temps de déployer ici la seconde partie de notre définition de la problématisation – « imaginer une interprétation dont on puisse imaginer une mise à l'épreuve » – où l'on aura possiblement déjà reconnu une tentative d'articuler sans les nommer les concepts d'« abduction », de « déduction » et d'« induction », au sens où Peirce les envisageait.

Je reconnais en effet avec lui que la démarche scientifique nécessite premièrement l'imagination d'hypothèses de solution au problème que l'on se sera forgé – c'est ce qu'il appelle abduction. Mais puisque le contenu de cette hypothèse ne sera pas observable directement – sans quoi il ne s'agirait pas d'une hypothèse – à cette abduction doit succéder la déduction logique de conséquences observables de l'hypothèse. Suite à quoi seulement pourra être mis en place un protocole spécifiquement élaboré pour la mise à l'épreuve de ces conséquences, respectant les méthodes propres de la discipline pratiquée (expérimentation, observation, collecte de faisceaux d'indices, démonstration logique...). Cette mise à l'épreuve consistera ainsi en une récolte systématique et orientée de « données » – qui gagneront dès lors à être considérées en termes d'« obtenues »² – suivie de leur comparaison aux résultats de cette mise à l'épreuve que les règles du système permettaient de déduire de l'hypothèse originale, dans cette dernière étape que Peirce qualifierait d'induction.

Or, non seulement ce processus complet de la problématisation décrit-il aujourd'hui assez bien je crois la démarche selon laquelle j'élabore et mène consciemment et consciencieusement mes propres recherches, mais il me semble suffisamment clair et significatif pour fournir une puissante grille d'analyse des théories physiques passées, et tout particulièrement encore de la dynamique de leur élaboration. C'est donc à la recherche des différentes étapes de ce processus de problématisation que je pars chaque fois que je me lance dans la lecture d'une nouvelle œuvre, et c'est à une mise en évidence de ses conséquences que je m'attèle lors de son analyse.

Nous retrouvons d'ailleurs ici le thème de la plausibilité (2.1.1.1.3.1), tant le savant – au moment d'éprouver la surprise, puis de la transformer en problème à résoudre, auquel il devra

l'énigme, laquelle peut déplacer la surprise, etc. Ces différentes étapes du processus de problématisation rétroagissent donc les unes sur les autres.

¹ Même si je substituerai volontiers à cette notion de « surprise » celles de « curiosité », de « disponibilité d'esprit », ou de « wonder » en anglais. Ce dernier terme me semblant en effet rendre mieux compte d'une émotion singulière en laquelle émerveillement (« wonderful ») et questionnement (« I wonder ») sont intimement mêlés.

² K. Popper, « vers une théorie évolutionniste de la connaissance », dans *Un univers de propensions*, l'éclat, 1992, p. 75 : « Nul besoin d'insister sur le fait qu'en science en particulier, les hypothèses interviennent avant ce que certains chercheurs continuent d'appeler les « données », expression qui ne laisse d'induire en erreur, si tant est que les « données » ne nous sont pas « données », mais sont bien recherchées et acquises ». Voir aussi Bruno Latour, « Pensée retenue, pensée distribuée », *Lieux de savoir*, I, C. Jacob (dir.), Paris, Albin Michel, 2007, p. 609 : « La tentation de l'idéalisme vient peut-être du mot même de “données” qui décrit aussi mal que possible ce sur quoi s'appliquent les capacités cognitives ordinaires des érudits, des savants et des intellectuels. Il faudrait remplacer ce terme par celui, beaucoup plus réaliste, d'“obtenues” et parler par conséquent de “bases d'obtenues”, de “sublata” plutôt que de “data” pour parler à la fois en latin et en anglais ».

inventer des hypothèses de solution – me paraît contraint de le faire à l'intérieur de son propre champ du plausible.

En premier lieu, parce que ce qui lui semble extrêmement plausible ne pourra pas constituer de surprise, alors que ce qui est à la frontière de ce champ ne pourra qu'exciter sa curiosité. Pensons en effet combien l'admirable adaptation du vivant à son milieu, qui a émerveillé Darwin, n'est qu'une banale évidence pour celui qui se contenterait d'y constater la perfection de la création divine. Ou combien la difficulté à justifier de l'égalité de la vitesse des projectiles de lumière quelle que soit leur source taraudait plus aisément Young – par ailleurs réticent à admettre l'existence de ces projectiles – que ses contemporains – si convaincus de la puissance du modèle newtonien qu'ils ne voyaient pas lieu de s'inquiéter d'un pareil détail.

En deuxième lieu, parce que le problème que l'auteur élaborera à partir de cette surprise ne pourra qu'être compatible avec les postulats qu'il considère plausibles. Les diverses formulations du problème de l'inflexion de la lumière par les corps opaques au début du XIX^e siècle – Young en termes de la détermination de la distribution de l'éther autour des corps susceptible de justifier cette inflexion ; Jordan, Brougham, Brewster ou Herschel en termes de la détermination des forces qui la provoquent [2] – me semblent particulièrement illustratives de ce cas.

En troisième lieu, parce que l'on peut imaginer que l'auteur proposera et examinera généralement en priorité des hypothèses de solution qu'il jugera les plus plausibles, avant d'opérer – à chaque impasse – une dérive progressive vers des hypothèses qu'initialement il aurait jugées moins plausibles. Ici, je ne peux m'empêcher de penser à la violence que doit se faire Kepler pour finalement accepter l'hypothèse de l'ellipse¹.

En dernier lieu, parce que ce concept de « problèmes » me semble offrir une intelligibilité particulière à ces épisodes de l'histoire des sciences au cours desquels des savants ont été incapables de s'entendre sur la valeur décisive de résultats expérimentaux, ou ont été incapables de percevoir des événements, des phénomènes, des « faits », qui selon nous se déroulaient sous leur yeux, mais qui n'avaient pourtant rien d'évidences factuelles, tant toute observation est profondément « imprégnée de théorie » selon les mots de Popper, ou profondément affectée par le régime de plausibilité dans lequel elle est enchâssée. Ainsi, dans la mesure où ces expériences, ces phénomènes, ou ces faits ne répondaient pas directement aux préoccupations de ces savants, cernées par le périmètre strict du problème précis auquel ils souhaitaient répondre, ils n'avaient tout simplement pas de signification pour eux. D'où l'incapacité pour Ptolémée de voir la réflexion totale, pour Ibn al-Haytham de voir l'image au fond de sa chambre noire, pour Descartes de constater la dispersion de la lumière à la sortie de son prisme, pour Hooke d'être convaincu par l'admirable démonstration expérimentale de Newton, pour la Royal Society d'être convertie à l'optique ondulatoire malgré la puissance explicative rétrospectivement manifeste du principe des interférences de Young.

Dès lors, une approche de l'histoire des sciences par le prisme des « problèmes » me semble-t-elle produire des effets d'intelligibilité considérables². Des effets par ailleurs d'autant plus

¹ G. Simon, *Kepler astronome astrologue*, 1979, p. 382.

² Voir par exemple, sur la question des limites des expériences sur la réfraction de Ptolémée liées à sa manière de problématiser la question : A.M. Smith, « Ptolemy's Search for a Law of Refraction: A Case-Study in the Classical Methodology of "Saving the Appearances" and its Limitations », *Archives for the History of Exact Sciences*, 1982. Et sur les diverses interprétations possibles des expériences du prisme selon le problème qu'on leur demande de résoudre : R.S. Westfall, « The development of Newton's Theory of Colour », *ISIS* 53(3), 1962, p. 339-358.

profitables que l'histoire des sciences pourrait bien ainsi offrir un cadre idéal pour la modélisation et pour l'évaluation du rôle crucial que pourrait jouer ce processus plus ou moins conscient de formulation de problèmes et d'imagination et d'élaboration d'hypothèses-les-plus-plausibles, dans tout acte de « pensée ». Du fait de la diversité des structures de pensée des auteurs que l'on y croise ; de la redondance des problèmes qu'ils ont traités – sur laquelle vient néanmoins s'imposer, génération après génération, une certaine variabilité ; du fait de l'exigence de précision dans le discours que ces auteurs ont développé ; ou encore du fait de cette volonté de tous les personnages y ayant participé de contribuer à une même entreprise d'élucidation des mystères du monde, l'histoire des sciences me semble en effet pouvoir ici encore nourrir l'épistémologie, en lui offrant une situation modèle susceptible de nous aider à mieux comprendre comment nous pensons, aussi bien que ce que qui nous lie et que ce que qui nous libère à chaque fois que nous le faisons.

2.1.1.1.4 L'histoire des sciences comme thérapeutique

Pour conclure, j'aimerais dire pourquoi cette manière d'envisager l'histoire des sciences cristallise selon moi également certaines vertus thérapeutiques. D'une part, il me semble vrai en effet que l'on trouve une forme de « consolation »¹ lorsque, exceptionnellement, l'on parvient à rendre compte de la rigueur et du sens d'un dispositif de pensée ancien, si étranger au notre qu'au début il ne nous semblait pas raisonnable. Mais je crois de surcroît qu'en nous forçant à cette discipline consistant à toujours retenir notre jugement, à nous efforcer de mieux comprendre l'autre – en nous forçant à adopter non seulement les habits mais aussi les structures de pensée de savants anciens dont nous ne partageons absolument pas la vision du monde – la pratique de l'histoire des sciences nous permet de développer une habileté accrue à l'empathie et à la patience à l'égard de notre prochain.

De fait, dans le cadre strict de l'histoire des sciences, cet exercice est d'abord facilité parce qu'il relève d'une nécessité pour la pratique de cette discipline. Mais il l'est aussi parce qu'il s'y agit de nous efforcer à nous rendre sensibles à la pensée de personnages pour lesquels nous avons un respect *a priori* du fait de l'originalité, de la qualité et de l'esthétique de leurs travaux. Des personnages avec lesquels nous estimons partager une attitude commune de recherche sincère et cohérente d'une forme de vérité, dont l'avis n'est plus susceptible de changer, et pour la compréhension desquels le matériau à présent disponible est peu susceptible d'évoluer. Enfin, ces personnages que nous nous efforçons de comprendre en histoire des sciences ont pour la plupart fait leur possible pour produire des travaux aussi compréhensibles que possible pour leurs lecteurs – ceux de leur époque, tout du moins. Or, il est certainement plus aisé de travailler notre empathie à l'égard de personnes que l'on considère *a priori* comme fondées, honnêtes, cohérentes, pédagogiques et arrêtées définitivement dans leurs positions qu'à l'égard de celles dont on pourrait *a priori* suspecter l'absurdité, l'incohérence, la malhonnêteté ou la faculté à changer encore subitement d'avis. Mais une fois cette habileté à l'empathie et à la compréhension travaillées et entretenues dans le cadre certes exigeant et très particulier de l'histoire des sciences, je gage qu'elle sera encore disponible à l'appréhension empathique et patiente des propositions diverses de nos contemporains.

Je pense en effet que si l'on peut comprendre et même justifier que certains des plus grands esprits de l'humanité croyaient en l'existence de rayons visuels sortant de nos yeux, ou en l'immobilité de la Terre, l'on pourra également envisager les préoccupations de nos contemporains dans leur pluralité et tâcher de comprendre ce qui fait que notre collègue, notre

¹ Un terme emprunté à Bernard Joly, « Avant-propos », dans *Méthode et histoire. Quelle histoire font les historiens des sciences et des techniques*, Anne-Lise Rey (dir.), Paris, Classiques Garnier, 2013, p. 12.

voisin, nos représentants agissent parfois de façon apparemment incohérente – mais parfaitement logique et légitime à leurs yeux. Que l'on pourra peut-être même comprendre pourquoi eux ne nous comprennent pas et enfin contourner le conflit, sinon le désamorcer, en s'attaquant directement aux sources invisibles de celui-ci, plutôt qu'à ses conséquences grossièrement apparentes. C'est là l'étonnant rôle social et politique que revêt selon moi l'histoire des sciences, et qui justifie quotidiennement à mes yeux l'importance de mon engagement dans sa pratique et dans son enseignement.

2.1.1.2 *Histoire des Sciences et pratique de la Science*

Au-delà de ces éléments qui fondent autant mon approche de la recherche en histoire des sciences que mon intérêt pour elle, j'ai la sensation, du fait certainement de mon parcours, que sa pratique est plus légitimement fondée encore par son lien à la pratique contemporaine de la science. Or, si ce lien me semble significativement fragilisé aujourd'hui, sa revitalisation fait partie des objectifs de ma démarche. C'est ainsi en m'inspirant de propos de Canguilhem que je témoignerai de ma sensation d'une tendance répandue chez les scientifiques à prendre les objets abstraits de leurs sciences pour les choses véritables du monde (2.1.1.2.1), puis que je proposerai un modèle de caractérisation et de distinction des sciences par l'analyse de leurs méthodes et postulats fondamentaux qui pourrait nous garder je crois d'un tel réalisme naïf (2.1.1.2.2). C'est alors que je tenterai de justifier à l'intention du scientifique les intérêts que j'entrevois pour lui de s'engager de lui-même dans une forme de psychanalyse historique et philosophique de sa propre discipline (2.1.1.2.3), avant de lui proposer un possible moyen de ce faire, s'appuyant simultanément sur ce modèle constructiviste de la science et sur une « épistémologie comparative » – pour reprendre un terme cher à Gilles Gaston Granger – déployée simultanément vers le passé et vers le présent afin de lui donner de nouvelles perspectives d'avenir (2.1.1.2.4).

2.1.1.2.1 Contre le réalisme naïf en sciences

L'analogie communément répandue, que je qualifierais de « cartographique », décrivant le « savoir » comme réparti sur une vaste carte que les disciplines se partageraient en territoires, ou en domaines plus ou moins clairement délimités par des frontières, me semble nuire non seulement au progrès individuel des sciences, mais également au dialogue qui pourrait s'installer profitablement entre elles¹. Je parlerai en effet bientôt de la manière dont cette analogie – sous-jacente à différents degrés dans tout discours cherchant à affirmer le « domaine », « le champ », « le territoire » ou les « frontières » des disciplines – contraint abusivement l'interdisciplinarité à se développer autour d'objets hypothétiquement confinés aux « frontières », aux « carrefours », ou aux « espaces situés entre » les disciplines (2.2). Pour l'heure, cette analogie me semble surtout entretenir l'illusion déjà soulignée par Edgar Morin de « "chosification" de l'objet étudié, dont on va oublier qu'il est quelque chose d'extrait ou de construit. On va alors croire que l'objet de la discipline est une chose en soi [...]. La frontière disciplinaire, son langage et ses concepts propres vont isoler la discipline par rapport aux autres [...]. L'esprit hyperdisciplinaire va devenir un esprit de propriétaire qui interdit toute incursion étrangère dans sa parcelle de savoir. On sait qu'à l'origine le mot discipline désignait un petit fouet qui servait à s'auto-flageller, permettant donc l'autocritique ; dans son sens dégradé, la discipline devient un moyen de flageller celui qui s'aventure dans le domaine des idées que le spécialiste considère comme sa propriété »². Or, c'est malheureusement là un « point de vue,

¹ J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 77-78, documente de multiples occurrences de cette analogie, qu'elle envisage pour sa part sous l'angle de la « géopolitique ».

² Edgar Morin, « Sur l'interdisciplinarité », *Bulletin Interactif du Centre International de Recherches et Études*

ajoute Yves Lenoir, qui n'épargne ni les enseignantes et les enseignants du primaire et du secondaire, ni les universitaires »¹.

Aussi, le postulat fondamental que j'adopte volontiers concernant la connaissance scientifique est un postulat qui traverse sous différentes formes l'épistémologie française du XX^e siècle² et qui se dessine particulièrement clairement dans l'introduction à *Idéologie et Rationalité* de Canguilhem : « la véridicité ou le dire-le-vrai de la science, dit-il, ne consiste pas en la reproduction fidèle de quelque vérité inscrite de toujours dans les choses ou dans l'intellect. Le vrai c'est le dit du dire scientifique. À quoi le reconnaître ? À ceci qu'il n'est jamais dit premièrement. La science est un discours normé par sa rectification critique »³. Ainsi, Canguilhem exclue-t-il d'abord l'option du réalisme naïf, comme de l'idéalisme pur : la vérité n'est pas quelque chose d'absolu que nous devons révéler dans les choses, ou dans l'intellect. Puis, il affirme que la véridicité des savoirs scientifiques est établie sur la base de critères normatifs choisis par les scientifiques eux-mêmes, qui évoluent au cours de l'histoire. Ainsi la notion de « vérité » scientifique, ne devrait-elle être interprétée comme autre chose que la conséquence de la conformité d'une proposition relativement à ces normes.

Ici se situerait le fondement de l'objectivité scientifique : celle-ci est imposée par des normes collectives qui sont des règles pour le jugement. Ces normes, sans se ramener à de pures normes sociales – car elles sont régulièrement l'objet d'une réflexion critique de la part de ceux qui se les appliquent – se diffusent cependant plus ou moins explicitement et homogènement, à la manière de celles-ci. Ainsi se retrouvent-elles partiellement contenues dans la pensée du sujet quand il emploie une méthode, des postulats, des catégories générales, des objets qu'il reconnaît comme le mieux susceptibles de le mener au vrai, qui orientent et qui délimitent le cadre de sa pensée et de sa recherche. Elles sont toutefois moins contraignantes à son niveau qu'à l'échelle sociale, en ce sens que sa démarche s'appuie sur ces normes sans s'y réduire, qu'il s'autorise à les interpréter à sa manière, et à les ignorer ou les contester s'il le faut – c'est notamment ce qui fait que la science ne peut être réduite à un fait social.

Enfin, il ne faudrait pas conclure que la position ici exprimée par Canguilhem, et que je fais volontiers mienne, est relativiste : ce n'est pas parce que le discours scientifique repose sur des normes (susceptibles d'évoluer, de surcroît) qu'on ne pourrait le distinguer du mythe, ou de l'idéologie, qui répondent également à des normes établies auxquelles ils dérogent rarement. Canguilhem reconnaît en effet le discours scientifique au processus de « rectification critique » opéré sur ses normes au fil du temps, ainsi qu'à l'« opérativité » concrète des objets qu'elles auront permis de produire. Selon Canguilhem, les normes de scientificité sont en effet caractérisées par leur capacité à produire – malgré leur destin éphémère – des savoirs ou des technologies efficaces, et un consensus sur ces savoirs qu'elles produisent. Ceci lui permet de différencier la science de la « fausse science » – qui « ne peut pas recevoir de démenti » – aussi bien que de l'« idéologie scientifique » – qui « trouve une fin quand le lieu qu'elle occupait dans l'encyclopédie du savoir se trouve investi par une discipline qui fait la preuve, opérativement, de la validité de ses normes de scientificité »⁴. Ainsi, la vérité scientifique serait-

Transdisciplinaire 2, 1994.

¹ Y. Lenoir, « L'interdisciplinarité : aperçu historique de la genèse d'un concept », *Cahiers de la recherche en éducation* 2(2), 1995, p. 255.

² On en trouve par exemple une forme chez P. Duhem, *La théorie physique. Son objet, sa structure*, 1914, aussi bien que chez G. G. Granger, « Science, Philosophie, Idéologie », *Tijdschrift voor Filosofie*, 1967, p. 771-780.

³ G. Canguilhem, *Idéologie et Rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, 1977, p. 21.

⁴ G. Canguilhem, *Idéologie et Rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, 1977, p. 39.

elle ce qui se sédimente lorsque la rectification critique des normes de la science se déploie dans le temps.

Or, d'une part cette proposition me semble-t-elle souligner le rôle fondamental de l'histoire pour les sciences, en ce que seule l'histoire serait à même de discriminer la vérité scientifique du discours idéologique ou mythique, par sa capacité à déployer rétrospectivement un regard critique sur les savoirs et sur les normes de leur élaboration.

D'autre part, cette proposition me paraît offrir un moyen élégant et efficace de contourner cette tendance que me semblent avoir certains scientifiques à confondre les « objets » de leur savoir avec les « choses » du monde qu'ils veulent modéliser¹. En effet, la définition du « dire-le-vrai » scientifique en termes de conformité d'un discours à un certain nombre de normes historiquement situées me semble permettre d'accueillir plus aisément l'idée que le discours scientifique n'articule entre eux que des objets abstraits et éphémères, construits selon des normes particulières, et tentant de rendre compte, d'organiser et de donner un sens à ces choses du monde – parmi lesquelles on admettra trouver aussi bien des objets naturels, que des phénomènes, des sensations, des idées, des pratiques ou des productions humaines ; en somme tout ce qui est susceptible de questionnement et d'étude. Ainsi, cette proposition de Canguilhem me semble en premier lieu réduire significativement ce risque de « "chosification" de l'objet étudié » dénoncé par Morin. Voyons maintenant s'il est possible de la rendre non seulement plus plausible, mais opérative en essayant d'élucider la nature de ces normes d'édification des savoirs scientifiques.

2.1.1.2.2 Les « postulats » et « méthodes » comme fondements des disciplines

Ces normes, je les envisage à dire vrai comme étant de deux ordres, que j'ai déjà évoqués à plusieurs reprises depuis le début de ce texte et dont il est temps de clarifier le rôle.

D'une part, je considère que chaque science repose sur un certain nombre de « postulats » premiers, qu'elle a nécessairement dû poser pour s'instituer et qui orientent le regard qu'elles portent sur les « choses » du monde, afin de ne pas se disperser dans son immensité, mais au prix de ne pouvoir se poser à son égard qu'un certain nombre de « problèmes » particuliers. Ces postulats dirigent ainsi le scientifique dans son estimation de ce qui, dans le bombardement incessant de sensations auxquelles il est soumis, est significatif ou ne l'est pas, pose urgemment question ou restera invisible sous le fard de l'indifférence. Certains de ces postulats lui sont propres ; d'autres sont communs à la communauté dans laquelle il fait de la science. Mais, comme le souligne Bourdieu, « l'invention selon un art d'inventer déjà inventé qui, en résolvant tous les problèmes susceptibles d'être posés dans les limites de la problématique établie par l'application des méthodes attestées [...] tend à faire oublier qu'elle ne résoud (sic) que les problèmes qu'elle peut poser ou qu'elle ne pose que les problèmes qu'elle peut résoudre »². Si bien que, tout en façonnant la forme et le nombre des questions que le scientifique est susceptible de se poser, aussi bien que la manière dont il peut les résoudre, l'application stricte de ces postulats façonne de fait le champ d'opération de sa science.

¹ Canguilhem, encore, formule ce problème dans un autre texte dénonçant la propension de certains neurophysiologistes et spécialistes de l'intelligence artificielle à appliquer les conclusions tirées de leurs modélisations du cerveau à la pensée elle-même : « Il y a là un cas particulier de stratégie théorique caractéristique de la science actuelle : à partir d'observations et d'expériences menées dans un certain domaine de la réalité, on construit un modèle ; et à partir de ce modèle on continue à affiner la connaissance, comme si on avait affaire à la réalité même ». G. Canguilhem, « Le cerveau et la pensée », *Prospective et Santé* 14, p. 89.

² Pierre Bourdieu, « La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison », *Sociologie et Sociétés* 7(1), 1975, p. 104.

Elle ne le façonne donc pas comme un domaine du réel qui serait son terrain de jeu exclusif, mais comme un champ de problèmes que le scientifique est susceptible de se poser et qu'il se sent en mesure de résoudre. C'est pourquoi, à l'opinion que le domaine de la physique serait « la Nature », qui serait elle-même, par essence, pareille à un « immense livre [...] écrit en langage mathématique »¹, j'opposerais l'idée que la physique moderne est fondée sur le postulat fructueux qu'« il existe des phénomènes naturels modélisables mathématiquement ». Qu'en conséquence, la physique s'est orientée vers l'étude de choses susceptibles d'être au moins partiellement mathématisées – tout en délaissant celles dont elle a jugé qu'elles ne l'étaient pas – et qu'elle a circonscrit ses problèmes à la mathématisation progressive de ces choses. Se constituant ainsi un corpus d'objets abstraits (vitesse, force, masse, atome, espace, temps...) à partir d'une mathématisation particulière des choses.

D'autre part, je pose que chaque science fonde la légitimité de ses savoirs sur un certain nombre de « méthodes » qu'elle admet comme seules susceptibles de constituer des preuves, et par là d'instituer la « véracité » des solutions qu'elle aura élaborées pour résoudre ses problèmes. Ces solutions vraies aux « problèmes » qu'une science aura accepté de se poser sur les « choses », constitueront alors ses « objets » : c'est-à-dire les concepts, règles, lois, tables et théorèmes que ses théories articulent, les connaissances de cette science en somme. Ces objets participeront enfin à leur tour à l'évolution de la science qui les a engendrés, en faisant évoluer les problèmes que cette science peut se poser : enrichie du concept de force gravitationnelle, la physique se trouve en effet mieux en mesure d'envisager l'investigation de la loi mathématique régissant les phénomènes électriques, ou magnétiques, par exemple.

En résumé, le jeu particulier des « postulats » acceptés par un scientifique l'autoriserait donc à se poser sur les « choses » du monde un certain éventail de « problèmes », dont la résolution par les « méthodes » d'administration de la preuve reconnues par lui et sa communauté prendra la forme d'« objets » abstraits articulés en système, constituant progressivement les savoirs de cette science.

La nomenclature ici décrite ne sera peut-être pas sans rappeler la distinction qu'établissait Canguilhem entre « objet naturel » et « objet scientifique »². Il affirmait en effet que « La nature n'est pas d'elle-même découpée et répartie en objets et en phénomènes scientifiques. C'est la science qui constitue son objet à partir du moment où elle a inventé une méthode pour former, par des propositions capables d'être composées intégralement, une théorie contrôlée par le souci de la prendre en faute » (p. 16-17). Dès lors, « L'objet scientifique, constitué par le discours méthodique, est second, bien que non dérivé, par rapport à l'objet naturel, initial, et qu'on dirait volontiers, en jouant sur le sens, pré-texte » (p. 17).

Le concept d'« objet scientifique » ici posé par Canguilhem est donc proche de ce que j'ai moi-même qualifié d'« objet », par souci notamment de concision, même si lui s'autorise à jouer sur la polysémie du mot *objet* – comme « objectif » et comme « entité » – pour n'attribuer implicitement à chaque science qu'un seul objet : dans l'exemple qu'il développe, le cristal est ainsi à la fois l'objet théorique qu'élabore la cristallographie et l'objet d'étude particulier de cette science. Ayant moi-même déplacé l'objectif de la science dans la résolution des problèmes qu'elle peut et qu'elle veut se poser, je me permets pour ma part lui attribuer quantité d'objets, comme entités abstraites qu'elle manipule et articule, qui sont les solutions de problèmes qu'elle estime résolus – ou que d'autres ont résolu pour elle. Aussi la cristallographie s'est-elle

¹ Galilée, *Il Saggiatore, nel quale con bilancia squisita e giusta si ponderano le cose contenute nella Libra*, Roma, G. Mascardi, 1623.

² G. Canguilhem, « L'objet de l'histoire des sciences », 1989.

selon mes termes attribuée, ou façonnée, de multiples objets qui structurent son discours, tel le cristal bien sûr, mais aussi l'atome, la symétrie, les figures géométriques régulières, la loi de Bragg ou le pouvoir rotatoire.

Quant à l'« objet naturel », qui offre à l'« objet scientifique » son ancrage dans le monde et qui en a inspiré l'invention, c'est ce que jusque-là j'ai appelé « chose », par souci de clarté : pour mieux la distinguer de l'objet. Mais aussi parce que cette « chose », ou cet « objet naturel », ne va pas de soi : qu'elle n'a rien de naturel. Ou, comme le concède plus précisément Canguilhem : « Sans doute un objet naturel <, donc une *chose*, selon mon acception,> n'est pas naturellement naturel, il est objet d'expérience usuelle et de perception dans une culture. Par exemple, l'objet minéral et l'objet cristal n'ont pas d'existence significative en-dehors de l'activité du carrier ou du mineur, du travail dans la mine ou la mine. S'attarder ici sur cette banalité <, dit-il,> ferait digression » (p. 16, n. 11).

Je crains pourtant que ce point soit loin d'être une banalité aujourd'hui, en particulier au sein des laboratoires scientifiques et des canaux de médiation vers la société de la connaissance qui y est produite. Et que la confusion est d'ailleurs d'autant plus aisée dans les sciences de la nature que le sentiment de travailler directement sur des objets concrets, ou « naturellement naturels » y est d'autant plus fort que les objets abstraits de la discipline modélisent souvent des choses matérielles et sensibles. Mais comme le précise Canguilhem, le cristal en tant qu'objet de la chimie, défini « par la constance des angles entre ses faces, par les systèmes de symétrie par la régularité des tronçatures au sommet en fonction du système de symétrie » (p. 17) n'est pas la chose cristalline, simple bout de caillou brillant pour le promeneur, ou fruit du travail d'extraction du mineur. De même que la force newtonienne n'est pas le sentiment d'effort que l'on éprouve lorsque l'on tente de mettre un corps en mouvement ; que la vitesse instantanée n'est pas la sensation d'élan que nous éprouvons dans notre course ; que l'orbite d'une planète n'est pas le déplacement erratique constaté de celle-ci sur la durée de sa période de révolution ; que le visible n'est pas la lumière ; que la longueur d'onde n'est pas la couleur ; que le cerveau n'est pas la pensée...

Enfin insisterai-je, à l'adresse des philosophes, sur le fait que ce que je désigne par « chose » n'est pas non plus la « chose-en-soi » kantienne, mais plutôt une entité déjà façonnée par des facultés de perception et par un usage, une culture, un rapport au monde particuliers. Elle s'approche ainsi plutôt de ce que Kant appelait « objekt ». Mais, ne souhaitant pas entrer dans la question délicate des catégories de l'entendement qui créent les objets de l'expérience, j'aimerais seulement souligner ici que cette « chose » – qui peut aussi bien être un corps matériel inerte qu'une entité vivante, un nombre, une langue, ou une simple sensation – est elle-même déjà catégorisée dans un tissu de relations constitutives de l'expérience d'une personne donnée, à une époque donnée, en un lieu donné. Qu'elle est donc elle-même en quelque sorte pré-constituée à partir d'un jeu de pré-postulats communs et pré-méthodes communes, fondant un rapport usuel et culturel au monde. Donc que, de la même manière que les « objets » scientifiques sont inscrits dans une historicité qui résulte de celle des postulats et méthodes d'une science particulière, ces « choses » ont également une histoire, qui résulte de celle des usages et des cultures.

Ceci dit, le projet de l'histoire des sciences n'est pas de faire l'histoire de ces « choses » (ou en tout cas, pas autrement qu'en tenant compte de leurs aspects spécifiques à l'époque étudiée), mais l'histoire des sciences est justement l'histoire de ces « objets » scientifiques. Une fois façonnés par les sciences, ces objets intègrent *de facto* l'ensemble des choses, en tant qu'ils deviennent inévitablement objets d'usage et de culture. Et c'est en tant que tel qu'ils peuvent à

leur tour devenir le substrat des problèmes que pourra se poser le philosophe ou l'historien des sciences. Car, comme le disait encore Canguilhem, l'objet de l'histoire des sciences n'est pas l'objet de la science : « L'histoire des sciences s'exerce sur ces objets seconds, non naturels, culturels, mais n'en dérive pas plus que ceux-ci ne dérivent des premiers » (p. 17). Aussi les postulats et méthodes de l'histoire des sciences transposent-ils à leur tour les objets de la science – en tant qu'ils ont à leur tour rejoint l'ensemble des choses – en un nouvel objet, propre à l'histoire des sciences. Mais nous devons patienter encore quelque peu avant de discuter de la nature de ce nouvel objet, jusqu'à ce qu'il soit précisément temps de décrire les postulats et méthodes de l'histoire des sciences telle que nous la pratiquons (2.1.1.3).

Pour l'heure, concluons seulement que ce sont donc des postulats et des méthodes qui différencient les sciences – plus que d'éventuels domaines du réel qu'elles se seraient réparties entre elles. Ce, bien entendu, sans qu'il soit exclu que certains postulats et certaines méthodes soient partagés par plusieurs d'entre elles ; mais en considérant toutefois que le jeu complet de ces postulats et de ces méthodes, aussi bien que leur hiérarchie, ne seront jamais exactement les mêmes d'une science à l'autre. Que l'évolution par ailleurs des postulats et méthodes d'une science pourra être un marqueur à disposition de l'historien pour l'analyse de son historicité. Qu'enfin, la connaissance des postulats et méthodes actuels de sa discipline – aussi bien que celle de ceux qu'elle a pu se reconnaître le passé – pourra aider le scientifique à mieux comprendre le présent de sa pratique et à repenser peut-être son avenir.

2.1.1.2.3 De l'intérêt de l'histoire pour le scientifique

Judith Schlanger affirmait en effet que « toute discipline se pose comme circonscrite : elle sait et elle accepte qu'elle a des limites. Elle se reconnaît comme locale et partielle. Elle fait fond sur le fait qu'elle n'est pas seule, et qu'il y a autour d'elle beaucoup d'« ailleurs » légitimes, intéressants et traitables, auxquels elle renonce. La discipline circonscrit et renonce »¹. Pourtant, il me semble que forte des succès considérables accumulés ces derniers siècles, nombre de scientifiques ont au moins en partie oublié un nombre conséquent des postulats philosophiques et ontologiques sur lesquels repose leur pratique et qui en fixent strictement le cadre et la portée. La cause d'un tel état de choses revient peut-être à un cloisonnement excessif des communautés et sous-communautés scientifiques, tendant à amplifier la sensation d'évidence d'un discours disciplinaire aujourd'hui trop rarement confronté aux autres, ou alors seulement pour les juger, donc sans avoir à se reconsidérer lui-même. Une tendance par ailleurs amplifiée par un enseignement s'aventurant trop peu à expliciter ces postulats et méthodes disciplinaires, favorisant mécaniquement les étudiants adhérant *a priori*, et sans même s'en rendre compte, à ces normes². Or, puisque ces étudiants à succès feront les enseignants de demain, c'est dans autant de cercles vicieux que les communautés scientifiques risquent de se retrouver piégées³.

¹ J. Schlanger, « Fondation, nouveauté, limites, mémoire », *Communications* 54, 1992, p. 292.

² Paul Langevin dénonçait le risque de dogmatisme associé à un enseignement acritique des sciences il y a un siècle déjà, dans « La valeur éducative de l'histoire des sciences », *Bulletin de la Société française de pédagogie* 22, 1926 : « Pour combattre le dogmatisme, il est très instructif de constater combien plus et mieux que leurs continuateurs et commentateurs, les fondateurs de théories nouvelles se sont rendu compte des faiblesses et des insuffisances de leurs systèmes. Leurs réserves sont ensuite oubliées, ce qui pour eux était hypothèse devient dogme de plus en plus intangible à mesure qu'on s'éloigne davantage des origines ». Son appel fait ainsi aussi bien écho à cette justification de l'intérêt de l'histoire pour le renouvellement de la pratique scientifique que nous essayons de développer ici, qu'au travail de mise en évidence des postulats et méthodes disciplinaires par le dialogue interdisciplinaire que nous décrirons dans la prochaine section (2.2.3.1) et qu'au plaidoyer en faveur d'un meilleur déploiement de l'histoire dans l'enseignement des sciences que nous défendrons plus loin (2.3.1.5).

³ Voir encore ce que dit à ce sujet P. Bourdieu, *La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison*, 1975, p. 109.

Postulant donc avec Canguilhem que chaque science « dit-le-vrai » par la confrontation de ses propositions à une série de normes structurant un système cohérent mais abstrait et éprouvées par une rectification critique, je suis aujourd'hui particulièrement sensible à l'importance pour l'historien et épistémologue d'explicitier ces normes des discours scientifiques dont il entreprend l'analyse, afin de pouvoir estimer leur sens et leur portée¹. Mais c'est également parce que je suis inquiet des conséquences sociales des prétentions de certains scientifiques à étendre hyperboliquement et sans précaution leurs conclusions, dûment élaborées sur leurs objets, au-delà des limites fixées par leurs postulats et méthodes – conséquences parmi lesquelles j'identifie aussi bien toute forme de scientisme, que les tendances opposées à rejeter automatiquement les résultats de la science (créationnisme, climato-scepticisme, platisme...) – que je crois être du devoir de l'historien que d'attirer l'attention du scientifique sur l'évolution historique des normes de sa science. Et donc, par contraste, de le sensibiliser à l'existence et à la nature des normes temporaires et contextualisées de son propre discours, qui posent les fondements et fixent rigoureusement les limites de sa pratique et de son expertise actuelle.

Au-delà de l'importance de l'histoire pour aider le scientifique à mieux situer son discours et pour permettre au public de mieux l'appréhender, je dirais encore avec Canguilhem – même si lui l'exprime avec une forme d'ironie – que le recours à l'histoire peut être un atout pour le chercheur en sciences, lorsque celui-ci « parvient à un résultat théorique ou expérimental jusqu'alors inconcevable, déconcertant pour ses pairs contemporains, <et qu'il> ne rencontre aucun soutien, faute de communication possible, dans la cité scientifique »². Parce qu'il doit croire en l'objectivité de sa découverte, ce chercheur peut alors être tenté de rechercher « si d'aventure ce qu'il pense n'a pas déjà été pensé » et se découvrir ainsi parfois des proximités avec des savants du passé qui, suggère Canguilhem, ne lui offriront qu'un argument d'autorité utile à la défense de ses idées iconoclastes. J'entrevois pourtant ici, malgré l'absence évidente de valeur épistémologique de ces proximités du nouveau résultat avec le passé, une capacité accrue du scientifique à préciser et contextualiser son résultat par mise en contraste avec celui voisin, mais nécessairement différent, qu'il aura déniché dans le passé.

Ma collègue Gabriella Crocco – historienne et philosophe de la logique au Centre Granger – utilise parfois une analogie qui me semble pouvoir éclaircir ce point : « En somme, l'histoire des mathématiques, dit-elle, <mais je crois que l'on pourrait extrapoler ce qui suit à l'histoire des sciences en général,> n'est pas assimilable, comme le voudrait la conception positiviste, à un long fleuve où les résultats s'accumulent de manière linéaire jusqu'à rejoindre par un grand delta la mer de nos connaissances. Elle ressemblerait plutôt à un cours d'eau qui n'arrête pas de changer de lit, et qui forme plutôt un estuaire, où des branches considérées mortes, car l'eau y stagne, peuvent tout d'un coup être réactivée par le courant principal ; là où les branches qui étaient considérées pendant longtemps les plus riches et puissantes, peuvent se tarir »³. Car je en effet convaincu que ce champ des possibles décantés par l'histoire est susceptible de fournir au scientifique d'aujourd'hui et de demain, des concepts, des postulats, des problèmes, qui certes ne diront rien de la valeur de concepts analogues que l'on pourrait retrouver à notre époque, mais qui certainement pourraient jouer un rôle heuristique ou comparatif pour la

¹ Un bel exemple de ce procédé, bien qu'il se situe en-dehors du contexte de l'histoire des sciences, me semble illustré par le travail entrepris par Martial Guéroult à l'égard de la philosophie de l'histoire dans « Les postulats de la philosophie de l'histoire : Le sens de l'histoire », *Revue de Métaphysique et de Morale* 4, 1986, p. 435-444.

² G. Canguilhem, « L'objet de l'histoire des sciences », 1989, p. 11.

³ G. Crocco, « L'histoire et la profondeur des résultats mathématiques : le débat post-Cavaillès de l'épistémologie française », à paraître dans *L'épistémologie française, Annals of Mathematics and Philosophy*.

reconfiguration et le développement à venir de la science. Il me semble d'ailleurs que l'approche de la « science complémentaire » développée par Hasok Chang, consistant à réévaluer des théories scientifiques oubliées du passé qui ont été abandonnées malgré l'absence d'argument scientifique déterminant, relève de cette même manière tout à fait réjouissante d'envisager la pluralité des interprétations révélée par l'histoire comme une potentielle ressource pour la recherche scientifique contemporain¹.

2.1.1.2.4 Quels moyens se donner pour s'adresser aux scientifiques ?

Je juge donc comme l'une des tâches de mon activité d'historien des sciences de sensibiliser les scientifiques à l'intérêt d'explorer l'histoire de leur discipline. Cette tâche, je m'efforce d'abord de l'assumer en me maintenant informé du paysage de la physique actuelle, en continuant de visiter mes collègues physiciens dans leurs départements et laboratoires, en restant membre de la Société Française de Physique (SFP)², en me rendant aux congrès de cette société et en lisant attentivement sa revue. Mais aussi en essayant de publier non seulement dans les revues d'histoire et philosophie des sciences, mais également, quand cela s'y prête, dans des revues plus spécifiquement à destination des physiciens et chimistes, susceptibles de publier des contenus historiques et didactiques : comme *les Reflets de la Physique* de la SFP justement, la revue *Photoniques*, *L'Actualité Chimique*, et le *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie* en France, ou le *European Physics Journal* et le *Journal of Chemical Education* au-delà de nos frontières [4 ; 5 ; 9 ; 13 ; 14 ; 16 ; 17 ; 19 ; 21 ; 22]. Enfin et surtout, en enseignant une physique informée de son histoire et de son épistémologie aux futurs chercheurs et enseignants de la discipline (2.3). La difficulté consistant évidemment à trouver un ton et une langue adéquate pour ce faire.

Pour cela, je fais le pari d'essayer de développer un discours qui conserve l'absolue rigueur des savoirs élaborés en histoire des sciences, qui s'efforce de ne pas vulgariser, et qui s'interdit de proposer aux collègues des récits flatteurs et rétrospectifs de l'histoire de leur discipline, truffés d'anecdotes dénuées de sens mais habillant agréablement d'atours culturels superficiels la connaissance technique qu'ils ont de leur discipline. A vrai dire, ces récits confortables, les scientifiques sont déjà aptes à les produire par eux-mêmes, pour eux-mêmes – et beaucoup sont ceux qui en ont fait un commerce à succès. Mais précisément, il s'agit pour moi d'essayer de déplacer le regard du collègue scientifique, de lui offrir non pas ce qu'il aime mais ce qu'il pourrait aimer, et de parvenir à lui faire sentir l'intérêt de mettre en question ses propres pratiques, malgré l'inconfort certain que cela pourra produire.

Pour cela, je m'efforce d'employer trois leviers essentiellement, reposant sur ma connaissance intime de la communauté des physiciens. Le premier consiste à identifier des questions qu'une proportion significative des physiciens – dont moi, bien évidemment, à l'époque où j'en étais un – se posent rarement de manière sérieuse, mais qui régulent pourtant leur pratique : pourquoi trouve-t-on des lois mathématiques des phénomènes ? Quel est le rôle de l'expérience dans la découverte scientifique ? A quel titre une expérience ou une théorie peuvent-elles être dites objectives ? Questions non seulement sur lesquelles les épistémologues ont produit d'abondants traités, mais qui sont aussi susceptibles d'être illustrées par l'histoire.

¹ Voir par exemple son traitement de la théorie vibratoire de la chaleur de Benjamin Tompson et des théories de la réflexion du froid, dans H. Chang, « Rumford and the Reflection of Radiant Cold: Historical Reflections and Metaphysical Reflexes », *Physics in perspective* 4, 2002, p. 127-169, et dans H. Chang, *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*, Oxford, Oxford University Press, 2004.

² En plus d'être adhérent de la Société Française d'Histoire des Sciences et des Techniques (SFHST).

Le second levier repose alors sur une connaissance du langage technique manipulé dans les laboratoires et amphithéâtres de physique. Celle-ci me permet en effet, je crois, tout en m'efforçant d'employer essentiellement le langage technique rigoureux de l'histoire des sciences, de proposer des traductions de ses termes à l'attention du physicien, et d'offrir, lorsque je le peux, une perspective moderne sur des problèmes historiques susceptible de servir de passerelle au physicien, en liant la connaissance historique à sa pratique quotidienne.

Enfin, le troisième levier, et le plus important dans mon cas, est fondé sur une identification d'un certain nombre d'implicites émaillant les textes d'historiens et philosophes des sciences – qui eux aussi forment une communauté dont la pratique repose également sur des normes suffisamment partagées pour qu'ils n'aient pas à les expliciter entre eux – qui rendent leur lecture souvent très difficile aux scientifiques. Il s'agit donc pour moi, lorsque je rédige mes textes d'explicitier autant que je le peux les postulats de mes enquêtes et les méthodes employées afin de faciliter leur accès au non-spécialiste [2 ; 3 ; 6].

Pleinement convaincu de l'importance de cette démarche, je reste pourtant obligé d'admettre que la tâche est ardue. D'une part parce que, on l'a dit, l'histoire des sciences est une discipline de recherche à part entière, avec ses postulats, ses méthodes et son jargon, que les personnes extérieures à la communauté auront nécessairement du mal à comprendre spontanément. D'autre part, parce qu'aujourd'hui l'organisation du travail dans les écoles, les universités et les laboratoires est généralement telle que l'enseignant ou le chercheur en sciences, même lorsqu'il est désireux de se plonger activement dans l'histoire ou la philosophie de sa discipline, dispose rarement du temps et de la liberté d'esprit nécessaires au déploiement d'une telle étude ; d'autant que les répercussions de celle-ci sur sa pratique ne seront pas immédiatement tangibles, quantifiables, ni profitables. Enfin, parce qu'il m'a parfois semblé que l'inconfort que pouvait produire une telle démarche, visant non seulement à interroger sa propre identité, mais impliquant donc aussi le risque de devoir la réajuster, était un possible frein au plus ample déploiement d'une réflexion historique et épistémologique au sein de la communauté scientifique.

C'est donc pour répondre à ces difficultés que je préconise aujourd'hui de catalyser cette introspection historique des postulats et méthodes disciplinaires par la mise en contraste de pratiques disciplinaires contemporaines au sein d'ateliers interdisciplinaires (2.2.3.1). Car je fais le pari que la confrontation synchronique des disciplines contemporaines pourrait démontrer un même pouvoir de mise en évidence des critères de normativité des disciplines comparées que l'histoire, tout en se déployant sur un terrain moins austère et plus simple d'accès. Aussi suis-je convaincu que cette démarche pourra non seulement compléter, mais également stimuler l'analyse et la comparaison diachronique des normes que s'est reconnue une même discipline à différentes époques.

Rétrospectivement, on pourrait donc dire que cette stratégie – que j'ai progressivement élaborée à partir d'une expérience personnelle des terrains que sont le laboratoire de physique, le laboratoire d'épistémologie et une formation universitaire d'enseignement interdisciplinaire – rejoint le projet de G. G. Granger d'éclaircissement du sens des concepts scientifiques « grâce à une étude comparative des situations et des fonctions assignées à des concepts analogues apparus dans des champs d'objets distincts et à des étages différents de leur histoire »¹. L'épistémologie comparative que je propose s'autorisant à mettre conjointement en œuvre une enquête diachronique – par la mise en contraste des pratiques, concepts, postulats et méthodes

¹ G. G. Granger, « Leçon inaugurale au Collège de France (1987) », *Noesis* 38, 2022, p. 253.

pratiqués dans un même champ disciplinaire à différentes époques de son histoire – et une enquête synchronique – prolongeant ou préparant les effets de cette mise en contraste diachronique, par celle des subtiles déclinaisons de concepts, postulats ou méthodes analogues que l'on pourra déceler dans différentes disciplines contemporaines. Pensons seulement à la manière dont la compréhension de la multiplicité des sens de l'objet « couleur » dans les disciplines actuelles surligne les limites strictes de l'étude entreprise par chacune d'entre elles sur cette même chose [10] ; ou à la façon dont la mise en contraste du concept de « mesure » en biologie et en physique surligne la variabilité intrinsèque des objets de l'une, en la confrontant à l'identité et à la permanence postulée des objets de l'autre, restituant ainsi à l'opération de mesure une portée et un sens différents dans chacune de ces disciplines [8].

Bien que ce moyen me semble potentiellement décisif pour sensibiliser les scientifiques aux normes de leur propres discours, c'est une perspective que je ne développerai pourtant que dans le prochain chapitre, dans lesquelles les questions d'interdisciplinarité seront plus centrales (2.2). Pour l'heure, j'aimerais profiter de cette amorce sur les postulats et méthodes propres à chaque discipline pour m'efforcer d'explicitier enfin ceux que je reconnais comme fondateurs de ma propre recherche en Histoire des Sciences, telle que je la pratique actuellement.

2.1.1.3 Des postulats et méthodes de mes recherches en Histoire des Sciences

Nous venons en effet d'insister sur la manière dont les disciplines, ou les courants disciplinaires, se distinguent les unes des autres par les postulats et méthodes sur lesquelles elles reposent. Nous avons également souligné le problème que pose l'implicite de ces normes lorsqu'il s'agit pour les spécialistes disciplinaires d'envisager les limites et la portée possible de leurs savoirs, ou lorsqu'il s'agit pour eux de les communiquer à d'autres communautés. Il semble donc important à présent de prendre quelque temps pour préciser les postulats et méthodes de la recherche en histoire des sciences, telle que je prétends moi-même la pratiquer – ce d'autant plus que ceux-ci diffèrent de ceux que j'ai appliqués pendant la première partie de ma carrière d'enseignant-chercheur en physique. L'une de mes intentions, comme je viens justement de l'expliquer, étant précisément de parvenir à produire un discours qui soit aussi pertinent pour la communauté des historiens, qu'audible à la communauté des physiciens, cette tâche requerra en effet pour moi d'explicitier, aussi clairement que possible, les ressorts de ce discours, au risque de dire parfois des choses si évidentes qu'elles paraîtront lourdes à l'historien des sciences de profession, mais qui seront néanmoins possiblement utiles à la lisibilité de la démarche sous-tendant mes propositions au-delà de cette communauté.

Du fait précisément de ma formation initiale – entièrement développée à l'extérieur des cursus de l'enseignement supérieur menant généralement à une qualification dans la section 72 de la CNU (1.1) – c'est avant tout par la pratique que j'ai progressivement développé une acuité à ces postulats et méthodes, ainsi qu'une habileté à les préciser ou à les appliquer. J'aime d'ailleurs à croire que le fait de m'être formé dans une autre discipline que celle que je pratique aujourd'hui me permet justement d'être particulièrement conscient – par une mise en contraste spontanée des pratiques disciplinaires, dont nous reparlerons bientôt (2.2) – de l'existence de postulats implicites conditionnant la forme et la validité du discours en histoire des sciences. Cette approche par la pratique répond néanmoins également à ma sensibilité personnelle d'expérimentateur, qui dans ce dossier se trouve matérialisée aussi bien dans mon parcours de recherche en physique (1.2) que dans mon rapport à l'enseignement (2.3). Elle s'articule toutefois bien sûr à une réflexivité sur cette pratique personnelle, mais aussi sur la pratique que je voyais d'autres auteurs développer dans leurs publications.

Les auteurs qui m'ont le plus influencé, et que jusqu'ici j'ai le plus abondamment cité (G. Simon, G. Canguilhem, G.N. Cantor notamment), ont à vrai dire relativement peu explicité eux-mêmes le fond de leur approche de l'histoire dans de grands traités théoriques. Mais même lorsqu'ils l'ont fait, c'est plus directement par la lecture de leurs études de cas que je me suis lentement imprégné des principes sous-tendant leur pratique, et ce n'est qu'ensuite, au fur et à mesure que je me convainquais de la nécessité d'explicitier aussi clairement que possible les fondements théoriques de ma propre recherche, que je me tournai vers ces textes dans lesquels ils synthétisaient eux-mêmes certains aspects de leur démarche. Aussi dois-je ici insister sur le fait que la description que je m'appête à faire des postulats et méthodes de ma propre démarche de recherche n'a pas vocation à rester figée. Qu'elle ne fait que marquer la manière dont je les envisage à ce jour, mais que plus ma pratique de la discipline avance, plus elle sera amenée à mûrir et à se préciser – du moins, je l'espère.

2.1.1.3.1 Des postulats

Ces postulats que je pose lorsque je m'engage dans une enquête en histoire des sciences, j'en ai déjà listé plusieurs. Reprenons-les ici synthétiquement. On pourra compter parmi eux la croyance en l'intérêt d'un va-et-vient régulier entre histoire et philosophie des sciences. Le postulat d'une forme de réciprocité entre l'historien et les personnages dont il fait l'histoire, prudemment pondéré par la conscience des dangers de l'interprétation rétrospective des œuvres ; en somme le premier devoir de l'historien est-il de se mettre à la place de ceux dont il fait l'histoire, non pas en se projetant lui-même dans leur époque, mais en déployant l'effort d'empathie nécessaire pour apprécier celle-ci comme eux-mêmes l'appréciaient. Une telle approche s'adosse à la conviction de l'importance de restituer leur sens originel aux textes étudiés, même s'il s'agit là probablement d'un horizon inatteignable ; laquelle impose la nécessité de situer ces textes dans un contexte scientifique, technique, mais aussi culturel et social aussi dense et précis que possible. Le postulat d'existence de structures de pensée traversant non seulement une époque, mais s'individuant en chaque savant, et qu'il sera utile de faire émerger pour rendre compte du sens et de la dynamique de ses travaux. L'importance ainsi de considérer le panorama complet du régime de plausibilité propre à une époque ou à une communauté, aussi bien que la manière dont il s'incarne différemment en certains de ses membres, ou la manière dont ce régime évolue d'un lieu à l'autre, d'une période à l'autre. Enfin le postulat de l'intérêt d'étudier les divers effets de ce « plausible » sur la production de nouvelles hypothèses et la réception de nouvelles théories.

Par ailleurs, je viens d'insister longuement sur l'idée que toute science est elle-même fondée par des postulats générateurs de problèmes et par des méthodes d'administration de la preuve, dont la conjonction est seule susceptible de transformer le discours vulgaire sur les choses communes en discours scientifique sur des objets scientifiques ; or, ceci est en soi un postulat. J'ai postulé également que ces postulats et méthodes diffèrent d'une science à l'autre, et qu'ils évoluent au cours de l'histoire d'une science, en accompagnant ses mutations. L'explicitation des postulats et méthodes qui sous-tendent une théorie doit ainsi pouvoir, selon moi, nous renseigner sur son mode de production, nous aider à restituer son sens, et nous permettre de la situer dans le panorama de l'histoire de la discipline en question, aussi bien que dans celui des sciences contemporaines. En somme, je postule qu'au lieu d'une histoire de la science selon son acception actuelle il faudra développer une histoire des productions théoriques ou des savoirs qui, à une époque ou une autre, ont été considéré comme relevant de la science.

Les postulats de ma recherche en histoire des sciences s'adosent par ailleurs à une vision de la théorie scientifique comme une structure articulant de manière logique et cohérente des

objets théoriques, n'ayant pas pour objectif de fournir une explication, mais une représentation et une classification des choses du monde. Une représentation qui doit, cela dit, faire ses preuves par son opérativité et par sa résistance à la falsification et au débat avec d'autres modes de représentation. Pour reprendre les mots de Duhem, ce que le scientifique « énonce comme le résultat d'une expérience, ce n'est pas le récit de faits constatés ; c'est l'interprétation de ces faits, c'est leur transposition dans un monde idéal, abstrait, symbolique, créé par les théories qu'il regarde comme établies »¹. Dès lors, je juge qu'il n'existe tout simplement pas de « faits » concrets et premiers, mais l'expression de jugements sur des relations entre notions abstraites, dont la théorie seule établit la correspondance avec les observations.

Ces postulats sur la nature de la science s'accompagnent d'autres postulats, plus essentiellement caractéristiques de la recherche historique. Comme celui que la science est elle-même un objet susceptible d'une étude historique, et que malgré son évolution au fil de l'histoire – dont l'étude fonde précisément la discipline – elle présente certains caractères suffisamment persistants pour être reconnaissables et justifier la pertinence de comparer ses états successifs. Je crois, de plus, que l'histoire des sciences ressemble sous certains aspects à l'histoire évolutive des espèces vivantes. Même si l'analogie est à prendre avec circonspection – le secret d'une bonne analogie étant justement de ne pas plaquer toutes les propriétés d'un objet sur un autre qui lui ressemble, mais seulement celles qui auront un pouvoir explicatif relatif à un problème donné [7] – il me semble en effet pouvoir observer de part et d'autre un développement buissonnant plutôt que linéaire ; de nouvelles théories qui, comme les espèces, n'émergent jamais de rien, mais toujours d'un matériel préexistant et disponible à la mutation, à l'interprétation ; de nouvelles théories scientifiques qui d'ailleurs, tels des individus portant de nouveaux caractères, ne sont que des « essais » dirait Popper², qui survivront plus ou moins longtemps aux multiples processus de « sélection » ; un processus de sélection qui repose justement en bonne partie sur l'adaptation d'une théorie à son milieu ; enfin une histoire des sciences et une histoire du vivant caractérisées selon moi par une absence de fin, comme de finalité, et par un processus évolutif qui n'est pas synonyme de progrès (au sens d'une nécessaire et objective amélioration) – même si l'on observe sur le long terme une complexification et une spécialisation indéniable des théories et probablement des espèces. Mais comme tout cela je ne peux le prouver, que ça influence néanmoins mon interprétation de l'histoire, et que tout le monde n'est pas obligé de l'admettre, je me dois d'avouer que je l'ai postulé, afin de fournir à chacun le meilleur aperçu possible des règles selon lesquelles je joue.

Enfin vois-je l'absolue nécessité de postuler en histoire que le temps existe et que tout en étant pris dans son cours inexorable, nous laissons sédimenter des traces, des signes, qui sont susceptibles d'une interprétation *a posteriori*. De surcroît, dans le cas particulier de l'histoire des sciences, où la trace principale s'avère être le texte ou l'œuvre scientifique, je crois nécessaire de postuler – au moins dans un premier temps – que cette trace étudiée est porteuse d'un sens particulier, que le texte n'est pas un quelconque babillage, mais qu'elle s'efforce de transmettre un message étayé. Que l'instrument technique n'est pas le produit d'un simple divertissement, mais qu'il tend vers une fonction et une opérationnalité. En somme, que les personnages qui ont produit ces œuvres et ces instruments s'inscrivaient, au moment de les produire, dans une attitude de recherche sincère et systématique d'une forme de vérité. Ce n'est qu'en acceptant ces postulats, je crois, que l'on peut estimer que la tâche historique n'est pas vaine, mais qu'elle est à même de produire un récit, nécessairement partiel et idéal, mais néanmoins non imaginaire, instructif et à prétention objective.

¹ P. Duhem, *La théorie physique. Son objet, sa structure*, 1914, p. 240.

² Karl Popper, « vers une théorie évolutionniste de la connaissance », dans *un univers de propensions*, l'éclat, 1992, p. 75.

2.1.1.3.2 Des méthodes

Une telle objectivité est toutefois conditionnée par l'application rigoureuse de méthodes de la discipline, qui imposent avant tout la prudence dans chacune des affirmations émaillant le récit historique et la mise en perspective des alternatives possibles, pondérées par leur probabilité assumée et justifiée. Mais aussi une prudence relative aux conditions de production et de conservation des traces mobilisées.

Ces traces – que l'historien a non seulement pour méthode de collecter, mais également de problématiser afin de leur donner un sens, et enfin de synthétiser en un faisceau d'indices aussi épais et solide qu'il le peut – peuvent être de natures diverses. Dans le cas de l'historien des sciences, le texte scientifique publié, si possible dans sa version originale, est en général la ressource première. Mais celui-ci prend souvent sa densité et son sens dans le contexte fourni par d'autres types de textes : aussi bien ceux qu'a produits l'auteur (publiés ou non), que ceux qu'il a lus et qui l'ont inspiré, ou que ceux qui forment une alternative à ses propositions – que ces textes relèvent de l'histoire des sciences à proprement parler, ou de l'histoire de la philosophie, tant celle-ci a orienté et donné leur sens aux cheminements de la science. Les biais nécessairement introduits par ce type de productions (imposés par leurs formats et délais de publication, ou par les précautions qu'ils imposent à leur auteur) obligent néanmoins l'historien, quand il le peut, à compléter son enquête de témoignages, de lettres, de notes personnelles, de textes normatifs (règlements et comptes rendus de sociétés savantes...) qu'il retrouvera le plus souvent dans des archives publiques ou privées – mais qui pour son bonheur, sont aujourd'hui de plus en plus souvent numérisés et disponibles en ligne¹.

L'historiographie des sciences actuelle valorise également de plus en plus, et à juste titre, le rôle des productions visuelles (qu'elles soient des gravures, des photographies, des films, des images peintes ou dessinées, des schémas bien sûr, des cartes, ou plus indirectement le récit de démonstrations expérimentales spectaculaires) dans la production et la diffusion des sciences², incitant ainsi l'historien à les considérer avec une attention redoublée dans le cours de son enquête. Par ailleurs, un autre type de traces matérielles constitué par les objets techniques laissés par l'époque historique considérée peut enrichir les ressources disponibles à l'historien des sciences, ce d'autant plus que la science dont il fera l'histoire sera expérimentale et technique, et qu'elle aura mobilisé des instruments scientifiques dont la manipulation et l'analyse nous permettent aujourd'hui de mieux saisir l'horizon qu'ils ouvraient à leur utilisateur. En ce sens, la visite de musées scientifiques et techniques sera d'un grand intérêt³.

Enfin, je crois profondément à l'efficacité du paradigme indiciaire légué par Carlo Ginzburg, dans sa capacité à nous informer sur les grandes tendances d'une époque par la pratique d'une forme de micro-histoire. Et dans l'intérêt qu'il stimule à prêter attention aux signes, gestes et traces si répétitifs et anodins qu'ils pourraient paraître insignifiants, mais qui se révèlent être justement, par leur évidence, des signatures signifiantes de la pratique et de l'intention de leur

¹ Voir par exemple le remarquable travail des archivistes de la Royal Society (<https://royalsociety.org/collections/>) ou du « Newton Project » (<https://www.newtonproject.ox.ac.uk/>).

² Voir l'introduction au dossier spécial de la revue *ISIS* intitulé « Science and Visual Culture », ainsi que les divers articles de ce dossier. M. Norton Wise, « Making Visible », *ISIS* 97(1), 2006, p. 75-82. Voir également l'usage que j'essaie d'en faire dans [4 ; 5].

³ Je pense ici à l'enrichissement qu'a représenté pour moi la visite de la collection d'objets scientifiques de la Royal Institution de Londres ; notamment lorsque sa conservatrice m'a permis non seulement de voir, mais aussi de manipuler la version d'un optomètre inventée et réalisée par Thomas Young et d'une *camera lucida* inventée par William Wollaston que protégeaient ses vitrines.

auteur¹. Plus spécifiquement dans mon cas, ce sont les silences des auteurs que j'étudie qui souvent me semblent permettre de remonter le plus sûrement à certains postulats qui sont si profondément ancrés chez eux qu'ils ne leur semblent même pas nécessiter d'être évoqués².

Cette technique de lecture *entre les lignes* me semble avantageusement s'accompagner d'une autre technique d'analyse des silences et des implicites, orientée par un effort d'attention particulier aux bizarreries du texte analysé³. Ne pas négliger l'incongruité, mais essayer précisément de comprendre ce en quoi pour l'auteur elle est logique et fait système avec le reste du texte. Parce que ces apparentes incongruités révèlent la plupart du temps, lorsque l'on s'efforce d'en comprendre l'origine, des clés fondamentales d'accès à la conception du phénomène et, plus globalement, du monde, que se faisait l'auteur – et donc peut-être à ses structures de pensée. Des clés qui seront d'autant plus utiles que la proposition à décrypter nous aura initialement semblé déroutante et qu'elle découle donc d'une manière implicite et excessivement différente de la nôtre de formuler le problème. Car lorsque l'on aura su justifier le passage surprenant – en général à la lumière du reste de l'œuvre de l'auteur, ou de son contexte – lorsque l'on aura su se laisser changer par lui, même ce que l'on croyait jusqu'alors avoir compris du texte concerné prendra souvent un sens renouvelé.

Une autre corde vient s'ajouter à l'arc de l'historien des sciences spécifiquement, qui est l'analyse des traces anciennes d'une science par la reproduction scientifique de ces traces. J'entends par là que la reproduction d'une démonstration mathématique, d'une observation astronomique, d'une expérience physique ou chimique, peuvent aider à mieux cerner le sens d'un texte, en éclairant aussi bien les conclusions qui en ont été tirées, que la présence sous-jacente de prémisses implicites nécessaires à la reproduction du geste original. On le comprend, cette méthode de reproduction sera facilitée pour le praticien qui dispose déjà d'une maîtrise des gestes actuels de la science en question. Toutefois, puisque cette reproduction sera d'autant plus fructueuse qu'elle s'efforcera de reproduire fidèlement ce geste premier, il faudra toujours l'articuler à la connaissance des techniques, postulats et méthodes disponibles à l'époque. C'est là toute la difficulté de l'entreprise me semble-t-il, telle que j'ai notamment essayé de la pratiquer dans les travaux de recherche qui seront bientôt décrits⁴.

Enfin, ces traces historiques doivent être articulées, comme dans toute discipline académique, aux travaux scientifiques produits au sein de la communauté et à sa périphérie. Une périphérie qui sera d'autant plus élargie que la recherche en histoire des sciences est éminemment interdisciplinaire. Elle nécessite en effet d'articuler de façon critique et située des savoirs et méthodes originaires aussi bien de l'histoire, bien sûr, que des sciences dont il s'agit de faire l'histoire et dont une maîtrise technique est nécessaire. Mais la nécessaire

¹ Carlo Ginzburg, *Spie. Radici di un paradigma indiziario. La crisi della ragione*, A. Gargani (ed.), Torino, Einaudi, 1979, p. 57-106.

² Voir par exemple mon analyse des convictions de W. Herschel relativement au rôle de la nature du corps infléchissant dans l'inflexion de la lumière [2], ou des différentes versions successives du Corollaire sur la distribution spatiale de l'éther que Young essaie de tirer de sa loi de la réfraction [6].

³ Que l'on pense par exemple à l'obsession d'Aristote à insérer toujours un milieu intermédiaire dans le processus de la sensation ; au rôle étonnant de polyèdres réguliers dans l'astronomie de Kepler ; ou à l'incongruité apparente des deux dernières questions alchimiques de l'*Opticks* de Newton.

⁴ Je pense, d'une part, à la reproduction fidèle à laquelle je me suis astreinte des calculs et expériences décrits par T. Young – suivis, une fois leur forme originale restituée seulement, de leur traduction en un formalisme plus moderne – dans mon manuscrit inédit [1]. Entreprise ici rendue d'autant plus nécessaire que Young donne toujours très peu de détails sur ses démonstrations mathématiques, comme sur les conditions pratiques de ses expériences. D'autre part, à la tentative que je mène actuellement avec Florence Boulc'h de reconstituer en laboratoire de chimie les conditions, le regard et le geste newtonien sous-tendant la description des transformations de la matière évoquées dans la Question finale de son *Opticks* (2.1.2.2).

interdisciplinarité de l'historien d'une science relève également de l'importance de savoir s'orienter au sein des autres disciplines scientifiques auxquelles cette science était articulée à l'époque étudiée, ainsi qu'au sein de l'histoire de la philosophie, on l'a évoqué. On imagine encore les notions d'histoire des religions, d'histoire de l'art, mais aussi de sociologie, sinon de psychologie qu'il faudrait idéalement savoir mobiliser. Ou encore – on en reparlera bientôt (2.1.2.1.2) – la maîtrise des langues qui s'impose : le français bien sûr, mais aussi les langues étrangères, anciennes ou vivantes. Une aptitude à leur traduction et une vigilance philologique sont absolument nécessaires pour assurer la fiabilité d'interprétations de textes produits dans un langage d'autant plus étrangère que toute langue évolue au cours de l'histoire. De plus, l'analyse littéraire peut être d'un grand secours à l'historien soucieux d'examiner les liens que peuvent entretenir les éléments démonstratifs d'une théorie aux formes argumentatives employées pour les présenter¹. L'histoire des sciences entretient donc un rapport si naturel à l'interdisciplinarité qu'il me semblera intéressant d'examiner plus avant la nature de ce rapport et l'éventuel intérêt de le vivifier et de l'exploiter (2.1.1.1.4). Mais avant de ce faire, penchons-nous un dernier instant sur les objets de l'histoire des sciences que ces postulats et méthodes seront à même de façonner et articuler.

2.1.1.3.3 Des objets de l'Histoire des Sciences

Ces postulats et méthodes de l'Histoire des Sciences me semblent dessiner d'abord une pratique disciplinaire consistant à résoudre le problème de ce qui a effectivement été réalisé et découvert par un auteur, à partir, d'une part, de l'interprétation de ce que celui-ci affirme avoir fait et découvert ; d'autre part, de l'articulation de ses affirmations à leur contexte scientifique, historique et culturel. Cette tentative de restituer le sens original de ce que cet auteur a découvert peut se prolonger par les problèmes de la détermination du « comment », ou du « pourquoi » il l'a découvert, qui éclaireront d'ailleurs en retour le sens original de ce qui a été découvert. Ainsi c'est à la fois par et pour la résolution de ces problèmes que l'histoire des sciences s'élabore d'abord elle-même comme un discours articulant ses propres objets abstraits et précisément situés en son sein.

Dans un extrait de texte de Canguilhem que nous avons déjà évoqué, mais que nous avons alors tronqué (2.1.1.2.2), ce dernier défendait que : « L'objet scientifique, constitué par le discours méthodique, est second, bien que non dérivé, par rapport à l'objet naturel, initial, et qu'on dirait volontiers, en jouant sur le sens, pré-texte. L'histoire des sciences s'exerce sur ces objets seconds, non naturels, culturels, mais n'en dérive pas plus que ceux-ci ne dérivent des premiers. L'objet du discours historique est, en effet, l'historicité du discours scientifique, en tant que cette historicité représente l'effectuation d'un projet intérioritément normé, mais traversée d'accidents, retardée ou détournée par des obstacles, interrompue de crises, c'est-à-dire de moments de jugement et de vérité »².

L'objet du scientifique, dont nous avons déjà parlé, n'est donc pas l'objet de l'histoire des sciences, même si celle-ci s'exerce sur lui. L'historien, comme le scientifique, constitue son propre « objet » à partir d'une « chose », qui en l'occurrence est justement l'objet du scientifique. Ce que l'historien se constitue comme objet à partir de cette chose, c'est l'« historicité du discours scientifique ». Le terme d'objet étant avant tout à entendre ici chez Canguilhem comme objectif, ou cible principale des études menées dans cette discipline.

¹ Voir par exemple comment Fernand Halpin défend que la rhétorique ne concerne pas seulement la communication et les rapports sociaux, mais aussi l'invention elle-même, dans *Les Structures rhétoriques de la Science*, Paris, Seuil, 2004.

² G. Canguilhem, « L'objet de l'histoire des sciences », 1989, p. 17.

L'objectif central de l'histoire des sciences selon Canguilhem est donc l'étude de la manière progressive dont les sciences elles-mêmes constituent leurs objets à travers l'histoire – et c'est un objectif dans lequel je me reconnais volontiers. Ainsi, plus qu'un « objet » au sens où j'ai défini précédemment ce concept (2.1.1.2.2), ce que décrit ici Canguilhem c'est plutôt ce que selon ma propre terminologie je qualifierais de « problème » central, à l'élucidation duquel l'historien des sciences doit s'atteler. Car c'est précisément au moment où il invente et circonscrit ce problème de l'historicité du discours scientifique que l'historien justifie l'intérêt de sa pratique.

Toutefois, en posant ce problème, l'historien invente ou s'approprie du même coup le concept d'« historicité », qui dès lors devient également l'un des « objets » théoriques de l'histoire des sciences. Il s'agit là même de l'un des objets les plus importants qui structureront son discours et qui lui permettront de penser et d'analyser l'articulation des différents discours scientifiques hérités du passé ; mais il n'agira pas du seul.

Parmi les autres objets de l'histoire, l'on trouvera en effet documents, instruments et techniques anciennes, car avec Guérault j'affirmerais sans hésiter que : « Ce que l'historien croit poser comme réel hors de lui est tout entier compris dans le concept qu'il s'en fait. Sans doute les témoignages du passé sont-ils présents et actuellement perceptibles : documents, écrits, chartes, mémoires, monuments, etc. ; mais ces matériaux ne sont pas l'Histoire elle-même comme donnée. Ils sont ce à partir de quoi l'historien en fabrique la représentation, même si cette représentation n'est pas gratuite »¹.

On reconnaîtra de même parmi ces autres « objets » un éventail de concepts classificatoires, permettant le découpage de l'histoire en périodes scientifique ou pré-scientifique ; mathématique ou expérimentale ; antique, médiévale, classique ou moderne... Ou autorisant la réunion de théories distinctes en familles : comme en optique les théories de l'émanation, de l'intromission, des projectiles, des fluides, des vibrations, du milieu, des ondes ou des corpuscules... Autant de catégories qui n'existent pas en dehors du discours de l'histoire des sciences et qui ne prennent leur sens qu'à la lumière de la manière précise dont l'historien aura problématisé son étude.

On trouvera encore une batterie de concepts analytiques, comme ceux de « structure de pensée », de « régimes de plausibilité », de « problèmes », ou de « postulats » et « méthodes » – que j'ai déjà évoqués comme étant ceux qui structurent actuellement ma recherche – dont la mobilisation vise à mieux structurer et problématiser le sens des différents discours scientifiques, ainsi que ces dynamiques de l'invention et de la construction théorique qui se dessinent par leur comparaison. De fait, ce sont ces concepts analytiques qui, par leur objectivité posée, permettent *in fine* d'investir les conclusions tirées d'une étude de cas donnée dans une étude plus générale de l'historicité du discours scientifique – voire de son présent, et de son avenir.

Ainsi les objets de l'histoire des sciences incluent-ils encore tous ceux de l'épistémologie contemporaine, puisque comme nous l'annoncions très tôt (2.1.1.1), dans son approche certes rétrospective, mais avertie et respectueuse des structures de pensée étrangères qu'elle rencontrera au cours de son étude des œuvres scientifiques du passé, c'est l'épistémologie contemporaine informée qui permet à l'historien des sciences d'isoler et d'organiser les

¹ M. Guérault, « Les postulats de la philosophie de l'histoire : Le sens de l'histoire », 1986, p. 437-438.

problèmes pertinents à analyser. C'est d'ailleurs pourquoi les objets de l'histoire des sciences, comme ceux de l'épistémologie – qui accompagne l'évolution de la science – seront toujours en devenir.

2.1.1.4 Histoire des Sciences et Interdisciplinarité

Ce constat n'a évidemment pas empêché certains d'affirmer que certains concepts épistémologiques, comme celui d'interdisciplinarité, étaient intemporels¹. Il est pourtant plus probable que ce dernier n'ait pu préexister à l'invention des disciplines au cours de la seconde moitié du XVIII^e siècle², et il semble en tout cas qu'il n'ait trouvé un véritable essor qu'à partir de la fin des années soixante : en partie comme réponse à l'inquiétude provoquée par un certain conservatisme des savoirs disciplinaires, et par la difficulté grandissante pour des communautés scientifiques hyperspécialisées à communiquer non seulement entre elles, mais aussi entre les différents courants ou sous-disciplines qui les constituaient³.

Ce concept d'interdisciplinarité, on l'a dit, est d'abord venu heurter ma carrière d'enseignant en 2010, lorsque nous cherchions un moyen de créer, avec quelques collègues issus d'une quinzaine de disciplines, une formation de licence nouvelle, représentative de l'image humaniste et universaliste de l'université que nous nous faisons et qui pourrait réunir les bonnes volontés présentes pour la construction d'un programme qui saurait toutefois rester cohérent, émancipateur et formateur pour une éventuelle poursuite d'études spécialisée. Si l'intérêt d'une telle démarche interdisciplinaire peinait alors à convaincre nos institutions, elle s'était peut-être avant tout imposée à nous comme une manière d'être ensemble malgré nos origines disciplinaires diverses ; et, tous ensemble, de ne donner en quelque sorte qu'un seul cours, « le rôle des enseignants étant un peu analogue à celui d'un ensemble de musiciens exécutant une même partition » [12]⁴. En presque rien de temps néanmoins, l'interdisciplinarité s'est trouvée valorisée comme un symbole d'« excellence » et se voit aujourd'hui affichée comme l'avenir de l'université⁵, et brandie comme une priorité par de nombreux dispositifs de financement locaux, nationaux et internationaux, sans que l'on comprenne toujours bien quelles en sont les justifications épistémologiques [11]. Au point que, selon Rustum Roy, la principale force à l'œuvre dans la dérive des structures universitaires vers l'interdisciplinarité ne serait pas intellectuelle, mais bien politique et financière⁶ ; je reviendrai sur ces questions dans la

¹ Voir par exemple Jean-Paul Resweber, *La méthode interdisciplinaire*, Paris, Presses Universitaires de France, 1981. Mohammed Allal Sinaceur, « Qu'est-ce que l'interdisciplinarité ? », dans *Interdisciplinarité et sciences humaines*, Vol. 1, Paris, Unesco, 1983, p. 21-29. Georges Gusdorf, « Passé, présent, avenir de la recherche interdisciplinaire », dans *Interdisciplinarité et sciences humaines*, Vol. 1, 1983, p. 31-51. J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 19-22. Resweber, précise toutefois que « lorsque aujourd'hui nous parlons d'interdisciplinarité, c'est en un tout autre sens. Le contexte culturel et épistémologique n'est plus, en effet, le même » (p. 23). Et Gusdorf que c'est plus précisément « le thème de l'unité du territoire de la connaissance [qui] est une constante épistémologique » (p. 32).

² Y. Lenoir, « L'interdisciplinarité : aperçu historique de la genèse d'un concept », 1995, p. 231. I. Rhys Morus, *When physics became king*, Chicago, University of Chicago Press, 2005.

³ Jean Piaget, « Classification disciplinaire et annexion interdisciplinaire », *Revue internationale des sciences* 16(4), 1964, p. 598-617. G. Gusdorf, « Interdisciplinarité (connaissance) », *Encycopaedia Universalis*, vol. 8, Paris, 1968, p. 1088. E. Morin et Massimo Piatelli-Palmarini (dir.), *L'unité de l'homme. Invariants biologiques et universaux culturels*, Paris, Seuil, 1974.

⁴ Voir aussi Gaëtan Hagel, « Genèse de la licence Sciences et Humanités », dans *Sciences et humanités : décroiser les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), 2019, p. 13-15.

⁵ L. Endrizzi, « L'avenir de l'université est-il interdisciplinaire ? », 2017.

⁶ R. Roy, « Interdisciplinary Science on Campus: The Elusive Dream », dans *Interdisciplinarity and Higher Education*, J. Kockelmans (éd.), University Park, The Pennsylvania State University Press, 1979, p. 163. Voir aussi Paul E. Griffiths, « Why the 'interdisciplinary' push in universities is actually a dangerous antidisciplinary trend », *The Conversation*, 2022.

prochaine section dédiée à mes travaux sur les interactions entre Interdisciplinarité et Enseignement (2.3). J'aimerais toutefois esquisser rapidement ici ce qu'il me semble que l'histoire des sciences et l'épistémologie pourraient apporter à la réflexion sur la portée et les limites de l'interdisciplinarité.

D'une part, l'interdisciplinarité évidemment repose sur une forme de mise en relation des disciplines. Mais cette mise en relation n'est certainement pas triviale ; ne serait-ce qu'en raison des difficultés de communication entre disciplines qui ont justement été mobilisées pour justifier en premier lieu l'intérêt de la démarche interdisciplinaire. Ces difficultés communicationnelles reposent en bonne partie sur des différences de langages disciplinaires, qui sont elles-mêmes les conséquences d'histoires distinctes, dont les points de divergences sont justement à identifier selon moi dans l'institution de ces postulats et méthodes fondamentaux qui fondent une discipline et qui la distinguent des autres. Ainsi l'épistémologie et l'histoire doivent-elles pouvoir nous aider à mieux saisir l'organisation des disciplines scientifiques, leurs identités, et leurs transformations, notamment en faisant ressurgir et en comparant ces postulats et méthodes que les différentes communautés, du fait de leur cloisonnement, ont souvent fini par intérioriser au point de les considérer comme des évidences partagées par tous. De sorte que je crois sincèrement l'épistémologie et l'histoire des disciplines capables de participer à préparer un terrain propice à un dialogue situé et informé entre acteurs de différentes disciplines.

Par ailleurs, il est souvent répété que l'un des atouts majeurs de l'interdisciplinarité est sa capacité à stimuler le nomadisme des concepts, les analogies et les métaphores utiles pour l'élaboration et la résolution de problèmes supposés analogues, bien qu'appartenant à des disciplines différentes¹. Tout comme il est communément postulé que l'interdisciplinarité sera seule susceptible de poser et de résoudre des problèmes impossibles à embrasser à partir d'un regard disciplinaire isolé². Mais si les normes d'élaboration du savoir scientifique varient d'une discipline à l'autre, ne pourrait-on pas conclure que cette tendance à envisager que les connaissances produites au sein de disciplines différentes peuvent être spontanément mélangées, ou que chaque discipline peut capter sans discrimination des notions et des concepts dans le jardin des autres, risque d'être trompeuse ? Qu'une telle pratique ne ferait que créer plus de confusion, en ouvrant la porte à toute sorte d'analogie sauvage, encombrée de malentendus³ ? Ce qui n'interdirait pourtant pas d'envisager que la pleine connaissance et la comparaison de ces normes pourraient permettre un nomadisme des concepts critique et raisonné, car conscient de la nécessité de mutation et d'adaptation de ces concepts dans leur passage d'une discipline à l'autre (2.2.1.3).

Mais comment ces transferts de concepts, solutions ou méthodes entre disciplines se produisent-ils ? Comment ces concepts, solutions et méthodes sont-ils affectés par ce transfert, de manière à être intégrés de manière cohérente dans leur nouvelle discipline ? Ou comment

¹ Isabelle Stengers (éd.), *D'une science à l'autre : des concepts nomades*, Paris, Le Seuil, 1987. J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 85-103. Frédéric Darbellay (éd.), *La circulation des savoirs : interdisciplinarité, concepts nomades, analogies, métaphores*, Berne, Peter Lang, 2012.

² J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 65-66.

³ J. Thompson Klein, liste six problèmes communs liés à ces « emprunts » disciplinaires parfois « hâtifs et indiscriminés » : 1, la distorsion ou la mauvaise compréhension du matériau emprunté ; 2, l'utilisation de données, méthodes, théories hors contexte ; 3, l'usage d'un matériau emprunté qui est devenu hors d'usage dans son contexte d'origine ; 4, une « illusion de certitude » à l'égard de phénomènes traités avec prudence dans leur discipline originale ; 5. Une confiance exagérée en une théorie particulière de l'autre discipline mobilisée ; 6. Une tendance à ignorer les tests, preuves et explications contradictoires du matériau emprunté. J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 87-88.

des disciplines peuvent-elles être associées pour cerner de nouveaux problèmes ? Et comment peuvent-elles effectivement partager leurs savoirs et méthodes pour les résoudre ? Voilà des questions épistémologiques qui sont encore largement ouvertes, et auxquelles certains éléments de réponse me semblent pouvoir être trouvés, au moins sous forme d'exemples, dans l'étude de l'histoire des sciences problématisée autour de la question interdisciplinaire.

Les exemples de transferts de concepts et de solutions d'un champ de problèmes à un autre foisonnent en effet en histoire. Le recul chronologique permet qui plus est de juger de leurs échecs et de leurs succès. Enfin, l'analyse historique et épistémologique permet de comparer les justifications, méthodes et précautions qui ont été employées alors, et me semblent ainsi pouvoir fournir un matériau précieux, d'une part, pour évaluer la pertinence de l'hypothèse de fécondité de l'interdisciplinarité ; d'autre part, pour élaborer d'éventuelles méthodes vertueuses de transposition et d'hybridation des concepts, ou de détection rapide des transpositions abusives [7].

L'histoire des sciences regorge en outre d'exemples d'émergence de nouvelles sciences par fusion, hybridation ou articulation de sciences déjà existantes. Ce qui doit lui permettre, je crois, de nous renseigner, de la même manière que précédemment, sur la façon dont ces processus peuvent plus assurément parvenir à des succès qu'à des impasses.

C'est en ce sens que mon travail en histoire des sciences participe également à une réflexion de fond sur l'interdisciplinarité par un regard attentif à la naissance des concepts et solutions scientifiques au sein des œuvres historiques que j'étudie, par une enquête systématique sur la possibilité qu'ils ou elles aient pu être importés depuis d'autres disciplines, et par une reconstitution du chemin qu'ils auraient dès lors pu parcourir depuis celles-ci. Ce n'est là évidemment qu'un aspect de mon travail historique – comme en témoigne le contenu de mes publications – mais puisque cet aspect me semble revêtir une certaine originalité, c'est à travers celui-ci que je vais m'efforcer de présenter à présent les deux principaux projets de recherches que je mène actuellement en histoire des sciences.

2.1.2 Projets de recherche en Histoire des Sciences

Malgré – ou en raison de – la nécessité déjà évoquée en histoire des sciences d'être toujours attentif à l'entrelacs des connaissances scientifiques de la période étudiée, on ne peut raisonnablement prétendre je crois à une pratique experte de l'histoire de tous les champs de la science, ni même de toutes les périodes historiques d'une même science – ou, tout du moins, je ne saurais prétendre y parvenir un jour moi-même. Notamment du fait de l'expertise technique de la science étudiée que l'étude critique de son histoire me semble nécessiter, comme du fait de la très dense connaissance historique au sens large des périodes étudiées que l'enquête requiert. Aussi confesserai-je volontiers la focalisation de mon travail de recherche sur l'Histoire de la Physique et, avec plus d'acuité encore, sur l'Histoire de l'Optique. Ou, pour être plus précis sur l'Histoire des Théories de la Vision, de la Lumière et des Couleurs, puisque l'optique au sens de « science de la lumière en tant qu'objet physique » qu'on lui connaît aujourd'hui ne s'est instaurée qu'à partir du milieu du XIX^e siècle¹. L'étude de l'histoire des concepts et des problèmes qui y sont associés pour des périodes antérieures relève donc de découpages disciplinaires complexes et variables, s'affairant toujours néanmoins à se confronter, par des moyens et chemins divers, à l'explication des phénomènes de la Vision, de

¹ P. Duhem, « Les théories de l'optique », *La revue des deux mondes* 123(1), 1894, p. 94-125. T. S. Kuhn, « Tradition mathématique et tradition expérimentale dans le développement de la physique », *Annales. Economies, sociétés, civilisations* 5, 1975, p. 975-998.

la Lumière et de la Couleur. Plus spécifiquement enfin, mes études des Théories de la Vision, de la Lumière et des Couleurs atteignent certainement leur pertinence maximale lorsque je me concentre, premièrement, sur les théories dioptriques mécanistes et géométriques du XVII^e siècle en Europe (sur les travaux optiques de Kepler, Descartes, Hobbes, Fermat, Huygens, Newton notamment). Deuxièmement, sur l'évolution spécifique des théories vibratoires de Malebranche à Maxwell (en passant par Huygens, Euler ou Young). Troisièmement, sur les problèmes spécifiques à l'optique britannique du XVIII^e au début du XIX^e siècle.

Bien que ces domaines spécifiques de l'histoire des sciences aient déjà donné lieu à une quantité considérable de travaux remarquables¹, ceux-ci me semblent assurément laisser encore quelque place ici et là pour de nouvelles enquêtes originales, comme pour la synthèse de conclusions aujourd'hui dispersées. D'autant que le choix du champ spécifique de l'Histoire des Théories de la Vision, de la Lumière et de la Couleur, et plus spécifiquement de celles de ces théories élaborées du début du XVII^e au milieu du XIX^e siècle, relève surtout pour moi de quelques raisons qu'il me semble important d'explicitier ici.

D'abord, on l'a compris, l'optique est une science dont je maîtrise les techniques modernes, qu'elle soit géométrique, ondulatoire ou quantique. Au-delà de la trivialité de ce constat, je crois que l'histoire de l'optique m'attire d'abord pour la profondeur et l'ancienneté de son histoire : des sciences actuelles, seules les mathématiques et l'astronomie semblent pouvoir lui disputer une antériorité. Or, la possibilité d'envisager les évolutions d'une science sur d'aussi longues périodes, et les directions que lui ont imposées sa pratique dans de si nombreux contextes techniques et culturels, me semble une inestimable richesse et une source de renouvellement infinie pour son historien.

Par ailleurs, au fil de l'histoire l'optique a régulièrement été source de démultiplication des sens, par l'invention répétée d'instruments d'exploration et d'analyse de pans entiers de l'univers préalablement inaccessibles aux sens, et donc à l'intellect. Que l'on songe simplement à la chambre noire, au prisme, à la lunette d'observation, au microscope, au télescope, aux multiples techniques de spectroscopie, aux émetteurs et récepteurs radiofréquence, X, ou radars et à l'IRM. Il est certainement légitime de considérer que l'ensemble de ces instruments d'optiques sont, comme Canguilhem le disait du microscope, « plutôt le prolongement de l'intelligence que le prolongement de la vue »². Aussi, accompagnant les progrès des théories optiques, l'invention de ces outils techniques et leur emploi diversement problématisé ont-ils régulièrement redéployé le champ des phénomènes dont la discipline devait rendre compte, et même ouvert de nouveaux champs à d'autres disciplines telles que l'astronomie ou la biologie.

Plus spécifiquement, cette démultiplication répétée des sens – et plus particulièrement de la vision – qu'a produit l'optique me semble souligner à quel point l'histoire de cette discipline illustre profondément la question du rapport de l'humain au monde qui l'entoure, à ce qu'il en perçoit ou pas, et à ce qu'il en conçoit à partir de ces perceptions, à ce qu'il est mesure d'en connaître. Gérard Simon rappelait que « la vision a toujours servi, concurremment avec le toucher, de modèle métaphorique pour la connaissance théorique. Le “tu vois ?” ou le “tu

¹ Impossible de les citer tous, aussi m'autoriserai-je à ne citer qu'une monographie de synthèse majeure pour chacun de ces trois domaines et une seule tentative de synthèse de l'histoire de l'optique de l'Antiquité à nos jours : A. I. Sabra, *Theories of light. From Descartes to Newton*, 1981. André Chappert, *Histoire de l'optique ondulatoire de Fresnel à Maxwell*, Paris, Belin, 2007. G. N. Cantor, *Optics after Newton: Theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840*, 1983. Olivier Darrigol, *A History of Optics. From Greek Antiquity to the Nineteenth Century*, Oxford, Oxford University Press, 2012

² G. Canguilhem, « La théorie cellulaire », dans *La connaissance de la vie*, Paris, J. Vrin, 1971, p. 48.

saisis ?” est resté de manière immémoriale le garant existentiel qui fonde le partage avec autrui d’une même impression, celle de bien « comprendre » la même chose ensemble. [...] si l’on prend au sérieux cette fonction archétypale de la vision, on doit conclure que chaque grande mutation de l’optique a pu entraîner une transformation de la théorie de la connaissance. Et il convient d’entendre par là, non seulement l’idée qu’on s’est faite de l’établissement correct d’une vérité, mais plus profondément sans doute la manière dont on a pensé que les choses doivent se présenter à notre regard intérieur pour livrer immédiatement ou médiatement ce qu’elles sont. [...] en retour, la définition technique par l’optique de la vision fidèle ou trompeuse dépendait conceptuellement de l’idée générale qu’on se faisait du savoir ou du chemin qui y conduit ». ¹ L’histoire de l’optique et celle de la connaissance sont donc intimement entrelacées ; ce qui ajoute une saveur indéniable à son étude.

Dans une même veine, la question récurrente en histoire des sciences de la cécité apparente de certains savants à des problèmes ou solutions nous paraissant aujourd’hui évidents me semble d’autant plus riche à étudier en optique que ces problèmes et solutions se trouvaient littéralement *sous leurs yeux* : que l’on repense à la réflexion totale que Ptolémée ne semble pas en mesure d’observer², aux images qu’Ibn al-Haytham ne voit pas au fond de sa chambre noire³, à l’inattention de Descartes relativement à l’ouverture angulaire du faisceau jaillissant de son prisme⁴. L’histoire de l’optique me semble ainsi illustrer de la plus vive des façons ce constat – certes banal dans la vie courante, mais éclatant lorsqu’il jaillit dans l’entreprise scientifique – que pour plusieurs personnes spectatrices d’une même scène, d’un même phénomène, il y aurait des choses « observables » par certains, mais pas par d’autres. Non pas parce que des éléments de la scène seraient fondamentalement inaccessibles à leurs sens, mais parce que faute de pouvoir leur prêter attention, de pouvoir les imaginer, les concevoir, de pouvoir être surpris par eux ou de pouvoir envisager leur importance, ces personnes y seront en quelque sorte cognitivement insensibles : dès lors, ces éléments pourtant accessibles à leurs sens resteront littéralement inobservables. C’est, je le répète, un phénomène que l’on constate régulièrement dans la vie courante⁵. Toutefois, son occurrence dans l’entreprise scientifique, *a priori* plus attentive, plus méthodique et moins sujette aux biais observationnels et interprétatifs que toute autre – en particulier dans la science de l’optique, en charge précisément de développer un métadiscours sur ce que l’on voit – est d’autant plus saisissante. Si bien que l’analyse épistémologique des conditions d’occurrence de ce phénomène dans ce cadre si précis, si contraint et si régulé, me semble une opportunité d’esquisser des modèles de théories de la perception et de la connaissance susceptibles d’être ensuite mis à l’épreuve dans des cadres plus généraux. C’est pour toutes ces raisons que l’histoire de l’optique dessine un terrain que j’aime particulièrement à explorer pour la mise à l’épreuve de ces concepts épistémologiques de « postulat » et de « problème », dont j’ai déjà évoqué ma croyance en leur redoutable capacité à orienter notre regard sur le monde (2.1.1.1.3.2 et 3).

¹ G. Simon, « Le regard l’être et l’apparence dans l’optique de l’Antiquité », 1988, p. 17-18.

² G. Simon, *Le regard l’être et l’apparence dans l’optique de l’Antiquité*, 1988, p. 170-173.

³ H. Belting, *La double perspective. La science arabe et l’art de la Renaissance*, 2010.

⁴ R.S. Westfall, « The development of Newton’s Theory of Colour », 1962.

⁵ Je pense ici à l’expérience que l’on a tous vécu face à un prestidigitateur ; à cette sensation un beau jour de découvrir un nom ou un mot qui faisait pourtant partie de notre environnement quotidien, et que justement l’on entendra chaque jour à partir de ce moment-là ; au magnifique lapsus « je ne vois que c’que j’crois », profondément révélateur de la rigueur des « constats » dressés par le polémiste Éric Zemmour (« interview dans l’émission « Mission Convaincre » », *LCI La Chaîne Info*, 2 février 2022) et plus sérieusement mis à l’épreuve de la psychologie (C. Bechlivanidis et D. A. Lagnado, « Does the "Why" Tell Us the "When" ? », *Psychological Science*, 2013) ; enfin à la manière dont mon ami l’artiste-promeneur Hendrik Sturm nous sensibilisait merveilleusement par la marche à pieds à l’immense quantité d’éléments de notre environnement quotidien qui nous échappaient. H. Sturm, « Contribution de l’hodologie récréative à la perception des espaces », dans *Marcher en ville : faire corps, prendre corps, donner corps aux ambiances*, Grenoble, Éditions des archives contemporaines, 2010.

Enfin, conclurai-je, l'optique a entretenu un tel lacs d'interactions avec des disciplines ou sous-disciplines aussi variées que l'astronomie et les mathématiques, bien sûr, mais aussi donc la philosophie, la biologie, la psychologie, l'histoire de l'art, la musique ou encore la mécanique et la chimie au XVII^e et XVIII^e siècles, puis l'électromagnétisme et la physique quantique aux XIX^e et XX^e, que l'étude de son histoire est un plaisir sans cesse renouvelé pour ce qu'il se prête particulièrement bien, on l'a signalé, à la pratique comme à l'étude théorique de l'interdisciplinarité. Voyons d'ailleurs comment celle-ci s'incarne dans mes deux principaux projets de recherche actuels.

2.1.2.1 Traduction commentée des Travaux sur le Son, la Vision la Lumière et la Couleur de Thomas Young

Ayant décidé de focaliser ma recherche sur l'histoire des théories de la lumière, j'ai choisi de me concentrer en premier lieu sur l'étude d'un cas particulier ; à savoir, sur l'interprétation de la « Théorie de la Lumière et des Couleurs » de Thomas Young et des processus philosophiques et historiques sous-tendant son développement¹. Une telle stratégie m'a en effet semblé présenter l'avantage de pouvoir faire saillir – par une forme de micro-histoire que ne permet pas l'étude directe et panoramique des « épistémès » telle que la pratiquait Michel Foucault², et par l'examen des affects particuliers et de la démarche scientifique singulière d'un auteur – la manière dont celui-ci s'orientait au sein d'une plus vaste épistémè collective, mais résolument inhomogène. Ainsi, l'étude des structures de pensée d'un auteur spécifique et des hiérarchies singulières qu'il identifie au sein du régime de plausibilité de son époque m'a-t-elle semblé permettre, par contraste, de révéler et de donner sens à d'autres structures et hiérarchies possibles par rapport auxquelles il s'est positionné, et ainsi de mieux mettre en valeur les différentes nuances possibles s'entrecroisant à l'intérieur d'une même épistémè.

Incidentement, le choix d'étudier l'œuvre de Young me permettait également de croiser de manière évidente ces questions d'histoire des sciences et d'interdisciplinarité qui traversaient depuis longtemps ma recherche comme mon enseignement.

2.1.2.1.1 Une enquête historique et interdisciplinaire

On sait en effet que Young était un travailleur infatigable et un polymathe qui, parallèlement à sa carrière de médecin, était engagé jusqu'à la fin de sa vie dans des recherches extrêmement diversifiées. Sa maîtrise théorique de la philosophie naturelle³ et de la médecine de son époque en particulier sont indubitablement illustrées par les énormes recueils de synthèse qu'il a publiés sur ces deux sujets⁴. Mais le catalogue qu'il dresse lui-même de la centaine de travaux qu'il a publiés sous son nom⁵ – auquel il faut ajouter au moins les quelques soixante articles qu'il a

¹ T. Young, « The Bakerian Conference. On the Theory of Light and Colours », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 92, 1802, p. 12-48.

² M. Foucault, *Les Mots et les Choses. Une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.

³ La physique, comme discipline indépendante, ne se développe qu'à partir du début des années 1830 dans les îles britanniques. Elle est donc chez Young prise dans le vaste tissu de la recherche d'une explication globale et cohérente de l'ensemble des phénomènes naturels astronomiques, physiques, chimiques, biologiques, reposant fondamentalement sur l'idée d'une analogie de la Nature, que l'on qualifiait alors de « philosophie naturelle ». Iwan Rhys Morus, *When physics became king*, Chicago, University of Chicago Press, 2005.

⁴ T. Young, *A Course of Lectures in Natural Philosophy and Mechanical Arts*, vol. I et II, London, Savage, 1807. T. Young, *An Introduction to Medical Literature including a System of Practical Nosology*, London, Howlett, 1813.

⁵ Hudson Gurney, *Memoir of the life of Thomas Young, M.D., F.R.S. With a catalogue of his works and essays*, Cornhill, John & Arthur Arch, 1831, p. 49-62.

anonymement rédigés pour l'*Encyclopædia Britannica* – donne un aperçu plus envoi plus enivrant encore du spectre de ses travaux originaux en mathématiques, en ingénierie, en chimie, en entomologie, en astronomie, ou en langues anciennes ; incluant la production d'almanachs nautiques, de biographies de grands savants, de modèles démographiques relatifs au problème de l'assurances vie, ou les premières traductions fructueuses de l'écriture démotique et des hiéroglyphes égyptiens.¹

Or, bien loin du dilettantisme ou de la superficialité qui pourraient être la conséquence d'une telle diversité de sujets de recherche, sa méthode de travail semble prêter à ce que nous qualifierons plus loin de « pratique vertueuse de l'interdisciplinarité » (voir 2.2 et [8]). En effet, comme il le décrira lui-même dans son portrait autobiographique, Young « conserva longtemps des habitudes d'écolier, en menant de front plusieurs études et, pour ce faire, en ne réservant qu'une heure ou deux, de suite, à chacune d'entre elles. De plus, il jugeait ce changement d'activité profitable, parce qu'il permettait à l'esprit de transférer avec facilité son attention d'un sujet à un autre et d'acquérir ainsi de la souplesse dans l'exercice de ses facultés »². Ainsi c'est en parfaite connaissance de leurs résultats les plus récents, de leurs méthodes et de leurs postulats que Young pratiquait avec rigueur chacune des « études » sur lesquelles il exerçait successivement son esprit au cours de sa journée ; à la manière d'un « écolier » passant d'un cours disciplinaire à un autre. Exercice qui lui permettait toutefois, dit-il, d'employer ses facultés avec une plus grande « souplesse ». C'est-à-dire, oserais-je interpréter, avec une aisance particulière à envisager et à réaliser des figures originales qui ne sont pas les figures attendues de la discipline étudiée à l'instant, mais qui lui sont parfois inspirées et permises par la pratique approfondie d'autres disciplines.

Cette propension à « transférer [...] son attention d'un sujet à un autre » est d'ailleurs légitimée aux propres yeux de Young par la conviction d'ordre épistémologique que la « combinaison d'arguments expérimentaux et analogiques constitue la principale qualité de la philosophie moderne »³. Et même que « lorsqu'une analogie est suffisamment étroite, elle est un fondement des plus satisfaisants pour une inférence physique »⁴. On voit donc se dessiner chez lui une profonde confiance en la force non seulement heuristique, mais également explicative, de l'« analogie ». Une confiance qui favorisera indubitablement chez lui le transfert conscient et résolu de solutions et concepts développés pour l'étude d'une certaine classe de phénomènes vers d'autres.

Enfin, cette aptitude au transfert conceptuel qui constitue certainement l'un des intérêts majeurs – quand il sait se limiter à une ambition purement heuristique – de la démarche interdisciplinaire, sera chez lui d'autant plus spontanément mise en œuvre qu'elle concernera des classes de phénomènes que nous distinguons rigoureusement aujourd'hui, mais que Young pouvait alors considérer comme relevant d'une classe unique, ou de classes voisines : comme par exemple la mécanique des fluides (liquides ou gazeux), l'acoustique et l'optique (physique et physiologique)⁵.

¹ Alexander Wood, *Thomas Young Natural Philosopher*, Cambridge, Cambridge University Press, 1954. Andrew Robinson, *The Last Man Who Knew Everything*, Oxford, Oneworld Publications, 2006.

² André Chappert, « L'Autobiographical Sketch de Tomas Young. Traduction française », *Revue d'Histoire des Sciences* 34 (2), 1981, p. 147.

³ T. Young, *A Course of Lectures in Natural Philosophy and Mechanical Arts*, 1807, vol. I, p. 6.

⁴ T. Young, *A Reply to the Animadversions of the Edinburgh Reviewers*, London, Savage and Easingwood, 1804, p. 31.

⁵ Classes de phénomènes que Young réunit dans la même section intitulée « Hydrodynamique » de ses conférences de philosophie naturelle à la Royal Institution. T. Young, *A Course of Lectures in Natural Philosophy and Mechanical Arts*, 1807, vol. I, p. 257-484.

Plus spécifiquement, durant la courte période allant de janvier 1800 à novembre 1803 que j'ai décidé d'étudier, Thomas Young, qui n'a pas encore trente ans, produit successivement devant la Royal Society de Londres cinq textes concernant le son, la vision, la lumière et la couleur respectivement intitulés :

- « Contours d'Expériences et d'Investigations concernant le Son et la Lumière »¹,
- « La Conférence Bakerienne. Sur le Mécanisme de l'Œil »²,
- « La Conférence Bakerienne. Sur la Théorie de la Lumière et des Couleurs »³,
- « Un Compte rendu de Quelques Cas de Production de Couleurs, non Décrits Jusque là »⁴,
- « La Conférence Bakerienne. Expériences et Calculs relatifs à l'Optique physique »⁵.

Le texte central de cette série – la « Théorie de la Lumière et des Couleurs » – est à juste titre considéré, pour l'exceptionnelle densité de concepts et de résultats nouveaux dont il recèle, comme un texte clé de l'histoire de l'optique et comme la contribution majeure de Young au déploiement de ce que l'on nomme aujourd'hui optique physique, ou ondulatoire. Mais si l'on souhaite véritablement comprendre le contenu de cette « Théorie », sa structure, ses enjeux et la réception qui en a été faite, il est fondamental de l'envisager dans un contexte historique et épistémologique aussi fidèle que possible à celui dans lequel elle a été produite : le système des croyances partagées et des affrontements théoriques à une époque donnée étant seul à même de rendre compte du sens et de la cohérence des positions exprimées. Ce qui implique en premier lieu, comme j'essaie de le montrer, de saisir les liens intimes de ce texte aux autres écrits de Young de la même période, même lorsque ceux-ci traitent de sujets que nous jugerions distincts, comme la théorie du son ou l'anatomie de l'œil.

Voilà pourquoi j'ai choisi d'éditer une traduction française commentée de la « Théorie de la Lumière et des Couleurs » de Young, conjointement à celle de ses quatre autres textes publiés dans les *Philosophical Transactions de la Royal Society de Londres* entre 1800 et 1804 ; laquelle donne à présent corps au manuscrit inédit qui accompagne ma candidature à l'Habilitation à Diriger les Recherches [1]. D'autant que ces textes, exceptionnellement riches par eux-mêmes, s'avèrent regrouper – malgré le foisonnement de ses publications jusqu'à la fin de sa vie, en 1829 – l'essentiel des réflexions optiques de Thomas Young. Ainsi, en plus d'offrir un aperçu du panorama de ses travaux à une époque donnée, ce travail réunit-il la quasi-totalité de ses textes originaux publiés sur la question. Textes qui – du fait qu'ils semblent rétrospectivement relever de champs de recherches étroits et fermement constitués (l'acoustique, la mécanique des fluides, la physiologie ou l'optique) – ont jusque-là trop souvent été considérés séparément ; mais qui s'avèrent intrinsèquement liés par leur fond comme par leur méthode.

C'est ainsi que je me suis attaché non seulement à rendre leur sens à l'ensemble de ces textes, mais également à faire émerger de leur juxtaposition et de leur commentaire les solutions, concepts et tours de main développés par Young pour la résolution de certains problèmes, qu'il a ensuite importés à d'autres. En ce sens, je me suis attardé tout particulièrement sur sa manière

¹ T. Young, « Outlines of Experiments and Inquiries respecting Sound and Light », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 90, 1800, p. 106-150.

² T. Young, « The Bakerian Conference. On the Mechanism of the Eye », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 91, 1801, p. 23-88.

³ T. Young, « The Bakerian Conference. On the Theory of Light and Colours », 1802.

⁴ T. Young, « An account of some Cases of the production of Colours not hitherto described », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 92, 1802, p. 387-397.

⁵ Thomas Young, « The Bakerian Conference. Experiments and Calculations relative to Physical Optics », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 94, 1804, p. 1-16.

de façonner un modèle d'onde lumineuse par transposition, trait pour trait, des propriétés physiques des ondes sonores à la lumière¹. Sur sa façon de fonder une nouvelle discipline – l'optique physiologique – en important en médecine les méthodes d'administration de la preuve de l'optique géométrique². Sur son aptitude à transposer des solutions établies pour résoudre le problème spécifique de la réfraction atmosphérique, à la détermination de la focale du cristallin inhomogène ou du mécanisme d'inflexion de la lumière frôlant les corps opaques³. Ou encore sur sa capacité à poser le problème de la vision colorée, alors extérieur à toute discipline scientifique, et à le résoudre théoriquement par l'hypothèse pionnière des trois récepteurs rétiniens, qu'il forge par une combinaison originale de ses connaissances de l'optique physique, de l'anatomie de l'œil et de l'oreille, des techniques des teinturiers, de l'acoustique et de la mécanique des solides⁴.

Ici, le recul historique permet d'évaluer lesquelles de ces audaces interdisciplinaires lui auront permis des percées théoriques déterminantes, lesquelles l'auront durablement enfermé dans des impasses, lesquelles enfin – bien qu'ignorées de ses contemporains – seront reconnues comme des jalons déterminants par les générations suivantes. Or, bien que ce jugement normatif et rétrospectif sur la fécondité des analogies projetées par Young n'ait guère de pertinence du point de vue de l'historien⁵, il revêtira je crois un intérêt non nul pour ce qu'il permettra d'alimenter d'exemples historiques la réflexion philosophique actuelle sur les conditions de fécondité des pratiques interdisciplinaires [Z].

Enfin, le fait de se concentrer sur ces cinq textes, publiés sur une période très courte, m'offre la possibilité de suivre la progression d'une pensée fusant apparemment en toute direction, mais restant pourtant toujours cohérente et approfondissant inlassablement les solutions envisagées à une famille de problèmes considérés comme analogues. Ce travail focalisé me permet de souligner les points spécifiques sur lesquels cette pensée est en rapide évolution, comme autant de signes que ces écrits ne sont pas les conclusions lisses d'un projet de recherche abouti, mais les comptes rendus évolutifs et parfois contradictoires des progrès d'un scientifique à l'esprit en ébullition. Il a donc vocation à produire également un matériau historique supplémentaire auquel confronter les diverses théories philosophiques de l'invention et de la construction des théories scientifiques.

Ainsi ce travail caresse-t-il d'abord l'ambition historique de rendre leur sens et leur profondeur aux hypothèses, propositions, expériences et concepts optiques introduits spécifiquement dans sa « Théorie de la Lumière et des Couleurs » en se focalisant sur la juxtaposition, la traduction et le commentaire articulé de ces cinq textes présentés entre 1800 et 1803 à la Royal Society. Ce faisant, j'espère que cet éclairage singulier porté sur un membre particulier de la communauté scientifique britannique du début du XIX^e siècle mettra en relief certaines des dynamiques qui la traversaient. Enfin, ce travail me semble permettre de mieux saisir la façon dont certaines des étonnantes intuitions de Young – telles la loi des interférences ou la structure triple de la rétine – lui sont venues du croisement de problèmes identifiés comme distincts par ses prédécesseurs ou ses contemporains, et d'un transfert méthodique de solutions et de concepts entre ces différents champs de problèmes. L'intérêt et la difficulté de cette

¹ T. Young, « Outlines of Experiments and Inquiries respecting Sound and Light », 1800.

² T. Young, « The Bakerian Conference. On the Mechanism of the Eye », 1801.

³ T. Young, « The Bakerian Conference. On the Mechanism of the Eye », 1801. T. Young, « The Bakerian Conference. On the Theory of Light and Colours », 1802.

⁴ T. Young, « The Bakerian Conference. On the Theory of Light and Colours », 1802.

⁵ Puisque rétrospectivement fécondes ou non, ces analogies ayant toutes participé de son projet et lui ayant donné cette forme singulière qu'il s'agit de restituer, elles ont toutes été analysées avec la même attention et sans préjuger de leur descendance dans le cadre historique de notre étude.

dernière partie du projet consistant à déceler des proximités dans le vaste champ de problèmes défriché par l'auteur à une époque donnée, sans se laisser égarer par l'illusion que toute proximité apparente est nécessairement signifiante.

2.1.2.1.2 Un travail de traduction

Quant au travail de traduction qui structure également le manuscrit, j'ai d'abord décidé de le réaliser afin d'offrir à un large public de langue française – notamment constitué d'étudiants, d'enseignants et de chercheurs en sciences physiques – un accès facilité à une œuvre fondamentale de l'histoire des théories de la lumière. Mais j'avais conjointement pour objectif de mettre plus spécifiquement à disposition des historiens des sciences un texte fidèle à l'intention de son auteur et contextualisé dans son rapport aux conceptions du monde qui le portaient, aux sources auxquelles il a emprunté, aux exigences des lecteurs auxquels il savait s'adresser et à la manière dont la communauté scientifique du début du XIX^e siècle l'a diversement reçu et interprété. Pour cette raison, dans cette traduction j'ai délibérément fait le choix de rester extrêmement fidèle aux termes et formulations de l'auteur – au risque de l'avoir été excessivement. Un choix rendu tenable néanmoins, du moins je l'espère, par l'adjonction au texte traduit d'un glossaire proposant une reformulation moderne des termes homonymes ou ayant changé de sens (sinus, inflexion, force...), ainsi que des quelques archaïsmes pouvant rendre certains passages difficilement compréhensibles.

La traduction de l'anglais vers le français s'est donc prudemment gardée de se redoubler d'une transposition du texte dans une terminologie modernisée : dans la traduction proposée, comme dans son commentaire, il s'est agi d'utiliser les mots propres de Young pour expliquer le sens des concepts qu'il manipule. Si bien que lorsqu'un terme actuellement associé aux mêmes phénomènes traités par Young a été employé, il l'a seulement été pour souligner les différences de sens respectifs de ces deux termes, au moyen de leur mise en contraste. Au point que même les annexes du texte, auxquelles a été renvoyé le traitement plus technique des parties mathématisées de son travail, s'efforcent de proposer cette explicitation dans le formalisme mathématique que l'auteur employait.

Ces choix se sont vus particulièrement justifiés par la présence dans le texte de concepts tout juste naissants – dont ceux de longueur d'onde ou de diffraction – dont la dynamique de construction ne semble pouvoir être rendue que par la préservation fidèle de la diversité des termes originaux successivement employés par l'auteur. Il m'a d'ailleurs semblé rejoindre ici la recommandation de Canguilhem de ne pas tant rechercher dans l'histoire des ruptures uniques, géniales, à la façon de Kuhn par exemple, mais de « savoir déceler, dans l'œuvre d'un même personnage historique, des ruptures successives ou des ruptures partielles », en particulier en ces périodes de l'histoire des sciences où les progrès ne semblent rétrospectivement lents et progressifs¹.

Enfin, dans le but d'aider le lecteur de suivre pas à pas la pensée de Young – exercice qui n'est pas tant complexifié par l'aspect allusif souvent reproché à ses textes, que par la sensation abusive de proximité que nous pourrions développer à l'égard de ses propositions, auxquelles sa réputation de génie précurseur et incompris pousse certains à attribuer une modernité exagérée – je me suis efforcé de l'éclaircir ou de la préciser au moyen de notes aussi condensées que possible. Elles sont encore trop nombreuses et trop longues à mon goût, ralentissant forcément le rythme de la lecture. Ma seule excuse – qui est la raison même du travail entrepris

¹ G. Canguilhem, *Idéologie et Rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, 1977, p. 25.

– est la double contrainte consistant à proposer simultanément un texte aussi accessible, mais également aussi fidèle aux intentions de son auteur, que possible. Contrainte imposée par la volonté farouche de m’atteler à ce travail rigoureux de traduction linguistique et conceptuelle des théories du passé à l’attention de mes contemporains, qui me semble l’une des missions essentielles de l’historien des sciences soucieux de vivifier la pratique des sciences de son époque. Mais je n’en dirai pas plus sur ce travail qu’illustrera je crois plus précisément la lecture du manuscrit inédit joint à ce rapport [1].

2.1.2.1.3 Dette intellectuelle

Aussi, pour conclure sur un tout autre registre, si dans mon approche générale de l’histoire des sciences j’ai notamment reconnu ma dette indéniable mais exclusivement théorique à Gérard Simon, il est légitime que dans mon approche particulière de l’histoire de la théorie optique de Young, et tout particulièrement du contexte scientifique, social et philosophique dans lequel elles s’est développée, je reconnaisse ici ma dette non seulement théorique mais aussi concrète à Geoffrey N. Cantor et à son admirable travail sur l’histoire de l’optique britannique aux XVIII^e et XIX^e siècle¹. Bien que datant de quatre à cinq décennies déjà, et bien que Cantor ait depuis longtemps changé de sujets de recherche, ses travaux sur l’*Optique après Newton*, tant par leur précision que par leur clarté, par leur largeur d’esprit, par leur finesse et par leur érudition me semblent en effet encore inégalés à ce jour. Cantor, bien que physicien de formation, a pour sa part parfaitement su gérer sa conversion et ne jamais tomber ni dans le piège de l’histoire rétrospective et hagiographique des prédécesseurs, ni dans la superficialité ou la simplification qui guette tout exposé historique synthétique couvrant une longue période. Son recul par rapport aux personnages dont il reconstruit l’histoire lui permettant une liberté dans la formulation des hypothèses tout à fait remarquable et réjouissante².

Ainsi, non seulement ses textes ont-ils significativement alimenté mes propres travaux sur Young, mais je goûte encore aujourd’hui ma chance d’avoir pu interagir avec lui à l’occasion de ma réinterprétation du problème de l’abandon par Thomas Young de son hypothèse du gradient d’éther à la surface des corps, que Cantor avait posé lui-même, et semble-t-il résolu, il y a cinquante ans déjà³. Cet échange, d’abord épistolaire, m’a d’abord permis d’admirer la chaleur et l’ouverture d’esprit avec lesquelles il a immédiatement accueilli ma propre résolution de ce problème, que je lui soumettais en privé et qui contredisait pourtant la sienne. Puis avec lesquelles il me suggéra non seulement quelques pistes d’approfondissement de mes propres thèses, mais aussi la consultation de certaines archives précises situées à Londres, où il réside. Pour enfin me fournir une lettre d’invitation à venir l’y rencontrer, qui m’a récemment permis de justifier une mission d’une quinzaine jours pour la collecte de documents précieux situés dans les archives de quatre institutions londoniennes⁴ et de discuter avec lui de vive voix des

¹ Le plus remarquable ouvrage de synthèse sur l’histoire de l’optique qui m’ait été donné de lire à ce jour reste G.N. Cantor, *Optics after Newton: Theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840*, 1983. Et parmi les articles les plus instructifs sur Young et sur la communauté scientifique dans laquelle il évoluait siègent : G.N. Cantor, « Thomas Young’s lectures at the Royal Institution », *Notes and Records of the Royal Society of London* 25(1), 1970, p. 87-112. G.N. Cantor, « The changing role of Young’s ether », *The British Journal for the History of Science* 5(1), 1970, p. 44-62. G.N. Cantor, « Henry Brougham and the Scottish methodological tradition », 1971. G.N. Cantor, « Was Thomas Young a wave theorist? », *American Journal of Physics* 52(4), 1984, p. 305-308.

² Voir la manière dont il aborde la querelle Young-Brougham dans G.N. Cantor, « Henry Brougham and the Scottish methodological tradition », 1971.

³ G.N. Cantor, « The changing role of Young’s ether », 1970.

⁴ A savoir la Royal Society de Londres, la Royal Astronomical Society, la Royal Institution, et les collections spéciales de University College London, où repose la plus extensive collection de notes manuscrites de Young.

découvertes que j’y ai faites. Travail d’archives qui m’a permis d’améliorer considérablement la version du texte que je lui avais initialement soumise, avant de la soumettre à publication [2].

Enfin, quoi que s’étant retiré de la recherche depuis quelques années, Cantor continue de consacrer une partie conséquente de son temps à l’accompagnement d’étudiants de thèse qui ne sont pas les siens, au sein d’une structure de suivi de doctorants en situation de handicap. Il s’efforce par ailleurs d’attirer l’attention sur le souci de la santé mentale d’étudiants en thèse dont il souligne notamment l’isolement, la découverte de la contrainte contradictoire d’un travail de recherche ouvert par nature et pourtant strictement limité en temps, ou l’anxiété considérable à laquelle peuvent les exposer des rapports difficiles, souvent chargés d’implicites, avec leurs directeurs de thèse¹. Autant de questions auxquelles je suis aujourd’hui d’autant plus sensible que j’y ai moi-même été confronté et au sujet desquelles j’ai la ferme intention d’être particulièrement vigilant quand l’opportunité d’encadrer des thèses me sera donnée.

2.1.2.2 *La chimie dans la Question XXXI de l’Opticks de Newton*

Ce second projet de recherche, mené à deux depuis que nous l’avons initié en 2021 avec Florence Boulc’h (chimiste, MADIREL, AMU), a pour objectif principal de raviver l’attention déjà plusieurs fois été portée sur la troublante Question finale de l’*Opticks* de Newton, en se penchant de façon aussi scrupuleuse que possible sur les quelques quarante-huit expériences de chimie² qui y sont décrites. L’analyse de leur contenu et de leur organisation semblant notamment trahir une étonnante proximité entre les îlots d’expériences regroupées par Newton et certains des domaines majeurs de la chimie moderne, malgré des postulats, des méthodes et des problèmes à résoudre bien différents. Ce projet de recherche assume donc d’abord l’ambition naïvement « chimique » de traduire, ou plutôt de transposer en termes modernes, ces expériences décrites par Newton de manière souvent sommaire et dans un formalisme aujourd’hui caduc. Ceci non pas pour attribuer à Newton des inventions qui ne sont pas les siennes, mais pour rendre plus accessible la teneur chimique du travail qu’il décrit.

2.1.2.2.1 Un travail de transposition

Ce faisant, il est donc important pour nous de ne pas surinterpréter le résultat de cette première transposition, qui n’est pas traduction, ni interprétation, pour ce qu’elle ne prétend pas projeter d’effet de sens. Lorsque Newton écrit « the salt of tartar runs *per deliquium* » – processus que nous traduisons premièrement dans la terminologie moderne par celui d’adsorption de l’eau par le carbonate de potassium K_2CO_3 – il faut en effet garder à l’esprit que Newton n’a aucune idée de l’existence de concepts tels que celui d’« élément », ou de « molécule », au sens où nous les entendons. Il travaille directement sur cette entité particulière qu’il appelle « sel de tartre », avec toute la charge émotionnelle et conceptuelle qu’elle charrie pour lui. Ainsi, la transposition à laquelle nous procédons en premier lieu est-elle d’abord un frêle support pour le lecteur du XXI^e siècle qui, pour une raison quelconque, voudrait reproduire les expériences de Newton, ou avoir une vision plus claire des expériences sur la transformation de la matière qu’il a réalisées, des composés chimiques qu’il manipulait et des phénomènes auxquels il était probablement confronté à la suite de ses manipulations. Il ne s’agit pas d’un accès direct au projet réel de Newton, à ses hypothèses, à ses interprétations ou même à ses

¹ G.N. Cantor, « The loneliness of the long-distance (PhD) researcher », *Psychodynamic Practice* 26(1), 2020, p. 56-67 ; « Are students emotionally prepared to embark on their PhDs », *Times Higher Education*, August 26, 2018 ; « Supervisors can do a lot more to support PhD students », *Times Higher Education*, August 25, 2016.

² En référence au terme anglais « chymistry », justifié notamment par les travaux de William R. Newman, *Newton the Alchemist. Science, enigma, and the quest for Nature’s “secret fire”*, Princeton University Press, 2019.

observations relativement aux transformations de la matière, car nous savons combien celles-ci sont plus profondément enracinées dans la structuration cohérente d'éléments culturels, scientifiques et psychologiques contextuels que dans l'évaluation de simples « faits ».

2.1.2.2.2 Un travail expérimental en laboratoire de chimie

Il est par ailleurs utile de noter que ce travail philologique de traduction présente une importante dimension expérimentale, et qu'il se déroule donc pour sa majeure partie en laboratoire de chimie. Le texte original, étant donnée son extrême synthèse et la distance conceptuelle qui nous en sépare, ne permet en effet pas à lui seul de saisir la nature exacte des travaux chimiques décrits par Newton ; pas même en prenant appui sur les quelques manuscrits chimiques qu'il a par ailleurs laissés¹, sur les analyses historiographiques qui en ont déjà été produites², ou sur les manuscrits dont on sait qu'ils l'ont inspiré³. Aussi nous trouvons-nous contraints de produire à notre tour les expériences réalisées par Newton si nous souhaitons véritablement pouvoir comprendre ce qu'il en retranscrit.

En particulier, les résultats d'une expérience de chimie dépendent si considérablement des quantités relatives de réactifs en présence – assertion presque trop évidente aujourd'hui, mais très périphérique aux préoccupations de Newton – qu'il nous est nécessaire de reproduire ces expériences avec différentes quantités relatives de réactifs pour pouvoir retrouver les conditions précises pouvant possiblement mener aux descriptions newtoniennes et exclure celles qui ne le peuvent pas. Ce même lorsque l'on pourrait penser que la théorie chimique devrait suffire à la prédiction totale et parfaite du résultat d'une réaction, tant la cinétique de ces réactions est souvent imprévisible et peut évoluer au cours du processus : un problème qui est rendu particulièrement clair lorsque le produit théoriquement attendu émerge au bout de plusieurs heures, ou que des produits intermédiaires émergent beaucoup plus rapidement que le produit final pour disparaître ensuite très lentement. Ainsi, ce projet a-t-il tout de même l'ambition historique – mais dans un second temps seulement, et progressivement – d'éclairer par la pratique le véritable sens original de certains passages de ce texte complexe.

2.1.2.2.3 Un travail interdisciplinaire

A ce stade, il me semble essentiel de souligner combien la collaboration interdisciplinaire est nécessaire à la menée de ce projet. Tant du point de vue des « observables » que des instruments de mesure, les éléments de diagnostics disponibles à Newton sont en effet si différents des nôtres qu'une telle étude ne pourrait être menée par un chimiste seul, qui aurait certainement le plus grand mal à renoncer aux fondements les plus précieux de sa discipline. Néanmoins ce chimiste pourra-t-il d'abord mettre toute sa technicité et son habileté expérimentale, ainsi que tout le matériel chimique dont il dispose, au profit du projet. L'historien, s'il serait incapable de reproduire ces expériences seul – ne serait-ce que faute d'accès aux réactifs, à la verrerie ou à des locaux adéquats – mettra quant à lui à profit sa connaissance du contexte historique et épistémologique original, aussi bien que son habileté à prendre du recul par rapport aux savoirs scientifiques anciens – dont il est formé à déceler les postulats et méthodes implicites – pour aider le chimiste à désapprendre lentement ses propres habiletés. Ou plutôt, l'historien pourra-t-il aider le chimiste à ne plus les appliquer par automatisme, mais de manière consciente, en abandonnant celles qui ne pouvaient être à

¹ Voir « Chymistry of Isaac Newton Project » : <https://newton.dlib.indiana.edu/>

² Par exemple Betty J. T. Dobbs, *The Foundations of Newton's Alchemy, or, "The Hunting of the Greene Lyon"*, Cambridge University press, 1975.

³ W. R. Newman, *Newton the Alchemist. Science, enigma, and the quest for Nature's "secret fire"*, 2019.

disposition de l'expérimentateur qu'était Newton, voire en proposant d'appliquer des techniques aujourd'hui inusitées, mais dont on sait – où l'on pourrait supposer – qu'elles étaient en usage à l'époque.

Le tout visant à développer, ou plutôt à retrouver, une pratique chimique aujourd'hui oubliée, à redécouvrir en somme le geste original opéré par Newton afin de mieux comprendre les structures de pensée dans lesquelles ce geste s'inscrit¹. Peut-être même à renouveler ou à vivifier la pratique chimique actuelle par une meilleure prise de conscience de ses postulats et méthodes parfois oubliés et révélés ici par effet de contraste avec leur absence dans la chimie ancienne. Voire à remettre à disposition de la chimie moderne certains des savoir-faire retrouvés de cette chimie ancienne.

A terme, nous espérons ainsi que du point de vue historique ce travail saura ouvrir une forme de voie indirecte complémentaire à celles, plus théoriques, déjà empruntées vers le cœur de la théorie de la matière de Newton². Qu'il produira des effets qui nous permettront d'interpréter mieux encore ses textes chimiques, en révélant notamment, parmi la longue liste de paramètres et de phénomènes que la chimie moderne nous montrera que Newton aurait pu choisir de faire varier, d'explorer, de mesurer ou simplement de notifier, ceux sur lesquels il s'est effectivement concentré, au détriment d'autres. Le contraste entre ce qui était accessible à ses sens et ce qu'il a pu – ou choisi – de percevoir, pouvant s'avérer un puissant révélateur de ce qu'il cherchait précisément.

2.1.2.2.4 Un travail de didactique

Enfin, ce projet revêt encore une dimension « didactique », puisqu'il a également pour ambition de faire émerger de la Question XXXI de l'*Opticks*, un ou plusieurs protocoles expérimentaux analogues à ceux proposés dans l'enseignement de la chimie en licence. Par exemple, l'observation que « la calamine précipite une dissolution de fer par l'acide nitreux ; que le fer précipite une dissolution de cuivre ; que le cuivre précipite une dissolution d'argent, ou que le fer, le cuivre, l'étain, le plomb, précipitent une dissolution de mercure »³, pouvant illustrer les notions modernes d'affinité, ou d'échelle de potentiels. Il s'agirait alors de mettre en perspective la place de la théorie newtonienne au sein de l'histoire de la chimie⁴, afin d'illustrer l'importance de postulats, de méthodes, ou de certains concepts souvent implicites mais fondamentaux de la chimie moderne (tels que le symbolisme chimique, la pesée des réactifs, ou le concept même d'élément), par contraste avec l'effet que produit leur absence manifeste dans les travaux de Newton⁵.

¹ Hjalmar Fors, Lawrence M. Principe et H. Otto Sibum, « From the Library to the Laboratory and Back: Experiment as a Tool for Historians of Science », *Ambix* 63/2, 2006, p. 85-97.

² Arnold Thackray, *Atoms and Powers, An Essay on Newtonian Matter-Theory and the Development of Chemistry*, Harvard University Press, 1970. B. J. T. Dobbs, « Newton's Alchemy and His Theory of Matter », *Isis* 73(4), 1982, 511-528.

³ Isaac Newton, *Opticks*, 1730. Traduction J.-P. Marat, 1787, vol. 2, p. 245.

⁴ B. Bensaude-Vincent et I. Stengers, *Histoire de la Chimie*, Paris, La Découverte, 1992, p. 66-71.

⁵ Dans une même veine que certains travaux de H. Chang, tel « How Historical Experiments can Improve Scientific Knowledge and Science Education: The Cases of Boiling Water and Electrochemistry », *Science & Education* 20, 2011, p.317-4. Ou H. Chang « Practicing Eighteenth-Century Science Today », dans *Nature Engaged: Science in Practice from the Renaissance to the Present*, M. Biagioli et J. Riskin (éds.), Palgrave Macmillan, 2012, p. 41-58.

2.1.3 Résumés du Manuscrit inédit et Articles en Histoire des Sciences

2.1.3.1 Manuscrit Inédit

O. Morizot, *Thomas Young. Travaux sur le Son, la Vision, la Lumière et la Couleur (1800-1803)*, Manuscrit inédit, pour l'Habilitation à Diriger les Recherches.

« La Théorie de la Lumière et des Couleurs » publiée en 1802 par Thomas Young est un texte d'une exceptionnelle densité en termes de concepts et de résultats nouveaux, parmi lesquels on pourra signaler l'hypothèse visionnaire de la structure triple des photorécepteurs de la rétine humaine justifiant des sensations colorées, bien sûr, mais aussi la loi des interférences lumineuses, dont Young déduira ici même la justification ondulatoire de la couleur des lames minces, la toute première série de mesures des longueurs d'onde de la lumière – concept qu'il introduit à cette occasion –, ou la première expérience de diffraction de la lumière par un réseau, lui permettant d'anticiper sur l'origine structurelle des couleurs de certains insectes et papillons. Toutefois, si l'on souhaite véritablement comprendre le contenu de cette théorie de la lumière, sa structure, ses enjeux et la réception qui en a été faite, il est fondamental de l'envisager dans un contexte historique et épistémologique aussi fidèle que possible à celui dans lequel elle a été produite. Ce qui implique, on le montrera, de saisir les liens intimes de ce texte aux autres écrits de Young de la même période ; même lorsque ceux-ci traitent de sujets que nous jugerions distincts, comme la théorie du son ou l'anatomie de l'œil. C'est pourquoi, ce recueil propose la première traduction commentée et la mise en relation des cinq textes présentés successivement par Thomas Young devant la Royal Society de Londres sur la courte période allant de janvier 1800 à novembre 1803. Cinq textes concernant le son, la vision, la lumière et la couleur, qui synthétisent de fait la quasi-totalité des travaux de recherche de l'auteur, liés de près ou de loin à ces sujets.

2.1.3.2 Articles

O. Morizot, « David Brewster's and William Herschel's experiments on inflection that delivered the coup de grâce to Thomas Young's ether distribution hypothesis », *Annals of Science*, 2023.

Dans sa « Théorie de la lumière et des couleurs » présentée à la Royal Society en novembre 1801, Young défend une explication mécanique des franges colorées observées en-dehors de l'ombre d'un objet opaque – les « couleurs par inflexion » – reposant sur l'hypothèse d'un gradient de densité de l'éther entourant les corps matériels. Il rejette cependant cette hypothèse publiquement deux ans plus tard, sans fournir de détails sur les raisons de cet abandon. Bien que Geoffrey Cantor ait démontré depuis longtemps le rôle crucial des arguments mécaniques et astronomiques dans l'explication du retrait de cette hypothèse fondamentale, le but de cet article est d'attirer l'attention sur une série d'expériences réalisées par David Brewster sur l'inflexion de la lumière, décrites dans une lettre qu'il a adressée à la Royal Society en janvier 1802, mais qui sont restées entre les mains de William Herschel et n'ont jamais atteint leur destination initiale. L'hypothèse évaluée au fil de cette enquête historique étant que Young a fini par être informé de ces expériences inédites de Brewster par l'intermédiaire de William Herschel, et qu'elles ont ainsi joué un rôle déterminant dans le rejet de sa propre hypothèse de distribution de l'éther. Une hypothèse mise à l'épreuve par l'analyse d'éléments non publiés de leurs théories respectives de l'inflexion de la lumière, ainsi que des traces de leurs rencontres et de leur correspondance conservées dans les

archives de la Royal Society, de la Royal Astronomical Society et de University College, à Londres.

O. Morizot, « La “Démonstration expérimentale de la loi générale d’interférence de la lumière” selon Thomas Young ». Soumis à *Reflets de la Physique*.

Constatant les difficultés de sa « Théorie de la Lumière et des Couleurs » à convaincre ses contemporains, Young présentera deux ans plus tard exactement une « démonstration expérimentale de <sa> loi générale des interférences lumineuses », visant à convaincre d’abord de la validité de cette loi, avant de contraindre ses opposants à abandonner toute théorie incapable d’en rendre compte. L’expérience étant aujourd’hui sensiblement tombée dans l’oubli pour la communauté scientifique, cet article a pour ambition, en la commémorant, d’ouvrir un espace de réflexion à l’attention du lectorat physicien sur la nature du pouvoir démonstratif de l’expérience en physique, en insistant particulièrement sur l’importance du pouvoir monstratif de celle-ci.

O. Morizot, « Trois fois la loi de la réfraction, selon Thomas Young. Sa démonstration, ses scholies, ses corollaires ». Soumis à *Archives Internationales d’Histoire des Sciences*.

Dans la série de trois articles qu’il publie successivement en 1800, 1801 et 1802 dans les *Philosophical Transactions* de la Royal Society – le premier sur une théorie du son, le second sur une théorie de l’œil, le troisième sur la théorie de la lumière et des couleurs – Young mentionne systématiquement la loi de la réfraction, chaque fois sous une forme suffisamment différente. Ici, ces différences nous semblent d’autant plus significatives et intéressantes à examiner que sa troisième version de cette loi débouche sur deux corollaires particulièrement sibyllins. Cet article réunit donc ces trois versions de la loi de la réfraction selon Young, afin de rendre compte de la démonstration qu’il donne de cette loi. Puis, de retrouver par leur mise en contraste les raisons justifiant de l’évolution de son texte, avant de restaurer enfin le sens qu’il attribuait aux corollaires découlant de sa dernière version.

O. Morizot, « De l’impossibilité de l’expérience cruciale en physique : synthèse historique soutenant la critique par Duhem des conséquences de la mesure de la vitesse de la lumière dans l’eau », *Archives Internationales d’Histoire des Sciences* 72/2, 2023.

En 1850, Foucault démontre expérimentalement que la vitesse de la lumière dans l’air est supérieure à sa vitesse dans l’eau, et « déclare le système de l’émission incompatible avec la réalité des faits » – étant entendu que les théories optiques ondulatoires et corpusculaires encore en compétition alors prédisaient des résultats inverses à une telle mesure. Pourtant, dans sa *Théorie Physique*, Duhem s’empare de cet exemple pour illustrer sa démonstration épistémologique de l’impossibilité de l’*experimentum crucis* en physique. Ainsi, la modeste ambition de cet article est-elle d’augmenter la démonstration de Duhem de preuves historiques relatives au rapport des vitesses de la lumière dans l’air et dans l’eau. J’y passe alors en revue les quatre opinions majeures relativement à la nature de la lumière envisagées de 1637 à 1801, menant chacune à des théories concluant que le rapport des sinus est constant et égal au rapport des vitesses dans les deux milieux. J’y montre ensuite que chacune de ces natures attribuées à la lumière a donné lieu à l’émergence d’au moins deux théories d’auteurs majeurs prédisant des rapports de vitesses inverses – donc des résultats opposés à une éventuelle expérience de Foucault. La convergence des indices historiques confirme ainsi que la nature de la lumière n’est en rien contrainte par la mesure de sa vitesse dans l’eau.

B. Morizot et O. Morizot, « Faire des liens, mais lesquels ? Pour une théorie pratique de l'analogie », dans *Sciences et humanités : décloisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 243-264.

Le propre d'une approche interdisciplinaire, en recherche comme en enseignement, consiste à faire des liens. Or, on pourrait résumer l'enjeu de cette injonction par la double contrainte suivante : si l'exercice consiste à faire des liens originaux et audacieux entre disciplines, il s'agit aussi de faire des liens qui soient pertinents. Mais comment peut-on évaluer la pertinence de certains liens et comment exclure ou limiter les liens non pertinents, arbitraires, superficiels ? Ce problème nous a semblé impliquer la nécessité d'une enquête méthodologique portant sur l'« analogie » – comme concept emprunté aux théories de la connaissance par lequel nous traduisons techniquement ce terme de « lien » – dont nous analysons ici plusieurs formes historiques dans les sciences, par une lecture de travaux de Kepler, Descartes, Young et Darwin notamment. L'enquête vise ensuite – en s'inspirant de travaux de Gilbert Simondon – à l'élaboration d'une forme de boussole, susceptible de permettre à celui ou celle qui pratique l'analogie de ne pas perdre le Nord.

2.2 Interdisciplinarité et enseignement

L'interdisciplinarité s'est imposée à moi dans ma pratique de l'enseignement, et pose des problèmes auquel j'ai cherché des solutions par ma pratique de l'enseignement, bien avant de chercher leurs racines et les moyens de les aborder par l'histoire des sciences. C'est pourquoi j'aimerais adresser les liens que j'ai progressivement élaborés au fil de ces quinze dernières années entre interdisciplinarité et enseignement d'abord par une description de mes premières rencontres avec ce problème au sein d'une formation universitaire à vocation interdisciplinaire (2.2.1). J'y décrirai ainsi la manière dont les expériences que j'y ai vécues (2.2.1.1) m'ont progressivement poussé à chercher des justifications épistémologiques de l'interdisciplinarité qui ont débouché sur un modèle d'enseignement interdisciplinaire articulant entre eux des enseignements disciplinaires distincts et rigoureusement situés, augmentés d'exemples pratiques et théoriques de croisements disciplinaires fructueux (2.2.1.2). Puis, je présenterai les moyens que je me suis justement donné pour concrétiser ce modèle, en combinant une théorie pratique du lien interdisciplinaire (2.2.1.3) à un dialogue entre enseignants disciplinaires susceptible d'aider à mieux situer leurs disciplines, ainsi que leurs articulations possibles avec d'autres (2.2.1.4). Alors, je me permettrai de présenter un résumé succinct de ces enseignements à vocation interdisciplinaires que j'ai moi-même développés au fil de ces années (2.2.2) en tant qu'ils auront servi de terrain pour une forme de recherche-action au long cours sur l'enseignement interdisciplinaire, dont je tâcherai enfin de rendre compte des principales conclusions (2.2.3).

2.2.1 Pourquoi l'interdisciplinarité ?

J'ai déjà évoqué la manière dont l'interdisciplinarité est venue à moi par l'intermédiaire de l'enseignement, à l'occasion de ma participation, dès 2010, à la création de la licence interdisciplinaire Sciences & Humanités (1.3.2). Porté par un enthousiasme collectif, vivifié par le plaisir de travailler collectivement à la construction de toute pièce d'un projet inédit et porteur de sens didactique et politique, bouleversé chaque fois qu'un collègue d'une autre discipline présentait une manière qui m'était inconnue de construire un problème ou de mobiliser un concept qui me semblait jusque-là l'apanage de ma seule discipline, j'ai rapidement participé à hisser sur notre projet de formation le drapeau de l'inter-, ou de la transdisciplinarité. Sans avoir trop longuement réfléchi aux fondements de ces concepts, à vrai dire, et plus comme un moyen de justifier une envie de travailler tous ensemble, entre collègues de différentes disciplines qui commençaient à s'apprécier et à se piquer de curiosité pour les travaux les uns et des autres, que comme une véritable fin.

2.2.1.1 Une approche empiriste de l'interdisciplinarité

Aussi, malgré mes lectures de quelques travaux d'Edgar Morin ou de Jean Piaget¹ – qui ne m'avaient d'ailleurs pas nécessairement convaincus et dont nous discutons rarement collectivement – ai-je pratiqué avec certains collègues pendant plusieurs années une forme de trans- ou d'interdisciplinarité multiforme, que je qualifierais même volontiers de « sauvage ». Au sens où aucune règle ne lui semblait véritablement associée. En un sens pourrais-je ainsi qualifier notre méthode de purement et naïvement empiriste : on s'autorisait à essayer tout et à peu près n'importe quoi, la plupart du temps sans hypothèse rectrice explicite, s'efforçant tout

¹ E. Morin, « Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur », Paris, Seuil, 2000. E. Morin, *La Méthode*, 6 volumes, Paris, Seuil, 2008. J. Piaget, « Classification disciplinaire et annexion interdisciplinaire », 1964. J. Piaget, « Classification des disciplines et connexions interdisciplinaires », dans J. Piaget (dir.), *Psychologie et épistémologie. Pour une théorie de la connaissance*, Paris, Gonthier, 1970, p. 149-187.

juste de tirer à chaque fin de semestre les bilans de nos pratiques, conjointement avec les collègues et les étudiants, selon des critères souvent vagues¹. Puis, à ajuster plus ou moins radicalement nos enseignements chaque année en fonction de ces bilans, souvent encore en tâtonnant, ou en appliquant des principes souvent implicites qui n'étaient pas nécessairement les mêmes d'un enseignement à l'autre. C'est en tout cas le souvenir que je garde de cette période, que je qualifierais néanmoins sans hésiter d'extrêmement joyeuse et créative et dont j'estime que certains enseignements de grande qualité, formateurs et mobilisant fructueusement l'interdisciplinarité ont effectivement émergés. Parfois.

Je me commençais cependant à me sentir progressivement mal à l'aise dans ce contexte, dans lequel je perdais parfois l'espoir de voir émerger une méthode cohérente permettant d'identifier nos véritables succès et échecs et, fort de notre expérience dûment valorisée par une analyse conceptualisée et collective, d'en tirer les conséquences susceptibles à l'avenir de multiplier les uns et d'atténuer les autres. Ce d'autant plus que je prenais la responsabilité de la formation en 2015, qu'il me semblait que nous avions alors accumulé suffisamment d'expériences pour en tirer de premières conséquences méthodologiques fortes, et que j'espérais voir celles-ci à même de nous guider dans la rédaction de la nouvelle maquette de la formation que nous devons élaborer collectivement pour que je puisse la déposer à la fin de mon mandat, à la rentrée 2018. C'est dans ce cadre donc – à la fois nourri de ces multiples expériences et orienté par cet objectif – que je me plongeai plus sérieusement dans une forme d'enquête épistémologique sur l'interdisciplinarité. Celle-ci ayant pris diverses formes, je m'efforcerai d'en résumer les trois principales ici.

2.2.1.2 Justifications théoriques de l'interdisciplinarité

2.2.1.2.1 Définir l'interdisciplinarité

Malgré une facilité évidente à l'opposer à la disciplinarité (comme pratique ou enseignement d'une seule discipline), ou à la pluridisciplinarité (comme pure et stricte juxtaposition de pratiques ou d'enseignements disciplinaires, sans aucun lien entre eux), l'appréhension de l'interdisciplinarité est complexifiée par la multiplicité aussi bien des définitions qui en sont proposées et que des cas pratiques qu'elle semble recouvrir². Dans son ouvrage de référence sur la question, Julie Thompson Klein adresse cette difficulté en rappelant d'abord la définition de l'interdisciplinarité donnée par l'OCDE en 1972, qu'elle identifie chronologiquement comme la première d'importance, et qui regroupe sous ce terme toute activité allant de « la simple communication d'idées à l'intégration mutuelle de *concepts, méthodologies, procédures, épistémologies, terminologies* ou *données* organisateurs, et à l'organisation de la recherche et de l'éducation dans un champ raisonnablement large »³. Définition relativement vague et vaste, donc, qu'elle enrichit immédiatement de conditions supplémentaires posées par des auteurs ultérieurs, selon lesquels une telle activité « implique une assimilation réciproque

¹ Des critères tels que : cet enseignement a-t-il « marché » ? A-t-il été « plaisant » ? A-t-il produit des résultats « satisfaisants » à l'examen ? Les étudiants l'ont-ils « compris » ? Ont-ils perçu des « liens » entre les disciplines mobilisées ?...

² Voir par exemple les deux propositions suivantes, elles-mêmes élaborées comme des synthèses de vastes bibliographies sur la question : J. Thompson Klein, « Une taxinomie de l'interdisciplinarité », *Nouvelles perspectives en sciences sociales* 7(1), 2011, p. 15-48. Édouard Kleinpeter, « Taxinomie critique de l'interdisciplinarité », *Hermès, La Revue* 67, 2013, p. 123-129.

³ J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 63. Définition extraite de Leo Apostel et al., *Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities*, Paris, Organization for Economic Cooperation and Development, 1972.

au sein des disciplines impliquées »¹ et impose « qu'un *problème* soit le fondement commun de l'interaction »², pour la résolution duquel « le travail d'équipe est essentiel »³. Suite à quoi, l'autrice se résout à définir l'interdisciplinarité non plus directement, mais par une liste des types d'interactions entre disciplines qui sont les plus communément admises comme relevant de l'interdisciplinarité, qu'elle estime au nombre de quatre : 1, l'« emprunt », qu'elle définit comme toute forme de transfert de concept, de méthode, d'instrument ou de donnée d'une discipline à une autre. 2, « la résolution de problèmes », décrivant la mobilisation de plusieurs disciplines à la résolution d'un problème particulier. 3, « la consistance augmentée de sujets ou de méthodes », qu'elle caractérise par l'existence de « sujets », dit-elle, qui se trouveraient à la « frontière » entre deux disciplines et sur lesquels chacune de ces deux disciplines pourrait s'exprimer donc, mais sans pour autant pouvoir adresser le sujet complètement par ses seuls concepts, outils et méthodes. Un type d'interdisciplinarité qui pourrait dans certains cas aboutir à 4, « l'émergence d'une interdiscipline », comme l'apparition d'un nouveau corps de lois formant la structure d'une nouvelle discipline.⁴ Autant de modes d'interactions interdisciplinaires qui eux-mêmes recouvrent donc encore un nombre incalculable de pratiques.

Face à une telle diversité, il n'était donc pas surprenant qu'au sein de la licence censément interdisciplinaire que nous venions de créer, un grand nombre d'intentions et de pratiques distinctes se dessinent spontanément⁵. Je dis « censément », car malgré notre volonté et nos efforts pour établir du lien entre nos enseignements – allant des très régulières réunions pour nous communiquer les uns aux autres les contenus de nos cours, et pour les organiser et lier au sein de mêmes Unités d'Enseignement thématiques ; aux cours que nous créions animions à plusieurs ; en passant par les simples visites dans les classes des collègues – un nombre non négligeable d'interventions relevaient encore évidemment de la simple juxtaposition pluridisciplinaire d'enseignements en tous points semblables à ceux proposés en licences spécialisées.

Mais au moment où je prenais la responsabilité de la licence Sciences & Humanités, je me sentais devant la double contrainte consistant, d'une part, à devoir m'assurer d'une certaine cohérence et de la véritable pertinence de ces pratiques pluri- et interdisciplinaires pour la formation et la progression des étudiants ; d'autre part, à préserver la dynamique de liberté, de créativité et de diversité qui avait régné dans l'équipe enseignante depuis le début, et qui me paraissait seule garante de ce que cette équipe parviendrait pour longtemps à fournir l'énergie redoublée nécessaire au fonctionnement d'un tel cursus. En réponse à cette double contrainte, je me suis associé à Baptiste Morizot – qui venait de rejoindre l'équipe – pour essayer d'explicitier avec lui la diversité des conceptions de l'interdisciplinarité que nous voyions à l'œuvre au sein de l'équipe des enseignants comme des étudiants de la licence Sciences & Humanités, dans le but non dissimulé de pouvoir ensuite examiner leur fondement. Car une fois certaines de ces positions identifiées, à travers des discussions avec les collègues et étudiants, ou via l'observation de pratiques en classe ou en réunion, nous espérions en effet pouvoir catégoriser, clarifier et analyser les cas qui nous sembleraient les plus récurrents, afin de produire une liste des justifications théoriques possibles de l'enseignement interdisciplinaire

¹ J. Piaget, « The Epistemology of Interdisciplinary relationships », in *Interdisciplinarity: Problems of teaching and Research in Universities* 1, 1989, p. 130.

² Daniel Alpert, « The Role and Structure of Interdisciplinary and Multidisciplinary Research Centers », Address at the ninth annual meeting of the Council of Graduate Schools, Washington D. C., 1969, p. 3.

³ G. Gusdorf, « Project for Interdisciplinary Research », *Diogenes* 42, 1963, p. 119-142.

⁴ J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 64.

⁵ La multiplicité des modes d'appréhension et de mise en œuvre de l'interdisciplinarité relève d'ailleurs apparemment plus de la règle que de l'exception au sein des formations dites interdisciplinaires selon J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 161.

rencontrées dans notre formation. Justifications que nous pourrions exposer et comparer enfin, dans la perspective de mettre à disposition de cette équipe pédagogique un matériau qui parlerait suffisamment d'elle pour qu'elle puisse se l'approprier, et y trouver la matière pour un renouvellement et une remise à plat de ses pratiques. Tout en étant susceptible de fournir à d'autres formations interdisciplinaires une grille pour l'analyse de leurs propres pratiques.

2.2.1.2.2 Justifier l'interdisciplinarité

Ce travail a pris la forme d'un court essai – plus que d'une véritable enquête sociologique ou d'un profond traité épistémologique – publié dans un recueil dédié à la licence S&H en 2019 [11], dans lequel nous listons au moins cinq justifications théoriques de l'interdisciplinarité à l'œuvre dans la formation.

La première justification relevée, que nous qualifions d'« heuristique », insiste sur la capacité de l'interdisciplinarité à produire des rencontres imprévues, susceptibles de fonder les inventions. Elle se trouve fondée par l'affirmation, certes péremptoire, que les grandes ruptures scientifiques de l'histoire ont souvent été proposées par des savants interdisciplinaires, ou extérieurs à la communauté disciplinaire qu'ils ont révolutionnée, aussi bien que par une série d'exemples fructueux de transpositions de concepts ou méthodes d'une discipline à une autre (comme le concept de « champ » transposé de la physique à la sociologie de Bourdieu, celui de « structure » des mathématiques à la linguistique...). On trouve d'ailleurs cette position illustrée dans certains essais théoriques sur l'acte de création, tels celui d'Arthur Koestler présentant l'invention scientifique comme un acte « bisociatif » permis par le croisement de plusieurs « matrices » disciplinaires initialement disjointes (telle la théorie de *l'Origine des Espèces* de Darwin, reposant sur la rencontre entre un problème issu de la théologie, une méthode de géologie, une observation empirique d'éleveurs et une thèse démographique)¹. Ce point de vue résonne donc non seulement avec la pratique de l'interdisciplinarité sur le mode de l'« emprunt », décrite par J. Thompson Klein, mais aussi, dans certains cas, avec ce qu'elle décrit comme la possible « émergence d'une interdiscipline ». Elle justifierait ainsi une pratique de l'enseignement interdisciplinaire dans le but de former une nouvelle génération de chercheurs novateurs, parce que formés à une autonomie suffisante dans la saisie des lexiques conceptuels et des méthodes de disciplines différentes pour être ensuite capables de s'approprier ces matrices dispersées – qui leur seraient autrement inaccessibles – et les reconfigurer à leur manière.

La seconde justification, nous l'avons qualifiée d'« archéologique », pour ce qu'elle envisage l'interdisciplinarité comme un moyen d'accès privilégié aux œuvres fondatrices de la culture et de la pensée occidentale ; précisément parce que celles-ci étaient intrinsèquement libérées des cloisonnements disciplinaires actuels. Cette justification projette l'idée que la connaissance et la compréhension de ces fondations devrait en retour aider les étudiants à mieux décrypter l'architecture des disciplines modernes. Elle répond donc à l'ambition de former de étudiants avertis et visionnaires, car formés à une histoire des disciplines qui leur permettrait de développer un savoir disciplinaire dépassant la simple habileté technique et embrassant les véritables questions et postulats fondant les disciplines contemporaines.

¹ La « matrice » étant définie par Koestler comme « toute aptitude ou habitude, tout système de comportement ordonné, gouverné par un « code » de règles fixes ». Code que, dans le cas des « matrices » disciplinaires, nous voyons volontiers régi par les « postulats » et « méthodes » fondant la discipline dont nous avons déjà longuement parlé (2.1.1.2.2). A. Koestler, *The Act of Creation*, New York, Penguin Books, 1964. Traduction : G. Fradier, *Le Cri d'Archimède*, Paris, Les Belles Lettres, 2011, p. 23.

La troisième justification, dite « sociétale », de l'interdisciplinarité que nous avons identifiée est alors analogue, selon nous, à celle défendue par Morin, reposant sur un raisonnement du type : les problèmes contemporains décisifs sont globaux ; les problèmes globaux sont complexes ; les problèmes complexes exigent une approche interdisciplinaire ; donc, il faut être interdisciplinaire pour aborder les problèmes contemporains¹. C'est manifestement de cette justification que relèvent les interactions interdisciplinaires pour « la résolution de problèmes » évoquées par J. Thompson Klein et bien d'autres². Bien qu'elle semble épistémologiquement plus fragile que les deux précédentes, cette justification n'est certainement pas infondée, en tant qu'elle souligne implicitement la différence entre science et technique – en nous rappelant d'ailleurs le caractère profondément interdisciplinaire de cette dernière³. De plus, sa pertinence revient à son diagnostic qu'il y a bien une hypercomplexité intriquée du monde contemporain qui exige, pour saisir les phénomènes sociétaux, politiques ou environnementaux actuels, une intégration d'approches disciplinaires diverses. Un enseignement reposant sur une telle justification de l'interdisciplinarité tendra-t-il ainsi à produire non pas des découvreurs dans le champ de la pure connaissance, mais des ingénieurs capables de décrypter le présent et de dessiner, peut-être, des chemins pour le futur.

Une quatrième justification, « perspectiviste », apparaît souvent dans les discours sur l'interdisciplinarité. Elle s'appuie généralement sur la métaphore d'une multitude de points de vue possibles sur la réalité, que l'on pourrait additionner pour en avoir une saisie globale⁴. Cette métaphore nous semble néanmoins représenter un potentiel obstacle épistémologique à la pratique véritablement interdisciplinaire, au sens où elle pourrait trop facilement induire la conclusion qu'il existe bien un objet unique et unifié réel, dont les disciplines seraient vouées à ne pouvoir saisir qu'une seule face, comme dans le cas des limites de la perception visuelle. Ce faisant, cette métaphore occulte l'idée importante selon nous que les disciplines construisent en grande partie les objets qu'elles manipulent, comme les problèmes qu'elles tentent de résoudre. Par ailleurs, elle nous semble entretenir dangereusement les risques d'amalgames, de confusions ou d'analogies superficielles entre objets disciplinaires distincts entretenant une relation d'homonymie et considérés ainsi à tort comme constitutifs d'une sorte de portrait chinois d'une même « chose »⁵. Cette justification peut néanmoins recouper les cas de « consistance augmentée de sujets ou de méthodes » évoqués par J. Thompson Klein, lorsque les disciplines parviennent à distinguer précisément leurs objets et à concevoir entre eux des liens structurés. Sans être une véritable justification théorique de l'interdisciplinarité, elle possède donc la vertu de postuler une relation de complémentarité coopérative entre les disciplines, particulièrement salutaire pour la construction d'un groupe d'enseignants ou de chercheurs appelés à collaborer sur un projet commun, et que ne permettrait pas, par exemple, une conception hiérarchique de l'interdisciplinarité, dans laquelle certaines disciplines seraient situées dans un rapport d'autorité à l'égard des autres.

Enfin, il est une justification de l'interdisciplinarité qui, sans être peut-être aussi fondamentale que les précédentes, semblait occuper une position centrale dans la formation que nous examinons et que nous qualifierons donc de « pédagogique ». Il semblait en effet

¹ E. Morin, *La Méthode*, 2008.

² J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 121-139.

³ G. G. Granger, « Faut-il confondre connaissance scientifique et savoirs techniques ? », dans *Que sais-je ? « la science et les sciences »*, Paris, Presses Universitaires de France, 2^e éd., 1995, p. 21-39.

⁴ F. Darbellay, « L'interdisciplinarité, les aveugles et l'éléphant ». *Carnet hypothèses du programme de recherche : « Disciplines à l'épreuve du décentrement : repenser les approches, interroger les savoirs »*, 2019. <https://decentered.hypotheses.org/1101>

⁵ Voir [10]. Ou Gérard Fourez, Philippe Mathy et Véronique Englebert-Lecomte, « Un modèle pour un travail interdisciplinaire », *Aster* 17, Modèles pédagogiques 2, p. 121.

manifeste à une partie de l'équipe enseignante au moins, que l'enseignement interdisciplinaire produisait des effets d'intelligibilité surprenants. Beaucoup d'étudiants paraissaient comprendre mieux les contenus qu'on leur proposait depuis toujours dans les formations spécialisées, au titre que ceux-ci se trouvaient placés dans un contexte vaste et riche, dans lequel le sens de ces contenus émergeait plus clairement, facilitant ainsi leur compréhension, mais stimulant aussi et surtout, semble-t-il, l'envie de comprendre¹. C'est un point que nous avons tenté d'éclairer à l'aide du concept d' « élément humain » introduit par Peter Mahaffy² dans un article que nous avons publié avec ma collègue F. Boulc'h sur l'enseignement contextualisé de la chimie des couleurs [13].

2.2.1.2.3 Proposer un modèle d'enseignement interdisciplinaire

Pour conclure, si l'on ne peut pas dire que cette enquête interne sur les justifications possibles de l'interdisciplinarité ait porté le moindre des fruits que j'en espérais, elle m'a néanmoins sensibilisé à l'urgence d'identifier un mode d'enseignement interdisciplinaire qui serait le plus susceptible de ne pas perdre, ni illusionner l'étudiant. Un enseignement interdisciplinaire qui lui permettrait de s'orienter précisément dans le paysage des savoirs disciplinaires existants, afin de pouvoir éventuellement envisager lui-même une synthèse ou un dépassement de ces savoirs.

Paradoxalement peut-être, cet objectif me semble aujourd'hui le mieux pouvoir s'incarner dans un enseignement conçu comme une série d'enseignements disciplinaires, qui non seulement seraient absolument rigoureux du point de vue de la formation disciplinaire classique, mais qui seraient aussi très explicitement situés quant aux postulats et méthodes disciplinaires qui les fondent, et aux problèmes que la discipline tâche de résoudre et qui imposent leur forme aux objets qu'elle manipule. Des enseignements disciplinaires donc, qui seront toutefois explicitement articulés les uns aux autres par les enseignants eux-mêmes. D'une part, parce que ces enseignants seront en mesure d'évoquer certains des postulats, méthodes et problèmes d'autres disciplines manipulant des objets homonymes aux leurs ; afin d'éclairer les différents sens possibles de ces objets. D'autre part, parce que ces enseignants sauront agrémenter leurs cours d'exemples concrets d'interdisciplinarité, tirés de l'histoire de leur discipline, en détaillant par exemple la manière dont certains de ses concepts, instruments ou méthodes sont le fruit d'une transposition interdisciplinaire, ou en mettant en scène des problèmes ne pouvant être résolus que par la conjonction de plusieurs disciplines. Enfin, parce que ces enseignants proposeront régulièrement des activités incitant les étudiants à articuler à leur tour des savoirs disciplinaires entre eux.

Notons qu'incidemment, cette forme d'enseignement interdisciplinaire « discipliné » que j'envisage – soit d'une pratique interdisciplinaire reposant sur une forte base disciplinaire, comme source de matériau conceptuel, méthodologique et instrumental et fournissant la substance nécessaire à une réflexion critique – me semble pouvoir être extrapolée à la recherche³. Et que cette façon d'envisager l'interdisciplinarité s'articule encore, je crois, à la

¹ Voir [18]. Mais aussi F. Boulc'h, « Quand la chimie de la couleur change la couleur de la chimie », p. 51-68 ; Gabriel Nève, « La controverse des crocodiles de Normandie, une étape importante dans la naissance du transformisme scientifique », p. 75-114 ; ou Cédric Chandelier, « Le continu entre mathématiques et métaphysique », p.169-178, dans *Sciences et humanités : décloisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), 2019.

² P. Mahaffy, « Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry », *Journal of Chemical Education* 83, 2006, p. 49-55.

³ En accord avec la manière dont Corinna Delkeskamp ou Michael Messmer par exemple parlaient, chacun à leur façon, d'une « interdisciplinarité disciplinée » se développant à partir d'une maîtrise disciplinaire. C. Delkeskamp,

manière dont je décrivais plus tôt l'enquête scientifique comme une résolution méthodique de problèmes spécifiques (2.1.1.1.3.3). Ainsi considérée, la démarche de recherche nécessite en effet un cadre bien défini et établi de postulats et d'objets pour la formulation de ces problèmes, et de méthodes collectivement reconnues comme susceptibles de pouvoir mettre à l'épreuve les hypothèses de solutions envisagées à ces problèmes. Aussi, à moins évidemment de ne se laisser exclusivement imposer ses problèmes par une commande extérieure¹, le développement d'un savoir scientifique interdisciplinaire me semble-t-il impossible sans l'explicitation de ses postulats, objets et méthodes pour la production et la résolution de ses propres problèmes². Ce qui me semble ne pouvoir se faire que de manière soit « holistique », en instituant la pratique interdisciplinaire elle-même comme une nouvelle discipline, forte de ses propres postulats, objets et méthodes originaux ; soit « synthétique », en trouvant un moyen d'articuler entre eux – de façon durable ou temporaire – certains postulats, objets et méthodes empruntés à diverses disciplines instituées. Soit encore, bien entendu, par un mélange de ces deux approches. Aussi, la pratique interdisciplinaire ne me semble-t-elle pouvoir être dissociée ni d'une connaissance préalable des exigences de la pratique de la recherche disciplinaire en général, ni des fondements spécifiques d'au moins deux disciplines. Ni encore d'un rapport à l'histoire et à l'épistémologie, susceptible d'établir la scientificité des nouveaux types de savoirs qu'elle se sera efforcée d'élaborer (2.1.1.4).

Programme exigeant s'il en est. Mais dans la perspective duquel j'ai justement engagé depuis quelques années un projet de recherche sur l'enseignement interdisciplinaire résolument ancré dans les disciplines avec F. Boule'h (2.2.1.4 et 2.2.3.1), redoublé d'une enquête historique et philosophique, menée avec B. Morizot encore, sur la question de la transposition interdisciplinaire, interprétée au prisme du concept d'« analogie » emprunté aux théories de la connaissance.

2.2.1.3 Pour une théorie pratique de l'analogie

Déduisant du précédent travail que l'un des effets positifs majeurs du croisement des disciplines pouvait être de catalyser l'identification de problèmes analogues au sein de celles-ci, et donc de favoriser le transfert de concepts et solutions propres aux unes mais susceptibles d'être féconds dans les autres³, B. Morizot et moi nous sommes encore penchés sur quelques exemples historiques de l'usage de l'« analogie » en science (Kepler, Descartes, Young, Darwin) qui, d'une part, pouvaient mettre en évidence certains des écueils relatifs à cette pratique (amalgames abusifs, impasses, heuristique limitée). D'autre part, pouvaient nous aider à extraire quelques règles méthodologiques susceptibles de cadrer et de contrôler le processus analogique sans émousser son remarquable pouvoir heuristique, et que nous pourrions nous

« Interdisciplinarity: A Critical Appraisal », dans *Knowledge, Value and Belief*, H.T. Engelhardt et D. Callahan (éds.), Hastings-on Hudson, Hastings Center, 1977, p. 130. M. W. Messmer, « The Vogue of the Interdisciplinary », *Centennial Review* 12(4), 1978, p. 474.

¹ Ce qui de fait est une des modalités courantes d'une forme d'interdisciplinarité appliquée. J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 121-139.

² L'analyse critique des travaux du groupe interdisciplinaire « GIEAN » – regroupant physiciens, médecins, géologues et historiens autour des conséquences des phénomènes d'électricité naturelle – me semble notamment éclairer ce point de manière convaincante. Marc Conesa, Julien Mary, « Le Groupe Interdisciplinaire sur l'Électricité Atmosphérique Naturelle (GIEAN) : Retour sur une expérience interdisciplinaire radicale », *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science* 11, 2023, p. 10-14.

³ J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 85-94.

efforcer de communiquer aux étudiants [7]. L'élaboration de ces règles s'appuyant notamment sur des textes de Gibert Simondon sur l'analogie opératoire¹.

Du fait de la nature profondément imprévisible de l'analogie, ces règles relèvent moins d'étapes à franchir successivement, que de caps par rapport auxquels se situer régulièrement – comme lorsqu'on fait le point en navigation – afin de ne pas complètement se perdre dans le processus. Tâchons cependant de résumer aussi clairement et synthétiquement que possible ces trois prises de point successives que nous jugeons essentielles.

Un premier point, pensons-nous, doit en effet être réalisé au moment même où l'intuition d'une analogie se présente à nous, généralement sous une forme du type : « le phénomène, l'objet, le concept ou la situation B me fait penser au phénomène A ». Intuition faisant donc miroiter une opportunité séduisante, dès lors que B est un phénomène mal connu que l'on essaie de comprendre, et que A en est un autre mieux connu. Si B fait penser à A, on est en effet en droit d'espérer que B fonctionne comme A, même si rien ne l'assure pour l'instant : ce pari n'a aucun fondement épistémologique, contrairement à ce qu'auraient pu défendre Kepler, ou Young². L'idée que l'on défend pourtant dans ce texte est que l'invention repose souvent sur ce genre de geste audacieux ; mais que la pertinence de cette invention dépendra avant tout de ce que l'on aura pris le temps d'évaluer la pertinence et la portée d'une telle analogie. Pour cela, il faut bien s'assurer d'abord que l'on n'accorde à l'affirmation « B doit fonctionner comme A » qu'une simple valeur hypothétique. Car ce n'est pas tant B qui doit ressembler à A, qu'un problème que semble poser B qui doit ressembler à un problème déjà identifié, et si possible résolu, chez A. C'est donc la manière d'envisager et de comprendre A que l'on emprunte pour envisager et comprendre B. Or, cela ne nous dit rien ni de l'essence de A et de B, ni de leur potentielle filiation. Ce qui doit immédiatement nous mettre en garde contre la tentation d'appliquer strictement la solution du problème posé par A à B, ou d'extrapoler les autres problèmes et solutions trouvées pour A à d'autres aspects de B. En somme, il est important de ne pas se laisser séduire par l'illusion réaliste d'une véritable parenté entre deux phénomènes ressemblants A et B ; c'est pourquoi nous prôtons ici d'adopter une attitude pragmatique se limitant à formuler l'hypothèse qu'une solution élaborée pour résoudre un problème posé par A pourrait être appliquée, comme un simple outil, à la résolution d'un problème posé par B. Une fois cette hypothèse formulée, il s'agira ensuite évidemment de la mettre rigoureusement à l'épreuve, selon les méthodes reconnues par la discipline, afin d'espérer transformer cette hypothèse en savoir.

Un deuxième point est alors à réaliser dès l'instant où l'analogie semble effectivement permettre de mieux comprendre B. Il s'agit en effet à cette étape d'examiner scrupuleusement ce en quoi cette propriété de A, appliquée à l'explication de B, se différencie nécessairement quelque peu de la manière dont elle se manifestait en A. Car contrairement à cette opinion qui fondait jusqu'au XVI^e siècle l'épistémè de la « ressemblance » si bien décrite par Foucault³, il n'y a aucune raison *a priori* que les propriétés apparemment partagées par A et B soient identiques. Dès lors, le contraste émergeant de la comparaison minutieuse de la propriété connue pour A et de la manière dont elle s'applique en B doit mener à la mutation et à

¹ G. Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1989. G. Simondon, *L'individuation à la lumière des notions de formes et d'information*, Paris, Jérôme Million, 2005. G. Simondon, *Imagination et invention*, Paris, Presses Universitaires de France, 2014.

² G. Simon, *Kepler astronome astrologue*, 1989. T. Young, *A Course of Lectures in Natural Philosophy and Mechanical Arts*, 1807, vol. I, p. 6. T. Young, *A Reply to the Animadversions of the Edinburgh Reviewers*, London, Savage and Easingwood, 1804, p. 31.

³ M. Foucault, *Les Mots et les Choses. Une archéologie des sciences humaines*, 1966, p. 32-59.

l'adaptation de la propriété aux spécificités du problème posé par B. Il s'agit donc à cet endroit d'isoler non seulement les aspects connus de la propriété exprimée en A qui ne se retrouvent pas en B, et de les mettre de côté. Mais aussi, de révéler des aspects propres à B, rendus visibles par l'impossibilité pour la propriété originelle de résoudre parfaitement le problème. A la fin, même lorsque l'analogie a porté ses fruits, on réalise toujours que la propriété connue de A ne se retrouve effectivement pas en B, mais que l'idée de sa présence en B a tout de même permis d'imaginer, sur son modèle, une propriété originale adaptée au contexte de B. Cette mise en contraste des modes d'expression légèrement différents de la propriété telle qu'elle semble s'exprimer en A et en B nous aide non seulement à mieux les distinguer, mais aussi nous en apprend un peu plus sur les deux phénomènes.

Enfin identifions-nous un troisième point à réaliser au moment où l'on a affectivement fondé la pertinence de l'analogie ; c'est-à-dire où l'on a effectivement résolu le problème posé par B, à l'aide d'une solution propre à B mais inspirée de celle qui avait permis d'expliquer A. Une dernière précaution relève alors presque de l'évidence, mais semble devoir être formulée : ce n'est pas parce que l'analogie entre A et B n'est plus une simple hypothèse qu'il est tout à coup permis de croire en l'existence d'une réelle parenté entre eux. Ce qui a été démontré, c'est uniquement l'efficacité pour résoudre un problème posé par B d'une solution particulière, ressemblant à une autre solution qui avait fonctionné pour A : l'analogie n'a donc pas été élaborée entre les deux phénomènes B et A, mais entre une solution théorique d'une part, et d'autre part deux phénomènes B et A pouvant tous deux être expliqués par une variante de cette solution. Ou, pour employer un exemple qui fera écho au contenu de mon manuscrit inédit, le succès de la théorie ondulatoire de la lumière ne démontre pas que la lumière est analogue au son ; mais seulement que la propagation de la lumière, comme celle du son, peuvent s'expliquer par deux variantes d'un modèle ondulatoire [1].

Ce travail adressait donc une partie du problème que je formulais un peu plus tôt en présentant ma vision de l'enseignement interdisciplinaire idéal comme une série d'enseignements disciplinaires rigoureux et explicitement situés quant aux postulats et méthodes qui les fondent, articulés les uns aux autres grâce à l'évocation par les enseignants des postulats, méthodes et problèmes des autres disciplines, et agrémentés d'exemples concrets de croisements disciplinaires (2.2.1.2.3). Tout du moins, ce travail avait-il pour objectif de compléter cette approche, en s'efforçant de fournir aux étudiants sinon une méthode, au moins une série de garde-fous, dans la perspective où ils seraient eux-mêmes un jour amenés à mettre en œuvre une démarche de recherche interdisciplinaire reposant sur le transfert de concepts, de méthodes ou de solutions d'une discipline à une autre. Quant à la partie plus fondamentale de ce projet, consistant à offrir aux étudiants cette appréhension des disciplines située à la fois par rapport à leurs fondements, et par rapport à ceux des autres – appréhension de la science que j'appelais déjà les scientifiques à élaborer dans la section précédente de ce rapport (2.1.1.2) – elle s'est pour sa part incarnée dans un autre travail, dédié à la construction d'un dialogue interdisciplinaire conscient des différentes identités disciplinaires qui s'y croisent.

2.2.1.4 Interdisciplinarité et identités disciplinaires

Une troisième partie de mes recherches sur l'interdisciplinarité, toujours en cours, repose en effet sur l'évidence – pourtant assez souvent négligée pour devoir être régulièrement rappelée par notre collègue Gabriella Crocco – que l'on ne peut envisager de collaboration interdisciplinaire sans avoir en amont très clairement explicité les points de vue des disciplines qui seront amenées à se croiser. De fait, comme le suggère Walter Davis, je crois que la dialectique est la méthode interdisciplinaire par excellence, tant l'interdisciplinarité, comme

articulation de savoirs et méthodes disciplinaires dans le but d'une synthèse, ou d'un dépassement, ne me semble pouvoir être mise en œuvre qu'après que les points de vue disciplinaires ont été posés, clarifiés et résolus¹. Car aussi profondément ces points de vue disciplinaires soient-ils marqués par ces postulats et ces méthodes dont je posais plus tôt qu'ils distinguent les disciplines (2.1.1.2.2), leur synthèse au moins partielle et locale – pour les besoins de la résolution d'un problème interdisciplinaire, par exemple – me semble un horizon d'autant plus crédible que je ne vois pas de raison nécessaire de supposer *a priori* l'incompatibilité de ces postulats et méthodes². Aussi avons-nous été saisi par l'urgence, ma collègue F. Boulc'h (qui prenait la responsabilité de la licence S& H après moi) et moi-même, d'engager un travail d'enquête profond et précis sur ces postulats et méthodes fondant les identités disciplinaires.

Après avoir d'ailleurs assisté et participé à de premières expériences intéressantes – mais à mon goût frustrantes – menées par G. Crocco et F. Boulc'h et consistant à réunir des groupes de collègues représentants d'une seule discipline (biologie), ou de deux disciplines supposées voisines (physique-chimie, philosophie-histoire) afin de tracer avec eux les contours de celles-ci [10], je ressortais cependant plus convaincu encore de la difficulté pour les chercheurs et enseignants disciplinaires de reprendre pleinement et spontanément conscience de ces méthodes et postulats spécifiques à leurs propres disciplines, qui leur sont devenus presque trop intimes et trop profondément intériorisés pour qu'ils puissent aisément les expliciter (2.1.1.1.3.2). Je n'en sortais pas moins convaincu de l'absolue nécessité de parvenir à ce qu'ils le fassent, afin de pouvoir les expliciter aux autres au moment d'envisager une collaboration interdisciplinaire, ou d'en tenir compte eux-mêmes au moment d'envisager l'horizon légitimement limité de leurs propres disciplines.

De plus, bien que j'aie déjà expliqué pourquoi l'histoire des sciences me semblait susceptible de raviver cette conscience des normes disciplinaires – par la mise en contraste des pratiques contemporaines avec celles mises en œuvre dans la même discipline à des époques où elle ne se reconnaissait pas encore les mêmes postulats et méthodes (2.1.1.2.3) – j'étais déjà conscient de la grande difficulté à sensibiliser un spécialiste disciplinaire aux conclusions techniques, exigeantes et souvent ingrates de la recherche en histoire des sciences (2.1.1.2.4). C'est pourquoi je cherchais déjà une solution possiblement complémentaire à cette mise en contraste diachronique des postulats et méthodes d'une science que je savais permise – mais difficilement – par l'étude comparative de son histoire et de son épistémologie. C'est ainsi que F. Boulc'h et moi-même sommes parvenus à l'hypothèse que la mise en contraste synchronique des postulats et méthodes des différentes sciences contemporaines pourrait être un moyen plus simple de prise de conscience et de formulation progressive de ceux-ci pour les praticiens disciplinaires eux-mêmes.

Il y avait certainement d'abord quelque chose qui relevait de la maïeutique dans cette hypothèse. Puisque l'on faisait le pari que l'on parviendrait mieux à faire prendre conscience des fondements, et donc des limites, de leurs pratiques aux spécialistes disciplinaires, en les

¹ W. A. Davis, « Critical Theory and Philosophical Method », dans *The Act of Interpretation: A Critique of Literary Reason*, Chicago, University of Chicago Press, 1978.

² Contrairement aux différentes classes de systèmes philosophiques distinguées par Vuillemin sur la base des différents postulats, par essence incompatibles, que ces systèmes ont choisi d'exclure afin de dépasser certains des paradoxes fondateurs de la philosophie, je ne vois pas de considération justifiant l'incompatibilité logique de l'ensemble des postulats de la physique ou de la biologie avec ceux de la sociologie ou de la linguistique. J. Vuillemin, *What are Philosophical Systems?* Cambridge, Cambridge University Press, 1986.

amenant à les formuler eux-mêmes, qu'en les leur délivrant dans de savants textes d'épistémologie de leur discipline¹.

Quand l'autre postulat qui était posé en amont de ce projet – et qui s'appuyait sur le souvenir du profond sentiment de plaisir que nous avons éprouvé à échanger sur nos enseignements au sein de la licence S&H – était que, pour un enseignant-chercheur tout du moins, l'enseignement offrait un terrain plus neutre et moins personnel que sa recherche. Donc, que sa pratique d'enseignement serait plus aisément susceptible d'être partagée publiquement et remise en question que les fondements de son activité de recherche. Aussi est-ce à l'analyse collective de leurs pratiques d'enseignement que nous avons convié à plusieurs enseignants et chercheurs, afin d'abord de remonter progressivement avec eux jusqu'aux postulats et méthodes de leurs disciplines telles qu'elles étaient enseignées. Puis, que nous avons exploré avec eux la possibilité que ces postulats et méthodes valent également pour la pratique de la recherche dans celles-ci. Ce travail de maïeutique catalysé par la comparaison des pratiques d'enseignement de spécialistes disciplinaires étant amené à être plus amplement décrit dans le paragraphe dédié à mes projets de recherche (2.2.3.1), je n'en dirai cependant pas plus pour l'instant.

2.2.2 Enseignements interdisciplinaires

Entre autres choses, l'expérience de la licence S&H m'a factuellement offert l'opportunité d'imaginer et de mettre en œuvre une vingtaine d'enseignements interdisciplinaires sur des sujets différents, que j'ai pu enseigner seul ou en collaboration avec des collègues de diverses disciplines depuis 2012 jusqu'à aujourd'hui. Si je tiens à évoquer ces enseignements ici, ce n'est toutefois pas tant par souci d'affichage, que pour expliciter au moins une fois le fait que j'ai toujours envisagé mon enseignement, au moins autant que ma recherche, comme une pratique contribuant à ma propre instruction. Qu'à ce titre, cet enseignement a toujours alimenté ma recherche – ce d'autant plus depuis que j'ai fait le choix de réorienter conjointement mon enseignement et ma recherche dans de nouvelles directions plus susceptibles de croisements et de progressions parallèles.

C'est donc ce que j'essaierai d'illustrer ici en suggérant combien les recherches que j'ai menées sur l'interdisciplinarité reposent en grande partie sur cette expérience de terrain concrète, variée et prolongée de la collaboration entre enseignants disciplinaires autour d'un projet d'enseignement commun. Puis, en insistant sur le fait que ces enseignements ont eux-mêmes été le lieu d'expérimentation des propositions théoriques élaborées au sein des travaux de recherche décrits dans les chapitres précédent (2.2.1) et suivant (2.2.3). Ces enseignements ont ainsi offert à ces travaux théoriques une certaine dimension de recherche-action², en me permettant d'évaluer en amont la pertinence et la portée de ces propositions théoriques sur des bases concrètes, puis d'en rectifier le contour au fur et à mesure de leur élaboration. Le Tableau 1 récapitule ainsi sommairement la liste de ces enseignements.

On y voit par exemple que j'ai très tôt mis en place un long projet en pédagogie inversée, d'une durée de 60 heures environ pour l'étudiant, intitulé « Comment voit-on ? », proposé en première année de licence et co-animé avec des collègues physiciens (S. Bodea, S. Ferri, G. Hagel, optique géométrique), historiens des sciences (I. Koch, P. Abgrall, histoire de l'optique

¹ Socrate lui-même ne faisait-il pas ironiquement remarquer que : « Ce serait bien si la sagesse était telle qu'elle pût s'écouler de ce qui est plein vers ce qui est vide – quand nous serions au contact les uns des autres – comme l'eau qui se trouve dans les coupes passe à travers un fil de laine de celle qui est la plus pleine vers celle qui est la plus vide » ? Platon, *Le Banquet*, Bernard et Renée Pièttre (trad.), Fernand Nathan, 1983.

² René Barbier, *La recherche-action*, Paris, Economica, 1996.

2. Présentation des travaux

de la Grèce Antique et du Moyen-Âge arabe), biologistes (G. Nève, anatomie de l'œil), philosophes (E. Audureau, I. Ly, théories de la vision de Descartes et de Berkeley) et historiens de l'art (S. Pic, invention de la perspective linéaire dans l'art de la Renaissance). Projet au cours duquel l'étudiant était amené à problématiser cette question volontairement ouverte, puis à y répondre progressivement en élaborant une synthèse des savoirs que ces disciplines proposaient sur la question.

Diplôme	Titre de l'enseignement	Nature : cours, TD, TP	Effectifs	Heures/an	Période
L1, Sciences & Humanités	« Synthèse de pigments colorés », « Comment voit-on ? », « Copernic-Brahé-Kepler », « La Mesure en Physique », « Qu'est-ce que problématiser ? »	CM, TD, TP, classe inversée, projets	60	60	2012-2022
L2, Sciences & Humanités	« Histoire de l'arc-en-ciel », « la Vision Colorée », « Pasteur : chimie organique et pouvoir rotatoire », « Lumière et matière chez Newton ».	CM, TD, TP, projet	50	60	2013-2022
L3, Sciences & Humanités	« Principes physiques de l'IRM », « Le photon, un objet quantique », « Les couleurs dans le langage », « Faire des liens, mais lesquels ? Théorie pratique de l'analogie »	CM, TD	30	30	2014-2022
L3, Physique-Chimie	« Spectroscopie et Phénomènes colorés »	Télé-enseignement	20	30	2019-2022
L3, Plurisciences	« Couleur et Photographie »	Projet	20	60	2016-2018
		Télé-enseignement	20	40	2019-2023
L3, Sciences Arts et Techniques de l'Image et du Son	« Voir en couleurs »	CM	45	9	2019-2022
Formation Doctorale	« Inter-disciplines »	Commentaire de textes, séminaire	10	40	2023

Tableau 1. Liste des enseignements interdisciplinaires depuis 2012.

On y trouve encore un cours de 12 heures sur « la Vision Colorée », mobilisant non seulement mes connaissances de physique, de chimie, d'histoire des théories physiques de la couleur et de psychophysique sur la question. Mais co-conçu et co-animé (nous étions simultanément trois enseignants en classe) avec une collègue neuroscientifique spécialiste de la neurophysiologie de la vision (M. Longcamp), et un collègue philosophe du vivant (B. Morizot) venant parler des origines évolutives de la vision colorée. Cet enseignement avait ainsi pour ambition de synthétiser des savoirs parcellaires, usuellement présentés dans des manuels disciplinaires distincts de physique, de chimie, de biologie ou de psychologie, afin dans ce cas de reconstruire la chaîne d'évènements allant de l'émission de lumière par une source lumineuse, jusqu'à l'émotion d'une sensation colorée, en passant par l'interaction d'un corps matériel dit « coloré » avec la lumière, par la transformation de cette lumière en signal nerveux et par le traitement superficiel de ce signal justifiant de la sensation de couleur.

C'est avec cette même neuroscientifique que nous avons élaboré un enseignement de 10 heures évoquant successivement, mais de manière articulée, les applications scientifiques de l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM), les bases physiques de cette technique (RMN) et les conséquences épistémologiques et sociétales associées à la banalisation de son utilisation

en neuro-marketing ou en neuro-justice, par exemple, et par l'analyse critique de la manière dont les résultats de l'IRM était interprétés dans la presse scientifique ou grand public.

Au-delà de ces enseignements organisés de manière interdisciplinaire, s'efforçant d'articuler des contenus disciplinaires distincts et clairement identifiés afin d'aider les étudiants à mieux cerner le sens et le périmètre de validité de chacun, je profitais de ce cadre pour proposer quelques enseignements théoriques sur l'interdisciplinarité. Comme un cours intitulé « Faire des liens, mais lesquels ? », dans lequel B. Morizot et moi présentions aux étudiants nos conclusions précédemment élaborées relatives à la pratique de l'analogie (2.2.1.3). Ou un autre cours à plusieurs voix dédié à la « problématisation », et mettant non seulement en avant les aspects du processus de problématisation communs à différentes disciplines, mais aussi les particularités présentées par la manière de problématiser dans chacune des disciplines évoquées. L'injonction précédente à établir des liens entre disciplines se trouvait donc ici tempérée par l'injonction à identifier en priorité le point de vue particulier et précis de chacune.

Chacun de ces enseignements, non seulement au cours de leur préparation, mais plus encore par la présence de plusieurs enseignants lors de leur présentation, a participé à rendre les spécificités disciplinaires plus saillantes à mes yeux. D'une part, parce que le fait d'écouter un collègue réalisant son cours devant une classe me permettait souvent de mieux saisir les enjeux de son propos que lorsqu'il me l'exposait directement – peut-être en raison de la plus grande qualité démonstrative et pédagogique de son discours et du temps plus long dont il disposait généralement en classe. Peut-être parce que lors d'un cours réalisé conjointement par deux enseignants, les questions des étudiants interpellent souvent les enseignants simultanément et imposent à chacun d'ajuster sa réponse à celle de son collègue. Dans ces cas, lorsque j'étais moi-même assis parmi les étudiants, j'avais même souvent la sensation de repérer des questions de leur part que le collègue ne comprenait pas tout à fait, du fait – interprétais-je – qu'elles n'intégraient pas les postulats de sa discipline. Ce probablement parce que ces étudiants en cours de formation n'étaient pas encore formatés à celle-ci. Du même coup, je réalisais que moi-même je n'admettais pas nécessairement les mêmes postulats que le collègue jugeait fondamentaux, et que mon propre discours resterait partiellement abscons aux étudiants tant que je ne saurais leur expliciter les postulats et méthodes qui le fondaient.

Ces expériences d'enseignement interdisciplinaire, quand je les ai jugées fructueuses, m'ont progressivement incité à proposer des enseignements analogues dans des formations non pas inter-, mais pluridisciplinaires : au sens où l'on se contentait d'y juxtaposer les enseignements de disciplines différentes, sans souci quelconque de situer ou d'articuler ces enseignements les uns par rapport aux autres. C'est ainsi que dans la licence de Physique-Chimie et dans la licence Plurisciences d'AMU j'ai co-construit et co-enseigné avec d'autres collègues physiciennes et chimistes un projet interdisciplinaire de 40 heures sur la « Couleur », ainsi qu'un autre sur la « Photographie », mobilisant chacun conjointement, et de manière intriquée à leurs interfaces, la physique et la chimie, ainsi que l'histoire de ces deux disciplines.

Enfin, l'année 2023 a été pour moi l'occasion d'expérimenter enfin la formation doctorale. Une formation dédiée aux doctorants de toutes les écoles doctorales d'AMU, articulée autour du séminaire « Inter-disciplines » que G. Crocco a lancé en 2022, organisée au sein de l'Institut d'Études Avancées (IMERA) d'AMU et que nous coordonnons et coanimons donc à présent à trois avec Gabriella et F. Boulc'h (AMU). Ce séminaire annuel est ainsi organisé en une série de cinq grandes conférences publiques, à l'occasion de chacune desquelles une personnalité scientifique d'envergure internationale qui a travaillé activement à la frontière de plusieurs disciplines est invitée à présenter un bilan des changements théoriques ou méthodologiques que

ce dialogue interdisciplinaire a impulsé pour elle, ainsi que de la dynamique que ce dialogue a potentiellement déclenchée selon elle dans chacune des disciplines impliquées. De plus, la veille de chacune de ces conférences de ce séminaire, nous réunissons les doctorants inscrits à cette formation doctorale afin de lire et discuter collectivement des textes proposés par les invités eux-mêmes. Suite à quoi ces doctorants assistent évidemment le lendemain à la présentation donnée par le conférencier et sont invités à animer la séance de questions qui suivra en mobilisant le matériau que nous aurons élaboré avec eux la veille.

C'est là pour moi une occasion supplémentaire de côtoyer des doctorants, d'autant plus importante que la nature même du travail en philosophie et histoire des sciences fait que la communauté des membres rattachés à un même laboratoire de philosophie n'est réunie qu'à de rares occasions – par rapport à celle d'un laboratoire de physique expérimentale par exemple. Incidemment, cette formation me permet donc de mieux rester sensibles aux aspirations et plus régulièrement informé des contraintes et des difficultés des doctorants dans leur travail de thèse.

2.2.3 Projets de recherche sur l'Interdisciplinarité

2.2.3.1 Interdisciplinarité et enseignement disciplinaire

Co-responsables : Olivier Morizot (Histoire des Sciences, CGGG, AMU),
Florence Boulc'h (Chimie, MADIREL, AMU).

Collaborateurs : Morgane Bascaules (Philosophie, lycée Auguste et Louis Lumière, La Ciotat),
Mariann Chrétien (Lettres, lycée Auguste et Louis Lumière, La Ciotat),
Johanna Tonussi-Reboh (SVT-Biologie, lycée Paul Langevin, Martigues),
Guillaume Tonussi (SVT-Biologie, lycée Paul Langevin, Martigues),
Stéphane Rio (Histoire-Géographie, lycée Saint-Charles, Marseille),
Charly Friche (Mathématiques, Collège Pythéas, Marseille),
Julien Oudet (SVT-Géologie, lycée Daumier, Marseille).

Anciennement IREM – pour *Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques* – l'IRES est un écrin privilégié, prenant la forme d'un réseau national d'Instituts « qui associent des enseignants du primaire, du secondaire et du supérieur, pour effectuer en commun des recherches sur l'enseignement des mathématiques <et maintenant des Sciences> et assurer ainsi des formations de professeurs s'appuyant fortement sur la recherche »¹.

Au sein de cet écrin, je co-anime depuis 2017 un groupe de recherche dédié à l'élaboration d'outils et de méthodes à même d'aider les enseignants à éviter certaines impasses désormais connues de l'interdisciplinarité scolaire (confusions conceptuelles, superficialité...)², dont nous avons d'ailleurs pu faire l'expérience en licence S&H [10]. Convaincus néanmoins que l'enseignement interdisciplinaire peut s'avérer profitable et que l'une des voies de sortie de ces impasses réside dans la qualité de la rencontre entre enseignants disciplinaires disposant du temps nécessaire à leur dialogue³, notre atelier a ainsi réuni, à intervalles réguliers et pendant plusieurs années, neuf enseignants de l'université et du secondaire travaillant dans des disciplines très différentes (chimie, lettres, philosophie, physique, sciences de la vie et de la Terre, mathématiques, histoire-géographie), auxquels on a donné le temps de présenter et

¹ <https://www.univ-irem.fr/spip.php?article6>. Accédé : 2021-11-16.

² Y. Lenoir, « Quelle interdisciplinarité à l'école ? », *Les Cahiers pédagogiques*, 2015.

³ Monique Barrué-Pastor, « L'interdisciplinarité en pratiques ». In M. Jollivet (dir.), *Sciences de la nature, sciences de la société*, Paris, CNRS Éditions, 1992, p. 457-475.

d'expliquer les uns aux autres les spécificités de la discipline qu'ils enseignaient, à l'aide d'une grille catégorielle élémentaire guidant l'analyse et permettant la comparaison de ces disciplines.

2.2.3.1.1 Une grille catégorielle pour l'analyse et la comparaison des disciplines

Cette grille d'analyse des disciplines nous a partiellement été inspirée de travaux de Michel Develay relatifs à l'« épistémologie des savoirs scolaires », avec qui nous nous entendons sur le constat que « plus on s'intéressera au savoir, plus on saura quoi et aussi en partie comment enseigner »¹. Ainsi que sur l'urgence à développer « un modèle commun à l'aune duquel il serait possible <aux enseignants> de comparer leurs disciplines », afin « de les rendre attentifs aux éléments qu'ils partagent et à ceux qui les séparent » et « qu'ils puissent parler ensemble pour agir en commun » – tout particulièrement dans la perspective de développer des activités « transdisciplinaires ». C'est ainsi que Develay a proposé de décliner chaque discipline selon cinq catégories, dont nous avons constaté la capacité non seulement à faire émerger une description raisonnablement complète des disciplines scolaires, mais aussi à fournir un canevas utile à leur comparaison².

Nous avons alors émis l'hypothèse qu'une réflexion collective et progressive sur ces catégories pourrait constituer un chemin progressif vers une meilleure compréhension des postulats et des méthodes fondamentaux des disciplines invoquées dans le processus (2.1.1.2.2). Même si, au préalable, nous nous sommes autorisés à modifier quelque peu les intitulés et contours de ces catégories, afin de les rendre plus aisées à manipuler nous-mêmes et à présenter à des enseignants extérieurs au groupe, sans pour autant qu'elles perdent de leur pouvoir descriptif. Ces cinq catégories que nous avons décidé de poser pour l'analyse et la comparaison des disciplines scolaires sont ainsi :

- les « outils » matériels que l'élève doit apprendre à manipuler ;
- les « exercices » canoniques que les élèves doivent apprendre à résoudre ;
- les « connaissances » dont l'élève doit avoir conscience et qu'il doit être capable de formuler clairement à l'issue de l'enseignement ;
- les « habiletés » (procédures, techniques) que l'élève doit savoir mettre en œuvre presque par automatisme ;
- et donc les « postulats » et les « méthodes » d'administration de la preuve de la discipline.

Ainsi chaque membre du groupe a-t-il dû non seulement s'efforcer de produire pour sa discipline une liste d'éléments correspondant à chacune de ces cinq catégories, mais aussi tenter de justifier le rôle précis que jouait chaque élément cité dans l'enseignement de sa discipline. De plus, chacun a été progressivement invité à envisager l'articulation de chaque élément proposé avec les autres catégories de la grille : les « outils » à manipuler et les « exercices » à pratiquer devant pouvoir être justifiés par la nécessité de travailler certaines « connaissances » et « habiletés » de la discipline ; ces « connaissances » et « habiletés », qui résultent de la longue histoire de la discipline, relevant à leur tour de « postulats » et de « méthodes » qui lui sont propres, et pouvant donc nous aider à reprendre conscience de ceux-ci.

Cette grille a donc été conçue comme un outil évolutif et progressif, permettant de faire progressivement accéder celui qui la manipule à une description plus ample et plus précise de

¹ M. Develay, *De l'apprentissage à l'enseignement*. Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, 1992.

² M. Develay, « Pour une épistémologie des savoirs scolaires ». *Pédagogie collégiale* 7(1), 1993, pp. 35-40.

sa propre discipline, ainsi que de la pratique singulière qu'il en a développée. Cette méthode reconnaît de fait l'extrême difficulté qu'il y aurait à produire *ex nihilo* une épistémologie de sa propre discipline, et propose donc de commencer par questionner ses évidences, afin de pénétrer ensuite lentement jusqu'à son essence : les « outils » et « exercices », relativement simples à lister, car purement descriptifs de l'enseignement, permettent de compléter progressivement la liste des « connaissances » et des « habiletés », lesquelles permettent de faire peu à peu émerger certains des « postulats » et des « méthodes » d'administration de la preuve qui ont cours dans la discipline. C'est ainsi que le processus de recherche participative et interdisciplinaire menée au sein de ce groupe consiste plus précisément depuis quatre ans, au gré d'ateliers d'une demi-journée, à décliner chaque discipline enseignée par l'un d'entre nous selon les cinq catégories de cette grille et à débattre très ouvertement des propositions de chacun.

Enfin, pour dire un mot de l'organisation de ce groupe, c'est à parts égales que F. Boule'h et moi avons en charge la responsabilité tant de sa logistique (agenda, locaux, financement), que de son travail de recherche : élaboration des problèmes et hypothèses scientifiques, choix et contrôle de la méthodologie, fixation des objectifs, veille bibliographique, mise en forme des résultats, identifications des conférences et revues pour leur diffusion [8-10]. Même si nous nous efforçons d'en faire un processus aussi démocratique que possible, dans lequel rien n'est mis-en-œuvre sans accord préalable à l'unanimité et où chacun participe à chacune des étapes de ce processus à la mesure de ce qu'il souhaite donner.

Ce travail de médiation est d'ailleurs particulièrement intéressant dans le cadre de ces groupes de travail interdisciplinaire, où l'un des enjeux est justement de faire dialoguer les disciplines (et leurs représentants) sur un pied d'égalité. Donc à la fois de faire reconnaître par chacun la richesse et la pertinence équivalente des savoirs produits dans ces différentes disciplines, et de s'assurer de la possible communication entre ces savoirs par un vigilant travail de traduction et de reformulation dont, en tant que porteurs du groupe, nous portons initialement la responsabilité. Jusqu'à ce qu'avec le temps, ce « fardeau de la compréhension »¹ volontairement assumé se diffuse de façon de plus en plus homogène au sein de l'équipe. C'est pourquoi nous préférons nous considérer comme les animateurs, plutôt que comme les responsables, ou directeurs, de cette équipe de recherche.

2.2.3.1.2 Psychanalyse de groupe interdisciplinaire pour l'explicitation de l'inconscient disciplinaire

La forme que nous avons donnée à cet échange, pourra ainsi faire penser à une manière de psychanalyse de groupe² : puisque l'un des partis pris, on l'a vu, relatifs aux postulats et méthodes des disciplines est que, bien que nous les mettions en œuvre quotidiennement, ceux-ci se trouvent relégués à une sorte d'inconscient individuel ou collectif – ce qui serait justement à l'origine de bon nombre d'incompréhensions interdisciplinaires (2.1.1.1.3.2). Non pas bien sûr qu'il soit inenvisageable que certaines communautés disciplinaires, ou certains de leurs membres, aient pleinement conscience des normes fondant leur savoir et leur pratique. Mais il resterait alors de toute façon fort improbable qu'elles ou ils aient connaissance de l'ensemble de celles qui fondent les autres disciplines avec lesquelles elles ou ils pourraient avoir à collaborer. Ainsi postulons-nous que pour bon nombre d'enseignants et chercheurs, une partie des postulats et méthodes des disciplines est au moins suffisamment inconsciente, ou inconnue,

¹ J. Thompson Klein, *Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice*, 1990, p. 109.

² Pierre Privat, Dominique Quelin, Jean-Claude Rouchy, « Psychothérapie psychanalytique de groupe », *Revue de psychothérapie psychanalytique de groupe* 2(37), 2001, pp. 11-30.

pour qu'il vaille la peine d'envisager de les faire émerger en appliquant, par exemple, la procédure analytique et collective que nous proposons.

L'aspect psychanalytique de la procédure est encouragé par le déroulement même des ateliers : à son tour, chaque membre du groupe se voit en effet offrir la possibilité de présenter oralement à l'ensemble des autres – installés en un cercle dont l'orateur fait lui-même partie – la description de sa discipline qu'il aura commencé à élaborer seul, à l'aide de la grille, en amont de l'atelier. Ces présentations se font en un temps limité, mais ont vocation à être reprises à l'occasion des rencontres suivantes, inscrivant ainsi le travail dans la durée nécessaire au processus analytique. Surtout, elles peuvent être interrompues à n'importe quel moment par l'intervention bienveillante de tout autre membre du groupe ayant la sensation de ne pas avoir compris, d'avoir besoin d'une précision, d'entrevoir la possibilité d'articuler utilement une proposition à sa propre pratique disciplinaire ou à d'autres qui auront pu être évoquées. L'intersubjectivité joue ainsi un rôle fondamental, en ce qu'elle offre successivement à chaque orateur un moyen d'exposer précisément et rigoureusement sa pensée dans un contexte accueillant, mais exigeant ; et à chaque spectateur un moyen de trouver dans le discours de l'autre des éléments qu'il n'aurait su formuler lui-même, mais qui pourront éclairer certains de ses propres comportements – ou de ceux qu'il aura pu observer sans les comprendre dans son environnement professionnel – et de creuser ses intuitions en les exposant directement aux autres membres du groupe.

Surtout, cette intersubjectivité est redoublée par l'interdisciplinarité du groupe mobilisé. Pour cette série d'ateliers, il a effectivement été fait le choix résolu de multiplier les disciplines représentées et de ne réunir qu'un seul représentant de chacune, la multiplicité et l'unicité de chaque discipline convoquée nous ayant paru présenter certains avantages que nous ne pouvions négliger. Le premier étant que cette procédure offre un climat naturellement apaisé à ces échanges, où chacun peut être amené à exprimer des choses relevant de l'intimité de son activité professionnelle. Ainsi pense-t-on que la présence d'un représentant unique de chaque discipline dans la salle compense la fragilité de la position d'orateur, par le fait qu'au moment de parler de sa pratique il sait être le seul expert présent de celle-ci – et se sent donc moins en position d'être jugé. De plus, au-delà de ce frein que la réunion d'enseignants d'une même discipline aurait pu imposer à la libre et confiante parole de chacun, martelons de nouveau que ce que nous cherchons ici à mettre en lumière, ce sont les normes cachées dans l'inconscient – ou dans les implicites – du discours disciplinaire (2.1.1.1.3.2). Implicites qu'une assemblée mono-disciplinaire ne pourrait qu'avoir le plus grand mal à formuler ; puisqu'elle les partagerait majoritairement. Plus qu'un simple avantage, la pluralité disciplinaire de l'assemblée se révèle alors peut-être une nécessité : parce que chacun saura devoir être aussi explicite que possible pour faire entendre les spécificités de sa pratique à des personnes issues d'autres communautés, mais aussi parce que même en s'efforçant de l'être, des partis pris ne manqueront pas de rester cachés, qui ne seront révélés que par l'incompréhension de l'auditoire. Une incompréhension qui émergera d'autant plus spontanément qu'aucun spectateur ne sera familiarisé aux implicites de la discipline présentée et que chacun pourra pleinement assumer la naïveté de celui qui ne la pratique pas.

2.2.3.1.3 Mise en contraste des pratiques disciplinaires

On pressent enfin que la mise en présence de représentants de différentes disciplines démultipliera l'efficacité du travail qui aurait pu être effectué en interne dans chacune d'entre elles par la possibilité d'une « mise en contraste » des pratiques, susceptible de révéler et de préciser les implicites disciplinaires en mettant en valeur non seulement les motifs qui

sembleront se surimprimer d'une discipline à l'autre lorsqu'on les compare, mais aussi les contours flous qui se dessineront à la marge de ces motifs apparemment semblables. Ce concept de « contraste », Richard Feynman le mobilisait dans *La nature de la Physique* comme un moyen pédagogique utile à l'explicitation de la nature surprenante des objets quantiques : « Je vais donc vous décrire le comportement des électrons et des photons dans leur style quantique typique. Je vais utiliser un mélange d'analogies et de contrastes. En n'utilisant que des analogies je n'y arriverais pas, il me faut donc utiliser analogies et contrastes avec des phénomènes qui vous sont familiers », disait-il¹. Ainsi dessinait-il les contours d'objets nouveaux en isolant non seulement les aspects par lesquels ils ressemblaient à d'autres objets connus, mais aussi ceux par lesquels ils s'en distinguaient ; illustrant du même coup cette capacité fort intéressante du « contraste », je crois, à faire émerger des propriétés subtiles d'un objet ou d'un phénomène, qui n'auraient pas été visibles si on ne les avait pas comparées à celles d'un objet ou phénomène d'abord jugé semblable.

Dans le cas présent, ces contrastes joueront d'abord un rôle de révélateur de points communs entre disciplines, chaque fois qu'un autre explicitera des éléments fondamentaux de sa discipline dont on aura soi-même oublié l'importance cruciale pour la nôtre. Ainsi, par exemple, l'importance de l'habileté à analyser un texte et à trier les informations en cours de lettres ou à produire des argumentaires cohérents en philosophie, pourra rappeler aux scientifiques l'importance de travailler ces mêmes habiletés dans leurs propres classes. Mais le contraste pourra jouer également comme intensificateur de petites différences, pour ce que ces exercices, habiletés ou méthodes, dont on retrouvera des analogues ou homonymes dans plusieurs disciplines, ne seront jamais exactement les mêmes. Alors, les déclinaisons très proches que deux disciplines proposeront d'un même objet auront une capacité inégalée à préciser les positions de chacune. S'il s'agit de problématiser dans toutes les disciplines, la procédure n'est jamais exactement la même, et en parler c'est se donner la chance de pouvoir le signifier aux étudiants et leur permettre de mieux cerner certains détails de cette habileté complexe. S'il s'agit de savoir trier en littérature et en chimie, ce ne sont ni les mêmes types d'objets, ni les mêmes critères qui réguleront ce tri. Si toutes les sciences de la nature tirent un statut privilégié de leur capacité à administrer la preuve par l'expérimentation, la biologie reconnaît pour sa part l'historicité irréductible de certains de ses objets (comme la théorie de l'évolution) et l'importance de méthodes de collection de faisceaux d'indices analogues à celles pratiquées en histoire. S'il s'agit d'effectuer des mesures en biologie comme en physique, la nature fondamentalement variable des individus de la biologie (cellule, organe, membre d'une espèce donnée), confrontée à l'identité et à la permanence postulée des individus de l'autre (atome, molécule, photon), donne au résultat de mesures sur ces entités une portée fort différente dans chaque discipline ; la mesure devant en biologie être interprétée que comme une moyenne représentative d'une population et en physique comme un intervalle irréductible dans lequel devrait se trouver la valeur véritablement visée².

Ainsi, par ce jeu de contrastes, une proposition relative à une discipline trouvera souvent écho dans une autre. Soit par une transposition directe de l'une à l'autre ; soit par le constat d'une absence totale de correspondance dans une autre, qui pourra servir de marqueur de

¹ R. P. Feynman, *La nature de la Physique*, H. Isaac, J.-M. Lévy-Leblond et F. Balibar (trad.), Paris, Points Sciences, 1980, p. 154.

² Comme le soulignait Canguilhem, l'individualité de l'échantillon biologique n'a pas de conséquence sur la portée de la mesure biologique uniquement, mais sur celle de l'expérimentation biologique en général. D'ailleurs, ne procède-t-il pas dans ce même essai à l'explicitation des spécificités de l'expérimentation en biologie animale par une sorte de mise en contraste avec l'expérimentation en chimie et en physique ? G. Canguilhem, « L'expérimentation en biologie animale », dans *La connaissance de la vie*, Paris, J. Vrin, 1971, p. 28.

différenciation de ces deux disciplines ; soit enfin par la révélation de correspondances possibles, mais imparfaites, entre deux pratiques disciplinaires, qui seront l'occasion de souligner les finesses des modalités de chacune.

Or, rappelons que la procédure a pour ambition de faire parvenir ses participants à la formulation des postulats et méthodes fondatrices de ces disciplines qu'ils enseignent dans le secondaire comme dans le supérieur, et que ces disciplines enseignées dans le supérieur correspondent en général à autant de disciplines de recherche enseignées dans les mêmes départements. C'est donc ici que ce projet de comparaison synchronique de l'épistémologie des différentes disciplines enseignées à notre époque, rejoint discrètement celui de la comparaison diachronique de l'épistémologie d'une même discipline à différentes périodes de son histoire décrit dans la partie précédente, dans un projet qui ressemble bien à cette « épistémologie comparative » prônée par Gilles Gaston Granger¹.

2.2.3.1.4 Le dialogue interdisciplinaire clarifie l'enseignement disciplinaire

Le modeste objectif de cette procédure d'auto-analyse collective et interdisciplinaire des disciplines n'est pourtant avant tout que d'offrir aux collègues un peu de temps et un terrain structuré pour poser leur esprit, se rencontrer et s'exprimer sur leurs pratiques professionnelles de manière à pouvoir sereinement les faire évoluer. En ce sens, il ne s'agit pas tant d'aboutir à une définition complète et définitive des disciplines que de permettre à chacun, au terme d'un échange collectif, de prendre conscience de quelques-uns des fondamentaux inconscients, oubliés ou trop évidents de sa propre discipline et d'imaginer le moyen de les réinvestir dans son enseignement disciplinaire, ou interdisciplinaire. Tout en développant une réflexion profonde et méthodique sur les disciplines, ce processus ne s'embarrasse donc pas d'en élaborer une quelconque définition universelle ; cela serait de toute façon hors de sa portée et hors de son propos. C'est pourquoi la présence d'un seul représentant de chaque discipline dans le groupe, menant nécessairement à une description partielle et partielle de celle-ci, ne nous inquiètera pas. Il ne s'agira pas tant en effet d'y faire avancer la science, que de parvenir à ce que chacun avance un peu lui-même.

Probablement est-il plus que temps de signaler d'ailleurs que le modèle de discipline que je me suis autorisé à proposer de façon assumée jusqu'ici ne peut être qu'une approximation très simplifiée du problème. En supposant l'existence de marqueurs caractéristiques d'une discipline communs à l'ensemble de ceux qui la pratiquent, un tel modèle néglige effectivement le fait que l'identité disciplinaire d'un chercheur, comme celle d'un enseignant, peut s'avérer bien plus complexe et dynamique que notre raisonnement pourrait le laisser supposer². C'est pour cela aussi que nous ne visons pas une définition générale des disciplines engagées dans le processus, mais seulement à un travail réflexif de chacun sur son rapport à sa communauté de recherche ou d'enseignement. Et que nous préconisons ensuite que ce dialogue interdisciplinaire soit prolongé et approfondi par des échanges entre membres d'une même communauté disciplinaire [9].

Reste que, comme l'ont justement démontré nos travaux [8], cette pratique du dialogue interdisciplinaire a produit des effets susceptibles de s'incarner directement dans le métier de ses participants. Ils témoignent, d'une part, que ce travail d'analyse de leur propre discipline, fait de réflexion introspective et de discussions collectives leur a souvent permis de consolider

¹ G.G. Granger, « Leçon inaugurale au Collège de France (1987) », *Noesis* 38, 2022, p. 251-269.

² Ayuko Sedooka, Gabriela Steffen, Theres Paulsen et F. Darbellay, « Paradoxe identitaire et interdisciplinarité : un regard sur les identités disciplinaires des chercheurs », *Natures Sciences Sociétés* 23, 2015, p. 367-377.

leur pratique d'enseignement disciplinaire, en leur révélant de nombreux implicites fondamentaux de leurs propres disciplines qu'ils n'auraient peut-être jamais explicités auprès de leurs élèves et dont ils ont réalisé qu'ils avaient pu être la clé de leurs difficultés à transmettre certaines parties de leurs cours. Ainsi notre projet rejoignait-il à sa manière celui de l'« Interdisciplinary Graduate Program in the Humanities » de la Pennsylvania State University, dont l'objectif n'était pas tant de créer un champ de recherche et d'enseignement interdisciplinaire, que d'aider les étudiants et les chercheurs à devenir « meilleurs dans leurs disciplines »¹.

D'autre part, à l'issue de cette réflexion collective fondée sur un même système d'analyse, la plupart de ses participants s'est dite plus à même de comprendre les spécificités des autres disciplines, et donc de dialoguer avec leurs collègues et d'élaborer avec eux les pratiques interdisciplinaires désormais imposées au sein des établissements scolaires.

Ce projet de recherche participative a ainsi déjà mené à une présentation dans une conférence internationale et à la publication de trois articles dans des revues à comité de lecture [8-10]. Notre ambition pour les années à venir est donc de profiter de cette dynamique pour poursuivre l'analyse de la manière dont cette comparaison épistémologique des disciplines offre non seulement des outils clarifiant les apprentissages disciplinaires, mais aussi de potentiels moyens de produire des enseignements interdisciplinaires riches et formateurs, articulant entre eux de manière critique des savoirs disciplinaires présentés de façon rigoureuse, précise et contextualisée.

Il est enfin prévu de réinvestir ce travail sur le terrain de l'enseignement et de la formation, d'une part, en reproduisant ces ateliers au sein du futur Master Épistémologie d'AMU, dont l'ouverture est prévue en septembre 2024 et dont la vocation est de réunir des étudiants issus de parcours scientifiques différents, qui seront formés à l'histoire et la philosophie de disciplines qui ne sont pas nécessairement les leurs à l'origine. D'autre part, le format de cet atelier a été adapté afin de pouvoir le proposer sous forme de deux journées successives de formation continue (pour une durée totale de 15 heures) destinées aux enseignants du secondaire, intitulées « Lever les implicites de l'enseignement disciplinaire par le dialogue interdisciplinaire » et animées pour la première fois cette année 2024 par notre équipe dans le cadre du Plan Académique de Formation de l'académie d'Aix-Marseille.

2.2.3.2 *Éloge critique de l'Interdisciplinarité*

Collaborateurs : Gabriella Crocco (Philosophie des Mathématiques, CGGG, AMU),
Eric Audureau (Épistémologie, CNRS, CGGG, AMU),
Florence Boulc'h (Chimie, MADIREL, AMU),
Olivier Morizot (Histoire des Sciences, CGGG, AMU).

En parallèle de cette démarche de recherche participative sur les enjeux du dialogue interdisciplinaire relativement à l'enseignement d'abord disciplinaire et, à terme, interdisciplinaire, nous avons mis en place avec deux collègues épistémologues et une chimiste un projet de recherche plus théorique et réflexif sur l'interdisciplinarité, dont nous tâchons toujours de mieux cerner les éventuelles justifications épistémologiques, autant que les manières plus ou moins saines et vertueuses de la mettre en œuvre, ou que les possibles dérives idéologiques qui peuvent s'y adosser.

¹ Hans Flexner et Gerard A. Hauser, « Interdisciplinary Programs in the United States, Some Paradigms », dans *Interdisciplinarity and Higher Education*, J. J. Kockelmans (éd.), University Park, Pennsylvania State University Press, 1979, p. 345.

A travers la lecture d'auteurs fondateurs du courant interdisciplinaire¹, de programmes scolaires et d'appels à projets interdisciplinaires, de textes de groupe de chercheurs ayant mis en œuvre une recherche interdisciplinaire féconde², mais aussi et surtout d'épistémologues ayant défendu une distinction claire entre sciences, techniques, philosophie et mythes ou idéologies scientifiques (Canguilhem, Granger, Vuillemin), nous nous efforçons de faire émerger les intentions politiques cachées derrière la promotion de l'interdisciplinarité, leurs possibles dérives, les risques de voir le dogme de l'interdisciplinarité se substituer à l'histoire et à la philosophie des sciences ; mais aussi les éventuelles forces épistémologiquement fondées de l'interdisciplinarité et les possibles manières de les mettre en œuvre.

A terme, l'une de nos envies est de diffuser ces débats et réflexions sous un format didactique, susceptible de permettre à tout un chacun de saisir ces différents enjeux. Le format de publication envisagé pour les conclusions de ce groupe est actuellement celui de dialogues mimant la forme du dialogue platonicien, mettant donc à disposition une variété d'options théoriques entre lesquelles le lecteur est autorisé à faire des choix.

2.2.4 Séminaire Inter-disciplines

Comme expliqué plus haut (2.2.2), je coordonne et coanime depuis la rentrée 2023 avec mes collègues G. Crocco et F. Boule'h le cycle annuel de conférences « Inter-disciplines » de l'Institut d'Études Avancées d'AMU. Cycle de cinq conférences annuelles dont l'objectif est d'ouvrir un lieu de réflexion et de débat collectif sur les conditions de possibilité et sur les conséquences théoriques du dialogue interdisciplinaire. A l'occasion de chacune de ces conférences, une ou un chercheur ayant travaillé activement en interdisciplinarité est invité à présenter non seulement son travail, mais aussi les déplacements théoriques et méthodologiques que cette collaboration l'aura personnellement mené à effectuer.

Chaque conférence est ouverte à tous les collègues des laboratoires et Instituts d'Aix-Marseille et – comme on l'a déjà évoqué – elle est offerte en tant que formation doctorale à AMU. Cette formation est ainsi densifiée par la préparation de chacune de ces conférences qui est proposée la veille aux doctorants – ainsi qu'aux étudiants de master, aux post-docs et aux chercheurs qui le souhaitent – par la lecture et la discussion de textes préparatoires choisis par l'invité lui-même. Cet atelier de lecture est conduit par G. Crocco, F. Boule'h et moi-même, ainsi éventuellement que d'autres collègues AMU spécifiquement sollicités en fonction des questions traitées.

Pour l'année 2023-2024, les conférenciers invités ont été :

- Giuseppe Longo, École Normale Supérieure, Paris, « Mythes et limites du numériques, l'intelligence artificielle et la biologie du programme génétique », 11-12 octobre 2023,

- Frédéric Darbellay, Université de Genève, « L'interdisciplinarité : Qui ? Quoi ? Comment ? pourquoi ? », 29-30 novembre 2023,

¹ J. Piaget, « Classification disciplinaire et annexion interdisciplinaire », *Revue internationale des sciences* 16(4), 1964, p. 598-617. E. Morin et M. Piatelli-Palmarini (dir.), *L'unité de l'homme. Invariants biologiques et universaux culturels*, Paris, Seuil, 1974. E. Morin, « De l'interdisciplinarité », In : Centre national de la recherche scientifique (éd.), *Actes du colloque « Carrefour des sciences »*, Paris, PAPCOM, 1990, p. 21-29.

² Voir par exemple les articles récemment publiés dans le Vol. 11 : « Penser l'interdisciplinarité en pratique », du *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science*.

- Julien Mary et Marc Conesa, CNRS, Université Paul Valéry Montpellier 3, « Le Groupe Interdisciplinaire sur l'Électricité Atmosphérique Naturelle. Retour sur une expérience interdisciplinaire radicale », 13-14 mars 2024,

- Thomas Lecuit, Collège de France, « Le paradoxe fondamental de la matière vivante, mis en perspective interdisciplinaire », 12-13 juin 2024.

2.2.5 Résumé de mes Articles sur l'Interdisciplinarité

O. Morizot, M. Bascaules, M. Chrétien, J. Tonussi-Reboh, G. Tonussi, C. Noûs et F. Boulc'h, « Le dialogue interdisciplinaire clarifie l'enseignement disciplinaire », *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science* 11, 2023.

Cet article fait état des conclusions de cet atelier ayant réuni à intervalles réguliers neuf enseignants de disciplines différentes de l'université et du lycée afin qu'ils expliquent les uns aux autres les spécificités de la discipline qu'ils enseignent, à l'aide d'une grille catégorielle élémentaire guidant leur analyse et permettant leur comparaison. Ces conclusions indiquent que le premier bénéficiaire de ces rencontres interdisciplinaires est l'enseignement disciplinaire lui-même. De fait, ce travail introspectif et collectif a fait émerger des implicites fondamentaux spécifiques ou communs à ces disciplines dont les enseignants n'avaient pas conscience, qu'ils n'avaient jamais partagé avec leurs élèves et qu'ils ont identifié comme la source de difficultés jusque-là inexprimables rencontrées par nombre d'entre eux. L'hypothèse explorée dans ce texte est donc que, par effet d'analogies et de contrastes, le dialogue interdisciplinaire peut être un formidable outil de renforcement et de clarification de l'enseignement disciplinaire, qui pourrait jouer un rôle clé dans la formation des enseignants.

F. Boulc'h et O. Morizot, « De l'intérêt de la réflexion interdisciplinaire pour l'enseignement de la chimie », *L'Actualité Chimique* 479, 2022, p. 37-41.

Différentes expériences pédagogiques ont montré que la mise en place d'un enseignement interdisciplinaire fonctionne d'autant mieux que l'on prendra au préalable le temps de questionner les identités disciplinaires. Aussi décrit-on dans cet article une démarche permettant à tout enseignant de chimie, accompagné d'enseignants d'autres disciplines, de faire remonter à la surface certains des postulats et des méthodes implicites de son cours. On présente ensuite un exemple concret d'application de cette réflexion et de ses conséquences sur l'enseignement de chimie.

F. Boulc'h, M. Bascaules, M. Chrétien, J. Tonussi-Reboh, G. Tonussi, C. Noûs et O. Morizot, « De l'interdisciplinarité aux disciplines, et réciproquement », *Revue Intelligibilité du Numérique* 1, 2020.

Il s'agit dans cet article de témoigner des premières conclusions d'une expérience de formation interdisciplinaire à l'université, dans le but d'illustrer certains des points forts et des faiblesses d'une telle entreprise. Puis de faire état du travail de deux séries d'ateliers de réflexion sur l'identité disciplinaire, mis en place dans le but d'élaborer collectivement des outils de construction d'une interdisciplinarité réellement profitable aux étudiants. On voit alors émerger de ces travaux un processus circulaire, où l'interdisciplinarité permet un retour aux fondamentaux des disciplines, qui éclairent en retour le dialogue interdisciplinaire.

É. Audureau, M. Brunet et O. Morizot, « Fonctionnement de la Licence Sciences & Humanités », dans *Sciences et humanités : décroisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 17-24.

Cet article relate le fonctionnement courant de la licence Sciences & Humanités en expliquant la manière collective et interdisciplinaire suivant laquelle ont été élaborés ses programmes, en rapportant la modalité de recrutement de ses étudiants ainsi que quelques statistiques concernant leur réussite et leur poursuite d'études, et en décrivant certaines conditions logistiques de son fonctionnement. Ce texte tente enfin de résumer les diverses manières dont sa création et sa fréquentation ont participé à la rénovation de pratiques universitaires, tant pour ses enseignants que pour ses étudiants.

B. Morizot et O. Morizot, « Justifications épistémologiques de la transdisciplinarité », dans *Sciences et humanités : décroisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 25-28.

On se propose ici de rendre compte, de manière informelle, d'une multiplicité des motivations animant les membres de la licence Sciences & Humanités dans leur approche de l'inter-, ou de la transdisciplinarité (les deux mots étant ici employés indistinctement). A dire vrai, le mot lui-même est aujourd'hui suffisamment à la mode pour que nous ayons toutes les raisons de le trouver suspect. Par ailleurs, il est assez rare d'entendre des raisonnements précis permettant de justifier théoriquement la supériorité de l'interdisciplinarité (comme processus d'intégration et de dépassement des disciplines) sur la pluridisciplinarité (juxtaposition des disciplines), ou même sur la disciplinarité, pour résoudre certains problèmes d'enseignement ou de recherche. On essaie donc ici une réponse temporaire à la question : « comment donner une justification épistémologique convaincante à la pratique de l'interdisciplinarité ? ».

O. Morizot, É. Audureau, J.-Y. Briend, G. Hagel et F. Boulc'h, « Introducing the Human Element in Chemistry by Synthesizing Blue Pigments and Creating Cyanotypes in a First-Year Chemistry Course », *Journal of Chemical Education* 92, 2015, p. 74-78.

Dans cet article, nous présentons deux applications concrètes du concept de « facteur humain » introduit par Peter Mahaffy dans l'enseignement de la chimie, en décrivant d'abord un cours et un projet expérimental motivés par la synthèse de pigments bleus. Puis, en présentant une série de leçons et d'expériences interdisciplinaires, à cheval entre physique, chimie, mathématiques et histoire de l'art, sur la photographie bleue (ou « cyanotypie »). Outre la description du contenu de ces cours, nous explorons les motivations nous ayant conduits à adopter cette approche, sa place dans le contexte académique local et les premiers résultats de ces expériences pédagogiques.

F. Boulc'h, M. Andryeux, O. Morizot, É. Audureau, M. Anglade et G. Hagel, « La transdisciplinarité ou l'art d'enseigner la chimie du bleu », *L'Actualité chimique* 374, 2013.

Cet article présente une approche pédagogique de la synthèse des pigments bleus, situant les diverses étapes de l'histoire de ces pigments dans leur contexte historique et social. Dans l'enseignement classique de la chimie, la couleur est en effet strictement abordée à travers le prisme de la structure moléculaire des pigments. Nous pensons cependant que l'intérêt et le sens de ces synthèses sera d'autant mieux apprécié que l'on aura connaissance des raisons (techniques, économiques, esthétiques...) qui furent à l'origine de leur développement. L'idée défendue étant même que, si les étudiants sont à même de comprendre le processus historique ayant mené à la constitution du domaine de la chimie, ils seront mieux en mesure de porter un regard critique sur son état actuel et d'en renouveler les méthodes dans le futur.

2.3 Enseignement et Histoire des Sciences

C'est par l'enseignement, je l'ai dit, que je suis arrivé à l'histoire des sciences. L'objectif que j'ai donc continûment poursuivi depuis a été, d'une part certes, de contribuer à la recherche en histoire des sciences (2.1) ; d'autre part, de développer une approche didactique, partiellement fondée sur l'histoire des sciences, de l'enseignement des sciences. Ou plus précisément, dans le cadre de mes propres recherches, de l'enseignement des sciences physiques ainsi que, dans une certaine mesure, des mathématiques et de la chimie. Ceci pour la raison que je me suis très tôt rendu compte que l'enseignement des contenus scientifiques pouvait être considérablement amélioré par une réflexion sur l'histoire de ces contenus. Les raisons théoriques de cette amélioration et l'horizon qui peut légitimement être visé par l'enseignement de contenus scientifiques via leur histoire sont alors des questions qui m'ont vivement interpellé. Notamment parce que je remarquais aussi que de nombreux manuels scolaires de sciences mobilisaient déjà l'histoire, mais que beaucoup des propositions que j'y voyais mises en œuvre ne me convainquaient pas et me donnaient l'impression d'entretenir un discours convenu et idéologique sur la science, reposant plus sur la répétition d'anecdotes et d'arguments d'autorités que sur l'élaboration d'un surplus de compréhension et de maîtrise des éléments du cours de science.

C'est pourquoi j'introduirai cette dernière partie par des considérations sur ce que sont selon moi les enjeux didactiques de la mobilisation de l'histoire en cours de sciences. La démarche n'a rien d'original en soi¹ et s'inscrit notamment dans la lignée des travaux de Michael Matthews qui, quoique dressant par ailleurs un impressionnant panorama des usages d'une approche historique dans les enseignements scientifiques², n'a pas manqué de souligner les réticences exprimées par certains historiens des sciences eux-mêmes à l'égard de l'introduction de l'histoire dans l'enseignement de la physique³. Ceux-ci, dit-il, redoutent notamment qu'une histoire des sciences ajustée à l'enseignement de la science ne se transforme justement en une histoire « pauvre » ou en une « pure et simple fabrication [...] en soutien de l'idéologie scientifique actuelle » (p. 71-72). Il note par ailleurs que de nombreux scientifiques se méfient également de l'introduction de contenus historique dans leur enseignement, craignant essentiellement que ceux-ci ne rognent sur le temps de formation en sciences des étudiants, tout en risquant de les déstabiliser par l'apport de contenus dont ils n'auraient pas l'usage.

Face à ces arguments somme toute légitime, Matthews ne désarme pourtant pas. Admettant que le contenu historique inséré en cours de science sera nécessairement simplifié et transposé à la classe – comme toute connaissance issue de la recherche nécessite d'être didactiquement transposée avant d'être enseignée⁴, et donc comme le contenu scientifique enseigné l'aura été lui-même – il défend que cette transposition n'a pas nécessairement à être caricaturale ni trompeuse. Et que tout en rognant inévitablement du temps sur le cours de science, l'histoire doit pouvoir donner un sens aux concepts et lois enseignées, qui doit permettre lui-même d'améliorer et même d'accélérer leur prise en main par les étudiants. C'est indiscutablement cet objectif que poursuivent aujourd'hui des revues telles que *Science & Education* – d'ailleurs

¹ Pour ne citer qu'un texte, faisant lui-même l'histoire de ce thème : Nicole Hulin, « L'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique. Aperçu historique », *Revue française de pédagogie* 66, 1984, p.15-27.

² M. R. Matthews (éd.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching Science Education*, Springer, 2014.

³ M. R. Matthews, *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, New York, London, Routledge, 1994.

⁴ Yves Chevallard, *La transposition didactique – Du savoir savant au savoir enseigné*, Grenoble, La Pensée Sauvage Éditions, 1985.

fondée par Matthews et adossée à l' « International History, Philosophy, and Science Teaching Group » – ou le *European Journal of Physics*. En France, la recherche dans le domaine est également particulièrement active, comme en témoignent les travaux non seulement de didacticiens – comme Cécile de Hosson, Laurence Maurines ou la regrettée Laurence Viennot¹ – mais aussi d'historiens – comme Muriel Guedj, Pierre Savaton, Arnaud Maryrargue ou Christian Bracco, pour n'en citer que quelques-uns².

J'aimerais toutefois prendre ici le temps de dessiner et de justifier le plus clairement possible l'horizon vertueux vers lequel je pense que l'histoire pourrait effectivement participer à déplacer lentement l'enseignement des sciences. Ce afin non seulement de pouvoir mieux viser moi-même cet horizon en classe, mais également dans l'espoir de parvenir à transmettre à d'autres collègues enseignants quelques moyens pour le faire. Non pas sous forme d'itinéraires fixes et préétablis, qui seraient selon moi voués à l'échec par leur manque d'adaptabilité aux contextes très variés d'enseignement, mais sous forme au moins de boussole, qui permettrait à chacun de développer sa propre pratique tout en ayant la possibilité à chaque instant de faire le point encore, d'évaluer sa position et sa progression dans la direction d'un horizon qui aura été clairement dégagé. C'est d'ailleurs l'objectif d'un projet de recherche participative que je coordonne depuis peu au sein de l'IRES – sur lequel je reviendrai plus bas (2.3.3) – qui réfléchit aux moyens d'approfondir ces réflexions, de les mettre concrètement en œuvre dans le cadre de l'enseignement secondaire et d'initier les collègues enseignants à leur pratique par la formation initiale et continue.

2.3.1 Enjeux de la mobilisation de l'histoire dans l'enseignement des sciences

2.3.1.1 Répondre aux consignes institutionnelles

De plus en plus, les programmes officiels de l'enseignement secondaire préconisent eux-mêmes l'usage de l'histoire pour l'enseignement des sciences en général³. Aussi faudrait-il insérer des contenus d'histoire des sciences à leur enseignement ne serait-ce que pour répondre aux consignes institutionnelles. Mais, d'une part, il n'est généralement précisé ni comment l'enseignement de contenus historiques, ni comment leur progression doivent être mis en œuvre en classe ; laissant ce choix à la discrétion d'enseignants souvent démunis face à ces questions qui sortent du cadre de leur formation. D'autre part, les raisons officiellement avancées pour justifier ces consignes sont elles-mêmes rarement explicites, au point de laisser place, pense-t-on, à une diversité d'interprétations, parfois contradictoires, comme une brève analyse du programme officiel pour l'enseignement scientifique de 2020 permettra d'en juger. On y dit :

¹ C. De Hosson, *L'histoire des sciences : un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique*. Habilitation à Diriger les Recherches, Université Paris-Diderot, 2011. L. Maurines, *Le raisonnement géométrique en termes d'objet dans la physique des ondes*, Habilitation à Diriger les Recherches, Université Paris-Sud, 2001. L. Viennot (dir.), *Didactique, épistémologie et histoire des sciences*, Paris, Presses Universitaires de France, 2008.

² M. Guedj, *Itinéraire en histoire des sciences : des concepts et des objets pour des questions nouvelles*, Habilitation à Diriger les Recherches, Université Paris Sud, 2016. P. Savaton, *Émergence et construction disciplinaire : de la minéralogie à la géologie (XVIIIe-XIXe), de l'histoire naturelle aux sciences de la vie et de la Terre (XIXe-XXe)*, Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Bretagne Occidentale, 2014. A. Maryrargue et P. Savaton, « Quels liens entre l'Histoire des Sciences, l'épistémologie et la didactique des disciplines ? », *Trema*, 2006. C. Bracco, *Histoire et Enseignement de la Physique : Lumière, Planètes, Relativité et Quanta*, Habilitation à Diriger les Recherches, École Normale Supérieure de Cachan, 2010.

³ Voir par exemple Stéphane Ami, Armelle Klein, et Jean-Philippe Fourniou, *Programmes de Sciences – Compilation exhaustive*, Bulletin officiel de l'éducation nationale, 2020. Ou la liste de ressources mise en ligne par le Ministère de l'Éducation pour guider l'insertion de l'histoire en cours de sciences sur <https://eduscol.education.fr/225/recherche-et-innovation-en-physique-chimie>. Consulté le 23/08/2023.

- que « la mise en perspective historique de certaines connaissances contribue à enrichir la culture scientifique des élèves » (p. 155),
- qu'il est bon d'« expliquer, par l'histoire des sciences et des techniques, comment les sciences évoluent et influencent la société et l'environnement » (p. 265),
- que « les activités proposées permettent d'introduire expérimentalement des exemples de transformations chimiques dès la classe de 5^e, avec des liens possibles avec l'histoire des sciences d'une part, et les situations de la vie courante d'autre part » (p. 267),
- et qu'« une mise en perspective des savoirs avec l'histoire des sciences et l'actualité scientifique est fortement recommandée » (p. 311)¹.

Il est donc recommandé d'utiliser l'histoire pour développer la « culture scientifique » des élèves, c'est-à-dire certainement la connaissance d'éléments de sciences qui devraient être connus de tous. Mais on devine que l'histoire des sciences devrait être également utile à motiver les élèves en classe. C'est en tout cas une manière d'interpréter son lien suggéré ici avec la « société », les « situations de la vie courante », « l'actualité scientifique », qui sont autant de thèmes généralement mobilisés dans le but d'introduire un peu de vie, un peu d'humain, dans le discours disciplinaire de l'enseignant, et de le rendre ainsi plus attractif. L'idée sous-entendue dans cette partie serait donc que l'introduction de l'histoire dans l'enseignement des sciences pourrait donner aux étudiants une image plus humaine de celles-ci, donc plus accessible car plus susceptible de générer une empathie à l'égard de ses contenus, en mobilisant par exemple les noms, les visages et les vies de certains des personnages ayant participé à sa production.

Plus loin, on ajoute que :

- « l'histoire des sciences raconte une aventure de l'esprit humain, lancé dans une exploration du monde (la science pour savoir) et dans une action sur le monde (la science pour faire) » (p. 393)
- « la compréhension de l'histoire des savoirs scientifiques et de leur mode de construction, la pratique véritable d'une démarche scientifique (y compris dans sa dimension concrète) développent des qualités de l'esprit utiles à tous » (p. 393)
- « l'une des manières de comprendre comment se construit le savoir scientifique est de retracer le cheminement effectif de sa construction au cours de l'histoire des sciences. Il ne s'agit pas de donner à l'élève l'illusion qu'il trouve en quelques minutes ce qui a demandé le travail de nombreuses générations de chercheurs, mais plutôt, en se focalisant sur un petit nombre d'étapes bien choisies de l'histoire des sciences, de faire comprendre le rôle clé joué par certaines découvertes. Le rôle prépondérant joué parfois par tel ou tel chercheur sera souligné. Ce sera aussi l'occasion de montrer que l'histoire du savoir scientifique est une aventure humaine. Des controverses, parfois dramatiques, agitent la communauté scientifique. Ainsi, peu à peu, le savoir progresse et se précise » (p. 396)
- et « l'objectif n'est pas de connaître dans le détail les arguments utilisés au cours de l'histoire des sciences, mais de savoir interpréter des données relatives à ces arguments. Il s'agit de prendre appui sur cet exemple pour montrer comment la science construit et perfectionne peu à peu sa compréhension de la nature, en exploitant des faits nouveaux apparus successivement. Il s'agit aussi de montrer qu'une question scientifique complexe est résolue grâce à la participation de plusieurs domaines de spécialité » (p. 404)².

Ainsi, l'histoire devrait-elle également être en mesure d'illustrer aux étudiants le fait qu'au-delà de ces quelques personnages mis en valeur, la science est une activité sociale élaborée en équipes, traversée de débats animés par des partisans, partiellement orientés par des résistances

¹ Extraits de S. Ami et al., *Programmes de Sciences – Compilation exhaustive*, 2020.

² S. Ami et al., *Programmes de Sciences – Compilation exhaustive*, 2020.

psychologiques ou des motivations politiques, et que ces facteurs participent également à la construction de la science. Autant d'informations qui doivent permettre aux élèves faisant le choix de poursuivre une activité en science de développer un rapport plus sincère et moins idéalisé à celle-ci¹ et, à ceux qui n'y seront confrontés qu'en tant que citoyens, d'installer une relation à la science qui ne serait ni un rapport de confiance aveugle, ni ce rapport de méfiance qui me semble se propager depuis la fin des trente glorieuses, et plus particulièrement encore depuis la pandémie de 2020², peut-être justement parce que l'on a trop longtemps exagéré le caractère réaliste et désintéressé de la production scientifique. A ce titre, l'enseignement des sciences par leur histoire pourrait se révéler un outil utile à l'appréhension de leur mode de construction, et donc du sens et de la portée importante, mais limitée, des savoirs scientifiques, je l'ai déjà évoqué (2.1.1.2.1).

On peut par ailleurs imaginer que la mise en scène de la complexité de la construction scientifique pourrait rassurer certains élèves quant au fait qu'il est normal de ne pas tout comprendre d'un seul coup, et qu'il doit y avoir un lien entre les différents enseignements scientifiques. Enfin, l'idée que la science n'est pas finie, mais qu'elle continue d'évoluer, doit certainement la rendre plus mystérieuse et attrayante pour certains. C'est en tout cas un pari souvent fait par les didacticiens.

Reste que ces extraits du programme me semblent donner quelques indications risquant de biaiser ce projet. Ce « rôle prépondérant joué par tel ou tel chercheur » me semble en effet susceptible de brouiller l'aspect social de la construction des sciences et risquer fortement d'inoculer aux élèves un variant du « virus du précurseur »³, en faisant dériver le récit vers une histoire hagiographique de la science, dans laquelle Copernic, Galilée, Newton, Lavoisier ou Einstein, nous auraient apporté le savoir comme des révélations, parfois au péril de leur vie, en bravant l'obscurantisme religieux ou politique. Or, cette histoire des héros de la science, rapportée comme une « aventure », alimente je crois trop souvent une idéologie victorieuse de celle-ci, qui avancerait courageusement et sans erreur, indépendamment des pressions extérieures, par pur désintéret et pour le seul bien de l'humanité. Une idéologie non seulement fautive, mais susceptible de produire de lourds dégâts lorsqu'elle est reprise par le pouvoir politique.

Du reste, les termes de « cheminement » des savoirs, qui « progressent et se précisent », qui se « perfectionnent », grâce à « des faits nouveaux » portent encore cette idéologie exagérément positiviste d'une histoire des sciences linéaire, jalonnée d'étapes clés nécessaires, et menant vers un but déterminé, en s'améliorant à chaque étape. Or, je crois que toute histoire sérieuse des sciences doit au contraire se prémunir de tels clichés, dans lesquels il sera malheureusement d'autant plus facile de tomber que consigne est ici donnée aux enseignants de ne pas rentrer « dans le détail des arguments » avec les élèves ; quand ce « détail » est précisément le lieu où se situe souvent tout l'intérêt de l'histoire. En somme s'il s'agissait seulement d'introduire ce genre d'histoire dans l'enseignement de la science, probablement faudrait-il se ranger sans plus tarder à la conclusion de Bernadette Bensaude-Vincent que « mieux vaut pas d'histoire qu'une histoire biaisée »⁴.

¹ Matthew Stanley, « Why should physicists study history? », *Physics Today* 69, 7, 2016, p. 39.

² I. Stengers, « Que nous apprend la pandémie ? », *Esprit* 472, 2021, p. 37-47.

³ Joseph T. Clark, « The philosophy of science and history of science », dans *Critical problems in the history of science*, M. Clagett (éd.), Madison, 2e édition, 1962, p. 103.

⁴ B. Bensaude-Vincent, « L'Histoire dans l'enseignement scientifique. Un vœu pieu toujours renouvelé », dans *Méthode et histoire. Quelle histoire font les historiens des sciences et des techniques*, Anne-Lise Rey (dir.), Paris, Classiques Garnier, 2013, p. 423.

Cécile de Hosson et Patricia Schneeberger résumaient d'ailleurs ainsi la situation de l'histoire des sciences à l'école : « sous couvert de l'impossibilité d'une étude historique exhaustive, les programmes masquent souvent l'influence du contexte et proposent une reconstruction tronquée de la construction des savoirs scientifiques, sans véritable référence aux travaux d'histoire des sciences. [...] La volonté explicite de l'Institution d'ouvrir la classe de sciences et de technologie à l'histoire de ces disciplines est soutenue par une vision souvent cumulative de l'histoire des sciences. Cette vision peu conforme vient heurter l'idée (pourtant à la source du dessein institutionnel) selon laquelle une présentation historique des concepts et des lois scientifiques pourrait contribuer à améliorer l'image que les élèves ont de la science. Le risque est alors grand de voir entrer par la porte de la classe une science pervertie à la fois dans sa nature et dans son histoire. En outre, les plaidoyers institutionnels tendent à placer l'apport d'information historique en complément du cours traditionnel dont l'organisation demeure, elle, indépendante de l'organisation historique des idées auxquelles il renvoie. Comme le souligne Pierre Savaton, si l'intérêt de l'histoire des sciences est constamment affirmé dans les discours, la place accordée à l'enseignement d'éléments historiques dans les programmes est dérisoire »¹.

Le diagnostic est rude, mais il a plus de dix ans. Aussi est-on en droit d'espérer que les choses aient évolué depuis. Quoi qu'il en soit, et malgré la matérialisation très concrète de ces écueils dans la majorité des manuels aujourd'hui en circulation², je persiste évidemment à croire qu'il y a un intérêt à mobiliser l'histoire en cours de sciences et qu'il doit y avoir des moyens intéressants de le faire. J'en suis en tout cas convaincu pour les quelques bonnes raisons déjà évoquées ici, même si l'on a vu les risques et limites qu'elles comportent. Mais aussi pour une série d'autres raisons qui me semblent plus importantes et fondées encore, que je vais essayer de lister à présent. La première de celles-ci est d'ailleurs elle-même directement disponible dans le programme de physique-chimie de terminale, qui nous dit qu'« une ouverture sur l'histoire des sciences peut être porteuse de sens et éclairer le cheminement de la connaissance »³. Ici, ce qui m'intéresse est la notion de « sens » et la manière dont celle-ci est intimement liée au processus de « compréhension » auquel tout enseignant espère voir ses élèves accéder. Je prétends donc que l'histoire des sciences doit d'abord avoir la vertu d'aider les élèves à comprendre.

2.3.1.2 Comprendre

Si « comprendre » consiste à lier quelque chose de nouveau à quelque chose que l'on connaissait déjà, d'un lien d'autant plus fort qu'il sera logique et détaillé, et donc que l'on pourra faire le chemin d'une chose à l'autre, pas à pas et dans les deux sens aisément, alors il semble clair que l'histoire pourra contribuer à la compréhension des sciences. Un enseignement scientifique pourrait évidemment n'être que purement encyclopédique et se construire par empilement d'informations qu'il s'agirait seulement de savoir restituer comme une récitation ; mais un enseignement gagnera toujours en durabilité, en pertinence et en applicabilité à être tissé de liens de compréhension. Or, pour cela, le recours à l'histoire peut être un fantastique

¹ C. de Hosson, P. Schneeberger, « Orientations récentes du dialogue entre recherche en didactique et histoire des sciences », *Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies* 3, 2011, p. 16-17.

² Voir par exemple les pages dédiées à l'histoire dans T. Dulaurans, M. Barde, M. Bigorre, S. Dessaint, C. Lémonie, E. Matagne, B. Poudens, I. Tarride et D. Théboeuf, *Physique-Chimie, Nouveau programme, Nouveau brevet, Cycle 4*, Hachette, 2017, p. 21 ; 27 ; 62 ; 104 ; 124 ; 126 ; 179 ; 183 ; 191 ; 200 ; 202 ; 277 ; 293 ; 295 ; 333. Mais aussi celles du manuel *Micro Mega, Physique-Chimie, Cycle 4*, C. Daujean (dir.), Hatier, 2016.

³ S. Ami et al., *Programmes de Sciences – Compilation exhaustive*, 2020, p. 887

atout, pour ce qu'il peut permettre d'offrir à l'élève au moins une partie du cheminement véritable qui, à partir d'un problème précis, souvent concret – donc que l'élève peut plus facilement s'approprier – a permis l'élaboration de sa solution actuelle – abstraite – qui se trouve aujourd'hui dans les manuels sous forme de théorème, de loi, ou de valeurs numériques.

Dans *La formation de l'esprit scientifique*, Gaston Bachelard soulignait que : « Sans doute, il serait plus simple de *n'enseigner que le résultat*. Mais l'enseignement des *résultats* de la science n'est jamais un enseignement scientifique. Si l'on n'explique pas la ligne de production spirituelle qui a conduit au résultat, on peut être sûr que l'élève combinera le résultat avec ses images les plus familières. Il faut bien qu'il « comprenne ». On ne retient qu'en comprenant. L'élève comprend à sa manière. Puisqu'on ne lui a pas donné les raisons, il adjoint au résultat ses raisons personnelles »¹. C'est-à-dire qu'en révélant et qu'en expliquant précisément le problème qui a donné lieu au choix d'une solution physique – par exemple quelles questions et à quelles circonstances était véritablement confronté Newton lorsqu'il a proposé les lois fondamentales de la dynamique, qui ne sont assurément pas nées d'une simple chute de pomme sur sa tête – on offre un outil puissant à l'élève pour comprendre et pour s'approprier cette solution, et accessoirement aussi pour apprendre à faire de la science en circonscrivant un problème et en évaluant des hypothèses de solution à ce problème, plutôt qu'en faisant la sieste sous les pommiers.

Ainsi, pourrait-on penser que l'enseignement scientifique consiste essentiellement à fournir aux étudiants la série de concepts, de lois et de principes listés dans les manuels, et à leur apprendre à manipuler tout cet outillage. Mais il est certain que les étudiants auront d'autant plus de facilité à manipuler ces outils qu'ils sauront que ceux-ci ne viennent pas de nulle part, mais qu'ils sont issus d'un processus initié par des problèmes précis que se sont posés des hommes et des femmes dans le passé, et que ces concepts, lois, principes, que l'on appelle aujourd'hui « connaissances scientifiques », sont précisément les solutions qui ont été obtenues à ces problèmes (2.1.1.2.2). La loi de la réfraction, par exemple, ne surgit pas de la seule volonté de résoudre quelques exercices d'optique géométrique, mais vient progressivement comme une réponse à la surprise que les objets semblent brisés lorsqu'ils sont plantés dans l'eau, et que les étoiles ne sont pas exactement là où elles devraient être au moment où elles apparaissent à l'horizon. Mais ça ne suffit pas de le dire ; il faut évidemment ensuite expliciter le lien du problème à la loi. Pourquoi les sinus surgissent-ils dans cette loi, par exemple ? Pas parce que le sinus est inscrit dans la nature ou que la lumière pratique les mathématiques, mais parce que lorsque Descartes ou Newton décrivent la lumière comme faite de particules changeant de vitesse en rentrant dans l'eau, la conservation du sinus émerge comme solution potentielle du problème géométrique et mécanique qu'ils ont posé. Les expériences menées alors s'étant révélées conformes à cette prédiction théorique, on s'est empressé de la qualifier « loi ». Et savoir cela donne un « sens » à cette loi qui permet de mieux la comprendre, la retenir et l'appliquer – quand bien même les modèles théoriques cartésien et newtonien qui la soutendaient se sont depuis avérés dépassés.

2.3.1.3 Franchir des obstacles

D'ailleurs Bachelard ajoute, on le voit, que la présentation des résultats uniquement – c'est-à-dire des lois et concepts physiques sans justification de leur origine – pourrait s'avérer contre-productive, puisque les élèves auraient naturellement le réflexe d'associer à ces résultats des justifications qui risquent fort de ne pas être les bonnes s'ils se chargent de les imaginer seuls.

¹ G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, J. Vrin, 1972, p. 234.

Des travaux de didacticiens ont depuis confirmé cette intuition en montrant, d'une part, que beaucoup d'élèves expriment des idées identiques à propos d'un même phénomène physique ou chimique. D'autre part, que cette connaissance « commune » ou « spontanée » est implicite, partiellement structurée et cohérente, mais qu'elle n'est presque jamais conforme à la science enseignée. Qu'ainsi elle gêne l'accès à la connaissance scientifique et se révèle, sur certains points, particulièrement résistante à l'enseignement¹. C'est en partie ce que Bachelard qualifiait d'« obstacle épistémologique »².

Enfin ces didacticiens ont également noté que ces obstacles, sur lesquels butent régulièrement les élèves, sont parfois analogues à ceux rencontrés autrefois par des scientifiques³, qui eux-mêmes, comme les élèves, ne disposaient justement pas encore des solutions actuelles. Ici, la subtilité réside toutefois dans le mot « parfois » : il ne s'agit pas d'enseigner toute l'histoire de la physique en cours de physique, au titre qu'elle serait parfaitement analogue au cheminement intellectuel de l'élève au cours de sa scolarité. Mais il s'agit de repérer dans son histoire des textes, des expériences, des débats, qui sont révélateurs de l'importance et du sérieux de certaines idées préconçues que l'enseignant a pu entendre dans la classe de physique, parfois d'ailleurs sans y faire trop attention. Puis, de mobiliser ces éléments d'histoire, de les faire lire, de les mettre en scène, d'une part, pour entretenir la propension de l'élève à se poser des questions, d'autre part, pour lui montrer comment on a historiquement résolu sa question, comment on a écarté l'idée préconçue qu'elle sous-tend et opté pour la solution aujourd'hui enseignée. C'est ainsi un moyen qui pourra être plus efficace et émancipateur que la simple injonction en la confiance envers l'enseignant ou envers la science pour faire abandonner à l'élève une idée erronée et pour lui permettre d'accéder à une appréhension plus circonstanciée de contenus de cours qui prêtent légitimement à discussion.

Pour n'en donner qu'un exemple, j'ai longtemps eu tendance à ne pas prêter attention aux difficultés des élèves qui me disaient ne pas comprendre comment une onde pouvait se propager dans le vide et à leur répondre seulement que « c'est comme ça », voire que « c'est évident », et qu'il « faut s'y faire ». Jusqu'au jour où j'ai compris qu'aucun des pères de la théorie optique ondulatoire, ni Huygens, ni Euler, ni Young, ni Fresnel, ni Maxwell, n'aurait jamais pu accepter que l'onde lumineuse puisse exister sans un support mécanique. L'essentiel de leurs travaux consistait même précisément à démontrer que la mécanique de ce fluide pouvait expliquer les phénomènes lumineux. Or, depuis que je le sais et que je suis en mesure de le dire aux élèves, je peux observer que cette considération historique soulage significativement l'atmosphère en classe, ne serait-ce que parce qu'au lieu de renvoyer aux élèves l'impression qu'ils sont bêtes, ou que quelque chose leur échappera toujours, elle me permet de leur signifier qu'ils ont été bien inspirés de me poser cette question, très bonne au demeurant, au point qu'elle n'a été résolue que tardivement.

2.3.1.4 Développer un esprit critique

L'idée, parfois floue, que l'histoire participerait à développer l'esprit critique de l'élève me semble gagner de l'éclairage qu'en propose Igal Galili dans le cadre de l'enseignement de

¹ L. Maurines et A. Mayrargue, « Regards croisés de l'histoire des sciences et de la didactique de la physique sur le concept d'onde », dans Desco (coord.), *La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques : 1er tome, Histoire des sciences. Sélection des actes de l'université d'été "L'histoire des sciences comme instrument d'une approche pluridisciplinaire de l'enseignement au collège et au lycée"*, 2003.

² G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), 1972, p.13-22.

³ Edith Saltiel, « Qu'apprend-on d'une comparaison entre raisonnements spontanés des élèves et modèles physiques anciens ? », dans *Actos do i encontro sobre educaçao em ciencias Brag*, M. Sequeira, L. Leite et M. Freitas (éds.), 1987, p.145-161.

l'optique, en évoquant l'importance de « la variation conceptuelle »¹ dans une pédagogie réussie. Galili précise en effet que : « connaître un certain concept signifie <aussi> savoir apprécier les différentes alternatives possibles. [...] Par exemple, l'histoire nous renseigne sur les conceptions de l'image optique, telles que le transfert holistique (les Atomistes), la vision active (les Pythagoriciens, Euclide, Ptolémée, Al-Kindi), la projection point à point par les rayons lumineux (Ibn Al-Haytham). Toutes ces conceptions sont produites spontanément par les élèves. Toutes ces conceptions peuvent établir un espace d'apprentissage à partir duquel les élèves peuvent être encouragés à discerner la représentation correcte de la création d'images telle qu'elle a été faite par Kepler »².

Ainsi, pour mieux encore s'approprier les réponses données par les manuels (ici la notion de stigmatisme), n'est-il pas suffisant de connaître les questions auxquelles elles répondaient initialement (en l'occurrence, celle du fonctionnement de la chambre noire envisagée comme un modèle de l'œil, résolu par Kepler). Mais il est également utile de savoir quelles autres réponses à ces questions ont pu être envisagées (celles des atomistes, de Ptolémée, d'Ibn al-Haytham) et pourquoi elles l'ont été. La confrontation de différentes solutions possibles, leur mise en débat, est même un moyen d'aider les élèves à mieux s'approprier les réponses semblant aujourd'hui les mieux justifiées, les mieux adaptées à un problème donné, mais aussi d'éprouver combien ces solutions dépendent de la forme précise du problème posé. Elle permet simultanément de les entraîner à systématiquement envisager des réponses alternatives, à réclamer une justification des discours auxquels ils sont soumis et donc à réfléchir aux méthodes permettant de hiérarchiser ces solutions. C'est en cela au moins que l'histoire peut participer au développement d'un esprit critique en cours de science.

Le point auquel il faudra cependant être attentif, sera de ne pas trahir cet esprit critique en escamotant des éléments de la controverse afin de faire ressortir trop facilement la solution moderne victorieuse. Auquel cas, on risquerait de produire un grossier argument d'autorité, suggérant à l'élève que la solution moderne est la meilleure au simple titre qu'elle a remporté un débat dont on ne l'a pas informé qu'il était tronqué³.

2.3.1.5 Donner l'exemple

On sait bien que ce n'est pas le tout d'exposer aux élèves la théorie, mais qu'enseigner c'est aussi donner des exemples : des exemples d'entités correspondant à une même catégorie pour étayer la compréhension d'une définition, des exemples d'applications d'une loi ou d'un théorème pour aider à sa manipulation... Mais pour ce qui est de donner des exemples de la démarche de recherche que l'on voudrait voir les élèves déployer en activités pratiques, et grâce auxquels on pourrait plus légitimement espérer les voir s'approprier et prendre le goût de l'enquête et de la découverte, les manuels laissent souvent démunis et fournissent tout au mieux des modes d'emplois théoriques, des protocoles expérimentaux stéréotypés ou des récits historiques biaisés.

¹ Concept introduit par Ference Marton, Ulla Runesson et Amy B. Tsui, « The space of learning », dans *Classroom learning and the space of learning*, F. Marton et A.B. Tsui (éd.), Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum and Associates, 2004, p. 3-40.

² I. Galili, « Teaching Optics: A Historico-Philosophical Perspective », dans *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, M. Matthews (éd.), Springer, 2014, p.96-127.

³ M. Guedj, S. Laubé et P. Savaton, « Vers une didactique de l'histoire des sciences », *Actualités de la recherche en Éducation et en Formation*, 2007.

L'histoire peut pourtant aider à affronter cette difficulté en offrant des exemples authentiques d'invention scientifique. L'histoire des sciences regorge en effet de textes originaux dans lesquels les auteurs d'inventions, dans un effort visant à convaincre la communauté scientifique de leur époque de l'intérêt de leur idée nouvelle, s'efforcent de justifier la manière dont ils sont parvenus à l'hypothèse initialement saugrenue qu'ils défendent, aussi bien que les preuves qu'ils ont progressivement récoltées en faveur de celle-ci. Parfois, ces auteurs s'offrent même le luxe de dresser la liste des essais et des échecs qu'ils ont rencontrés avant de parvenir à leur but, illustrant par là-même la persévérance nécessaire à l'aboutissement de toute démarche de recherche.

Il ne faut certes pas négliger le fait que ces récits – dont l'enjeu est considérable pour leur auteur, et qui sont nécessairement rédigés au terme de l'invention – sont le plus souvent romancés. Mais dès lors qu'on le sait et qu'on le déclare aux élèves, ces textes offrent encore de splendides exemples de synthèse et d'argumentation scientifique, et peuvent même donner l'exemple d'une démarche expérimentale totalement déployée, précisant l'évènement qui a capté l'attention de leur auteur ; le problème précis qu'il a estimé que cet évènement posait et qui légitimait une enquête scientifique ; les hypothèses de solutions que d'autres ont pu envisager à l'égard du problème ; les raisons pour lesquelles lui-même les écarte ; l'hypothèse que lui-même a imaginée ; le cheminement déductif qui lui permet de déduire des conséquences observables de cette hypothèse ; le montage expérimental qui lui permet de mettre à l'épreuve cette hypothèse par l'examen de ces conséquences ; la récolte de ses résultats et la manière dont il les compare à ceux qu'il avait anticipés ; enfin l'argumentation qui lui permet d'en conclure que son hypothèse est la meilleure à disposition à l'heure où il la propose.

Tout texte historique, par sa longueur, sa complexité, sa langue, son sujet ou sa difficulté ne sera évidemment pas adapté à la classe. Mais la quantité de récits originaux d'inventions scientifiques ne laisse pas moins présager la possibilité d'extraire de ce corpus quelques textes qu'au prix de quelques essais l'on saura rapidement transposer au contexte du cours. A cet égard, la traduction française de la préface du *Mysterium Cosmographicum* de Kepler pourrait fournir un bel exemple pédagogique de processus de l'invention scientifique – en plus du fait que le résultat atteint par l'auteur n'étant évidemment pas celui aujourd'hui retenu par les manuels pourra par ailleurs alimenter la variété conceptuelle autour de la question de la structure du système solaire¹. Le récit romancé que fait Newton de l'invention de sa « Nouvelle théorie des couleurs » offre d'autre part un exemple extrêmement complet, et néanmoins relativement compact et illustratif, de la démarche scientifique telle que l'on pourrait aimer voir les élèves la mettre progressivement en œuvre².

Incidemment, on pourra espérer que l'exposition des élèves à ces textes originaux et contextualisés leur permettra de se forger progressivement – sans nécessairement que leurs enseignants aient à en produire une analyse théorique – une idée moins caricaturale des dynamiques d'élaboration des savoirs scientifiques. Mais cette confrontation directe au texte ancien, et le constat de toutes les précautions et de l'effort nécessaire que demande son interprétation, pourrait avoir une autre vertu encore.

¹ J. Kepler, *Prodromus Dissertationum Cosmographicarum, Continens Mysterium Cosmographicum* (1596), Tübingen, G. Gruppenbach. Trad. : *Le secret du monde*, A. Segonds, Paris, Gallimard, 1984.

² I. Newton, « New Theory about Light and Colors », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 6, 1672, p. 3075-3087. Une traduction française de cette lettre par Claude Guthmann accompagnée d'une brève analyse est fournie sur le site www.bibnum.education.fr, sur lequel on pourra par ailleurs trouver de nombreux textes historiques choisis, taillés et commentés de manière à pouvoir être utiles à l'enseignement scientifique.

2.3.1.6 *Faire la chasse aux implicites*

Il est en effet un point encore qui relève de l'évidence pour l'historien des sciences, mais qui reste souvent aveugle ou minimisé dans l'enseignement scientifique : les conceptions du monde et de la science qui étaient celles des savants du passé étaient généralement très différents des nôtres. La Terre est au centre de l'Univers pour Aristote ou Ptolémée ; cet univers se limite au système solaire, n'a pas plus de six mille ans et reflète la perfection divine selon Copernic ; des rayons visuels sortent de nos yeux pour Platon ; un éther imprégnant l'ensemble de l'univers est une condition nécessaire de propagation des ondes lumineuses pour Young ; les planètes tournent sur elles-mêmes parce qu'elles possèdent une âme d'après Kepler, et autour du Soleil parce que l'âme de celui-ci les y contraint. Or, puisque de telles idées ont joué un rôle fondamental dans l'élaboration des résultats que nous avons hérités d'eux, il nous faut, on l'a dit, essayer de les comprendre si l'on espère saisir le sens qu'ils leur attribuaient (2.1.1.1.1).

Une telle accumulation d'éléments pourtant structurants des théories scientifiques que celles-ci ont dû abandonner en chemin doit selon moi nous alerter en retour sur l'aspect construit et non-évident, ou non-naturel, de nos propres connaissances. Si un génie tel que Ptolémée a produit un système géocentrique plus simple que celui de Copernic et qui rend mieux compte des positions planétaires en n'utilisant que des cercles, ce n'est pas qu'il est plus bête, borné ou moins informé que nous ; il tient seulement pour acquis une série de postulats (le cercle est une forme parfaite qui seule peut rendre compte de l'éternité et de la périodicité du mouvement des planètes, les verres optiques et les miroirs modifient la vision et donc la trompent, etc.) qui structurent sa manière d'interpréter le monde et qui l'empêcheraient de toute façon de l'envisager comme nous le faisons. Dès lors, l'étude de sa pensée saura-t-elle peut-être nous sensibiliser à l'existence des postulats d'implicites et souvent inconscients qui sous-tendent sans que l'on s'en aperçoive notre propre raisonnement scientifique.

2.3.1.6.1 Pour développer un rapport plus intime et solide à sa discipline

Accepter qu'il y a un grand nombre de présupposés à notre propre discours que des penseurs brillants ne partageaient avec nous (comme l'idée que les verres peuvent servir à mieux voir, ou que des fonctions mathématiques simples peuvent rendre compte de la complexité des phénomènes naturels) et prendre cette question au sérieux, c'est en effet déjà s'engager dans une sorte de processus psychanalytique de réflexion sur nous-mêmes et sur notre rapport à la discipline que nous enseignons. Ainsi, la lecture de contenus non superficiels d'histoire des sciences peut avoir cette capacité étonnante de faire prendre conscience aux enseignants d'une quantité considérable de questions fondamentales pour leur discipline qu'ils ne se sont peut-être jamais posées, ou dont ils estiment connaître des réponses évidentes, mais qui ne sont ni si évidentes, ni si communément partagées qu'ils pourraient le croire. Mais pour cela, répétons-le, il faut se confronter rigoureusement au texte original – ou à son commentaire par un historien de profession – et s'efforcer de comprendre ce texte pour ce qu'il est et pour ce qu'il dit.

Cette capacité de l'histoire à soulever les postulats implicites disciplinaires, j'ai déjà montré comment je l'accompagnais, de manière complémentaire, par des ateliers de dialogue interdisciplinaire (2.2.3.1). Je l'ai également présentée comme ce que j'estimais être la force thérapeutique de l'histoire des sciences (2.1.1.1.4) : en ce qu'elle devait permettre au scientifique informé de son histoire de mieux comprendre la singularité et l'historicité de ses savoirs et – ce faisant – de mieux accueillir les autres, et de communiquer les siens de manière mieux située. Je ne fais donc que préciser ici l'idée que cette explicitation des présupposés oubliés du discours scientifique – ou ne serait-ce que la suspicion de leur existence – que

produira sur l'enseignant la lecture approfondie de théories anciennes de sa science aura, selon moi, la vertu de développer chez lui un rapport plus informé et donc plus intime et solide à la discipline qu'il enseigne, dont les effets se propageront rapidement à ses élèves.

2.3.1.6.2 Pour écarter les sources de malentendus

Car ces postulats implicites, ces questions que l'enseignant ne se pose pas, ou plus, auxquelles il associe des réponses si évidentes qu'il ne les explicite jamais, je crois que les élèves se les posent. Ils les poseront même souvent à leur enseignant, mais souvent celui-ci ne les comprendra pas et aura tendance à les attribuer à leur mauvais niveau, ou à leur manque d'attention ou de bonne volonté. Faire la chasse aux implicites de son discours par la découverte de son historicité, c'est ainsi pour l'enseignant aussi bien se renforcer dans sa discipline, que réaliser progressivement la quantité d'éléments de son discours qui s'opposent nécessairement à sa compréhension et à l'adhésion des élèves, du fait qu'eux-mêmes ne partagent souvent pas (encore) ces idées implicites ; qu'ils ne voient donc pas où l'enseignant veut en venir, ne perçoivent pas la nécessité de ses choix, ou qu'ils ne peuvent apprécier la rigueur logique de raisonnements dont les prémisses n'ont pas toutes été posées.

2.3.1.8 *Désapprendre*

Enfin, si je fais personnellement aujourd'hui de l'histoire des sciences, alors que rien ne m'y obligeait, c'est bien entendu parce que j'y ai trouvé un plaisir immense. D'abord, parce que la prose des auteurs que j'y ai rencontrés m'a semblé infiniment plus riche et passionnante que celles des auteurs d'articles ou de manuels de physique actuels que j'avais l'habitude de lire. Ensuite, parce qu'en la pratiquant je me suis senti chaque jour un peu moins bête.

D'une part évidemment, parce que j'apprenais de nouvelles choses : j'accumulais de nouvelles connaissances, à la façon d'une encyclopédie. Mais aussi et surtout parce que j'éprouvais l'enivrante sensation de désapprendre. Chaque texte me confrontait en effet à des manières que je n'avais jamais imaginées d'envisager des phénomènes que je croyais connaître parfaitement, à des questions cruciales que je ne m'étais jamais posées. Ce parce que j'avais été trop convaincu de ma vérité pour les considérer, ou trop convaincu que le point de vue que l'on m'avait transmis pendant ma formation était complet, juste et suffisant ; alors même qu'il était rempli de zones d'ombres que l'on se léguait de génération en génération, d'enseignant à élève qui avaient oubliés l'intérêt et l'envie d'aller explorer ces zones d'ombre.

Cette sensation que chaque texte ancien me faisait découvrir que je portais depuis si longtemps des chaînes sans même m'en rendre compte, mais aussi – et en même temps – que ces chaînes n'étaient même pas fermées à clé, est une joie que je retrouve encore régulièrement dans ma pratique de recherche, aussi laborieuse soit-elle, chaque fois qu'elle me confronte à une pensée qui révèle l'étroitesse de la mienne et m'oblige à me renouveler. Et cette expérience vertigineuse du décentrement revêt, je crois, quelque chose d'universel, qui pourrait à chaque instant servir d'indicateur de ce que la pratique philosophique et historique que l'on est en train de mener relève de cette « seule espèce de curiosité [...] qui vaille la peine d'être pratiquée avec un peu d'obstination : non pas celle qui cherche à s'assimiler ce qu'il convient de connaître, mais celle qui permet de se déprendre de soi-même »¹. Car c'est précisément à ce titre que cette pratique me paraît susceptible d'être la plus féconde.

¹ Michel Foucault, *Histoire de la sexualité*, II. *L'Usage des plaisirs*, Paris, Gallimard, 1984, p. 14.

Si en effet en lisant une histoire des sciences on n'éprouve qu'un plaisir cumulatif, qui nous conforte dans notre savoir et notre vision de la science, et que l'on envisage alors de profiter de nos cours pour partager seulement ces informations nouvelles, je pense que c'est un signe qu'il ne faut pas le faire : on risque fort en effet d'être traversé par ces raisons égocentrées et idéologiques de faire de l'histoire des sciences que l'on a évoquées. Si, par contre, on a la sensation que l'histoire des sciences déconstruit quelque chose en soi, qu'elle questionne des idées reçues – pas seulement des connaissances mais aussi des manières de penser le monde, et que ce questionnement nous permet de comprendre autrement notre propre discipline et notre propre cours – c'est certainement que l'on commence à être prêts à faire partager cette expérience par l'enseignement.

2.3.2 Enseignements mobilisant l'Histoire des Sciences

J'aimerais maintenant présenter succinctement un tableau synthétique des enseignements et formations dans lesquels j'ai mobilisé l'histoire des sciences ces dernières années ; soit pour introduire des contenus scientifiques, soit pour enseigner cette histoire elle-même, soit enfin pour accompagner les enseignants dans la mobilisation de contenus d'histoire dans les enseignements scientifiques. Ce, une fois de plus, pour donner une idée du terrain dans lequel s'ancrent concrètement les réflexions précédentes. Un terrain dans lequel – sur un modèle de la recherche-action inspiré des sciences de l'éducation¹ – mes hypothèses théoriques sur les enjeux et méthodes pertinentes de l'usage de l'histoire pour l'enseignement des sciences trouvent donc en partie leur origine, et dans lequel les théories élaborées à partir de ces hypothèses sont encore mises à l'épreuve observationnellement et expérimentalement.

2.3.2.1 Enseignements scientifiques mobilisant l'histoire des sciences

Initialement donc, à titre d'expérience et avec la collaboration de collègues historiens des sciences, je mettais en place à partir de 2012 dans la licence Sciences & Humanités des cours de physique (optique géométrique, lois keplériennes de l'astronomie, synthèses colorées, pouvoir rotatoire de la lumière, principes physiques de l'IRM, le photon objet quantique) mettant en œuvre des contenus historiques (description du ou des problèmes ayant mené à l'émergence du contenu enseigné, présentation d'autres solutions envisagées pour renforcement par contraste de la solution retenue, expériences historiques à réaliser à partir de textes originaux, illustration de la démarche scientifique par des exemples historiques...). L'objectif était alors de faire face à la diversité des profils étudiants engagés dans cette formation, tout en répondant à l'exigence de leur donner accès à une véritable maîtrise du peu de contenus physiques que nous pouvions leur enseigner relativement aux formations traditionnelles.

Ces pratiques, au gré d'expérimentations qui ont donc pu être menées avec une très grande liberté mais aussi avec une grande vigilance quant à leurs effets, ont parfois été importées au sein des cursus de licence plus traditionnels dans lesquels je continuais d'enseigner (licence Maths-Informatique, Physique, Physique-Chimie, Sciences et Techniques de l'Audiovisuel, Préparation École d'Ingénieurs, PluriSciences), avec la collaboration de collègues accueillants qui pour certains avaient pu constater l'efficacité de ces méthodes sur ces étudiants qu'ils avaient ensuite reçu en spécialisation physique de troisième année de licence S&H ou en Master de Physique. L'ensemble des enseignements des sciences par leur histoire que j'ai pu développer est ainsi synthétisé dans le Tableau 2.

¹ R. Barbier, *La recherche-action*, 1996.

2. Présentation des travaux

Diplôme	Titre de l'enseignement	Nature : cours, TD, TP	Effectifs	Heures/an	Période
L1, Maths-Informatique	Mécanique newtonienne, Optique géométrique	CM, TD, TP	40	60	2012 -2018
L1, Préparation Ecole Ingénieur Polytech	Mécanique newtonienne, Optique géométrique	CM, TD, TP	70	60	2012-2013
		Apprentissage par les pairs et par projet	35	60	2013-2014
L1, Sciences & Humanités	« Synthèse de pigments colorés », « Optique géométrique », « Copernic-Brahé-Kepler », « La Mesure en Physique », « Qu'est-ce que problématiser ? »	CM, TD, TP, classe inversée, projets	60	60	2012-2020
L2, Sciences & Humanités	« Histoire de l'arc-en-ciel », « Voir les couleurs », « Pasteur : chimie organique et pouvoir rotatoire », « Lumière et matière chez Newton ».	CM, TD, TP, projet	50	60	2013-2020
L3, Sciences & Humanités	« Principes physiques de l'IRM », « Le photon, un objet quantique », « Les couleurs dans le langage », « Faire des liens, mais lesquels ? Théorie pratique de l'analogie »	CM, TD	30	30	2014-2020
L3, Physique-Chimie	Spectroscopie et Phénomènes colorés	Télé-enseignement	20	30	2019-2020
L3, Sciences et Technologies de l'Audiovisuel	La sensation colorée	CM	45	9	2020-2022
L3, PluriSciences	Couleur et Photographie	Projet	20	60	2016-2018
		Télé-enseignement	20	40	2019-2020

Tableau 2. Liste de mes enseignements de sciences par leur histoire, depuis 2012.

La généralisation de ces pratiques au cadre général et traditionnel de l'enseignement de la physique a par ailleurs donné lieu à la rédaction d'un manuel d'enseignement de l'optique géométrique par l'histoire des sciences, de niveau lycée / première année de licence, intitulé : *Bases d'Optique Géométrique – Des instruments ardents à la formation des images, pour comprendre la Vision et les couleurs de l'arc-en-ciel* [15]. Ainsi qu'à la publication d'un certain nombre d'articles décrivant les contenus aussi bien que les méthodes de mobilisation de l'histoire au sein de ces cours [16-20].

2.3.2.2 Enseignements d'histoire des sciences

Parallèlement à cela, j'ai pu commencer dès 2012 à développer des enseignements d'histoire des sciences à proprement parler (Tableau 3). A l'époque, l'UFR Sciences d'AMU proposait encore un enseignement en histoire des sciences dans la majorité de ses formations de licence. Ainsi, F. Boucl'h et moi-même nous sommes affairés à réinventer le contenu de l'Unité d'Enseignement « Histoire des Sciences » de première année de licence Physique-Chimie, jusque-là consacrée à une tentative de proposer aux étudiants un panorama de l'histoire de toutes les sciences en l'espace de 30 heures seulement. Pour continuer de répondre au souci exprimé par la direction que la diversité des sciences soit représentée dans cet enseignement, nous l'avions découpé en deux parties de 15 heures. Toutefois, la première était organisée sous forme de séminaires (cinq fois 3 heures), présentés par cinq enseignants de disciplines

différentes, venant chacun évoquer l'histoire d'un aspect seulement de leur discipline (histoire du tableau périodique, de la classification linnéenne...), que nous nous efforcions de contextualiser et d'articuler ensemble au cours du débat qui les suivait.

Suivaient alors 15 heures d'un cours co-animé à deux intervenants (F. Boule'h et moi-même), intitulé « Kepler astrologue / Newton alchimiste », focalisé sur l'étude de quelques-uns de leurs textes seulement, éclairés par des commentaires d'historiens. Il nous permettait, d'une part, de proposer un propos historique plus étayé et précis sur des personnages et des thèmes clés des autres enseignements de chimie et de physique du même semestre (Mécanique Newtonienne, Atomistique) ; ainsi espérons-nous que ce cours d'histoire redoublerait d'intérêt en enrichissant leur compréhension des autres enseignements plus techniques de chimie et de physique qu'ils suivaient en parallèle. D'autre part, l'intitulé polémique du cours nous permettait de questionner la définition même de la science et l'évolution historique des méthodes comme des postulats de la physique et de la chimie.

La période 2013-2015 m'a quant à elle offert la possibilité d'intervenir dans le Master « Histoire et Philosophie des Sciences Fondamentales » qui existait alors à AMU, afin d'y apporter mon regard de physicien expérimentateur au sein d'un enseignement d'épistémologie dédié au rôle de l'expérimentation dans la science contemporaine. Un enseignement qui, par la réflexivité sur ma propre pratique qu'il m'imposait, m'en apprend donc certainement plus à moi-même sur le sujet qu'aux étudiants auxquels je m'adressais.

Depuis 2019, ma conversion thématique à la recherche en histoire des sciences s'est concrétisée dans mon enseignement par l'opportunité qui m'est offerte d'assurer l'enseignement de « Philosophie et Histoire des Sciences Exactes » de la troisième année de la licence de Philosophie d'AMU. Je n'enseigne donc plus l'histoire pour l'introduction de concepts scientifiques seulement, mais je peux enfin enseigner l'histoire des sciences pour elle-même et pour ses conséquences philosophiques, notamment à l'égard des théories de la connaissance. La confrontation à des étudiants non seulement dénués de toute technique scientifique ou presque, mais aussi très souvent convaincus que le discours scientifique ne peut que leur échapper, fait de cette tâche un défi passionnant, redoublé par l'espoir de voir certains d'entre eux s'orienter plus tard vers des masters ou des thèses en histoire des sciences. J'essaie d'aborder ce défi en construisant mon cours sur les propositions de scientifiques-philosophes que ces étudiants de philosophie ont déjà étudiés dans leur cursus (Platon, Aristote, Descartes) – en soulignant la manière dont leurs doctrines philosophiques ont imprégné leur science – et en me focalisant sur un tout petit bout d'histoire, d'un tout petit bout de la physique, à savoir quelques « éléments d'archéologie des théories de la vision, de la lumière et de la couleur ». J'analyse donc, tout en les mettant en contraste, la diversité des propositions émises depuis Platon jusqu'à Descartes sur la question somme toute compréhensible avec très peu de bagage scientifique de la possibilité de la vision à distance. Et j'avance très progressivement dans la complexification technique du problème, en m'arrêtant longuement sur une poignée d'auteurs seulement ; en amenant en classe du matériel permettant aux étudiants de reproduire certaines expériences historiques¹ ; en insistant sur ce que la manière qu'avaient ces auteurs de problématiser la question leur permettait de voir ou non ; et en excavant ces pistes que leurs travaux rendaient disponibles, ou durablement inaccessibles, aux savants futurs.

Enfin, l'année 2023 m'a offert l'opportunité d'encadrer le mémoire d'une étudiante de première année de Master en Philosophie dédié à « la causalité analogique hiérarchique dans le

¹ Montage pour la mesure des réfractions et dioptré pour l'analyse la diplopie de Ptolémée, chambre noire pour l'analyse keplerienne de la formation d'image...

2. Présentation des travaux

Mysterium Cosmographicum de Kepler », m'ouvrant ainsi les portes d'un premier encadrement de recherches en histoire et philosophie des sciences que je n'avais jusque-là pu réaliser que dans le champ de la physique. Et la rentrée 2025 sera pour moi l'occasion de rapporter la thèse de Patrick Grelet (Univ. du Mans) sur « l'histoire de la photométrie, en France, au XIX^e siècle ».

Diplôme	Titre de l'enseignement	Nature : cours, TD, TP	Effectifs	Heures/an	Période
L1, Physique-Chimie	Histoire des Sciences	CM, TD, Conférences	25	30	2012-2013
L3, Philosophie	Philosophie et Histoire des Sciences exactes	CM, TD	10	45	2019-2023
M1 Philosophie	La causalité analogique hiérarchique dans le <i>Mysterium Cosmographicum</i> de Kepler	Encadrement mémoire	1	15	2023
M2, Histoire et Philosophie des Sciences Fondamentales	Le rôle de l'expérimentation dans la science contemporaine	CM, TP	10	60	2013-2015

Tableau 3. Enseignements d'histoire et philosophie des sciences

Pour l'avenir, la démarche entreprise par Marie Anglade et Gabriella Crocco (CGGG, AMU) pour convaincre l'UFR Sciences de notre université d'ouvrir un nouveau Master Épistémologie à la rentrée 2024 m'offre non seulement depuis quelques mois l'occasion de participer à la création de toute pièce de la maquette d'un tel diplôme, mais également la perspective d'y déployer une partie significative de mon service d'enseignement d'ici l'année prochaine. Avec pour horizon, pour elles comme pour moi, l'espoir d'attirer certains des diplômés de ce Master vers des thèses en histoire et philosophie des sciences, et de vivifier ainsi ce champ de recherche au sein de notre laboratoire dont les ambitions épistémologiques originelles semblent menacées à l'heure actuelle.

2.3.2.3 Journées de formation des enseignants

Enfin, depuis cette année je propose au Plan Académique de Formation de l'Académie d'Aix-Marseille une formation d'une journée à « l'usage de l'histoire pour l'enseignement de la Physique-Chimie » en collège et lycée. Cette journée de formation a pour but d'éviter aux collègues de s'orienter vers les écueils classiques de l'insertion de médaillons historiques anecdotiques et caricaturaux dans les cours de sciences, et de leur donner le moyen d'une pratique de l'histoire qui soit émancipatrice pour l'étudiant aussi bien que pour l'enseignant lui-même. Ses contenus sont notamment le produit de l'un des deux projets de recherche que je m'appête à présenter.

2.3.3 Projets de recherche sur l'Histoire pour l'Enseignement des Sciences

Je crois important de rappeler avant toute chose que mon travail de recherche sur l'histoire pour l'enseignement des sciences n'a pas la prétention de s'insérer dans le corpus des savoirs produits en sciences de l'éducation, pour ce qu'il ne respecte fidèlement ni les postulats, ni les méthodes spécifiques à cette discipline – en particulier pour ce qui est de sa méthode expérimentale¹. J'en mime toutefois le geste, en m'efforçant de poser rigoureusement des problèmes appliqués à des situations d'enseignement, auxquels j'émet des hypothèses de solutions inspirés de l'histoire et de la philosophie des sciences. Je m'efforce alors de mettre en

¹ *Méthodologie de la recherche en sciences de l'éducation et de la formation*, C. Daverne-Bailly, R. Wittorski (éd.), ISTE Group, 2022.

place des contenus ou des situations de classe, déduits de ces hypothèses, dont je tente d'évaluer les effets par l'observation des réactions des élèves en classe et de leurs résultats aux épreuves, parfois soutenue par des questionnaires ou par des comparaisons réalisées *a priori* et *a posteriori* sur des cohortes différenciées. A l'égard du corpus sciences de l'éducation, les propositions que je propose ici pourraient donc être envisagées comme l'équivalent d'études de faisabilité, c'est-à-dire d'amorces à des projets plus ambitieux et plus rigoureusement mis à l'épreuve. Les conclusions éparses de ces recherches, qui figurent dans la série d'articles résumés à la fin de ce chapitre (2.3.4.2), s'incarnent globalement dans deux projets de longue haleine (2.3.3.1 et 2) faisant écho à mes précédentes propositions relatives à l'intérêt d'enseigner les sciences par leur histoire (2.3.1).

2.3.3.1 Bases d'Optique Géométrique

Comme son titre l'indique, le manuel intitulé *Bases d'Optique Géométrique – Des instruments ardents à la formation des images, pour comprendre la Vision et les couleurs de l'arc-en-ciel* [15] que j'ai publié en 2016 (2^e édition en 2019) est un manuel de cours, d'exercices et de travaux pratiques contenant l'essentiel de l'enseignement d'optique géométrique en lycée et en première année universitaire. Mais le choix de ces contenus jugés essentiels, comme de la manière dont ils sont justifiés et traités n'y relève pas de ma seule expertise dans l'enseignement traditionnel de la discipline. Il s'avère le fruit de quatre années de recherches personnelles et collectives, alimentées autant de lectures didactiques et historiques que d'expériences d'enseignement généralement menées dans ma propre classe, ou – en collaboration avec des collègues complices de la démarche – organisées en parallèle et de façon contrôlée et différenciée sur plusieurs cohortes d'étudiants de première année de licence scientifique de niveaux équivalents soumis, à des sujets d'examen identiques en début et en fin d'enseignements qu'ils auront suivi dans des conditions clairement différenciées par leur contenu ou par leur pédagogie.

2.3.3.1.1 Des problèmes historiques

« Balzac disait que les célibataires remplacent les sentiments par les habitudes. De même, les professeurs remplacent les découvertes par des leçons. Contre cette indolence intellectuelle qui nous prive peu à peu de notre sens des nouveautés spirituelles, l'enseignement des découvertes le long de l'histoire scientifique est d'un grand secours. Pour apprendre aux élèves à inventer, il est bon de leur donner le sentiment qu'ils auraient pu découvrir », écrivait Bachelard¹.

Ainsi, le premier axe didactique sur lequel j'ai expérimenté et qui se trouve incarné dans ce cours relève-t-il de l'évidence – tout du moins une fois qu'on l'a une première fois remarqué – que l'enseignement classique de la physique est le plus souvent un enseignement des résultats ; une série de réponses spécifiques à des questions que les étudiants ne se sont jamais posées. Et qu'en enseignant sur ce mode strictement les résultats de la physique moderne – même le plus

¹ G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), 1972, p. 247. On notera d'ailleurs qu'au début du XVII^e siècle, Francis Bacon affirmait déjà que la connaissance « devrait être délivrée et communiquée, si possible, selon la même méthode par laquelle elle a été inventée », et qu'il suggérait ainsi de remplacer le mode traditionnel de transmission « magistrale » de la connaissance dans sa seule version finale, polie et établie – lequel cachait d'après lui le cheminement par lequel cette connaissance avait été produite – par un nouveau mode de transmission « par probation », assumant un style provisoire, heuristique et imparfait, donnant une idée du processus de découverte des contenus à transmettre, et favorisant ainsi le progrès de la connaissance expérimentale par l'intégration du récipiendaire de celle-ci à une confraternité d'apprentissage. Cesare Pastorino, « Beyond recipes: The Baconian natural experimental histories as a epistemic genre », *Centaurus* 62, p. 447-464.

rigoureusement possible – on ne s'adresse ni à l'entendement des étudiants, ni à leur curiosité, ni à leur plaisir de comprendre.

C'est donc en s'inspirant de l'injonction de Bachelard à enseigner toute « la ligne de production spirituelle qui a conduit au résultat »¹, que j'ai expérimenté en classe la présentation de cours s'ouvrant toujours sur des questions ou des problèmes historiques ayant pu jouer un rôle dans l'élaboration des savoirs que je m'apprêtais à enseigner. Pour rappeler un exemple concret que j'ai déjà mentionné, c'est la présentation que m'avait faite mon ami et collègue historien des mathématiques arabes P. Abgrall des travaux de Ibn Sahl sur les instruments ardents, qui m'a inspiré l'écriture du premier cours de ce manuel d'optique, spécifiquement orienté pour la résolution de ce problème. Il m'avait en effet immédiatement semblé alors que cette question non seulement scientifique et technique, mais également simple et concrète, de l'embrasement à distance interpellerait aussi bien des étudiants ingénieurs, que des étudiants physiciens, mathématiciens, ou issus de licences scientifiques pluri- ou interdisciplinaires. Que cette question me permettrait ainsi d'asseoir plus efficacement, car plus concrètement, avec eux les notions simples mais souvent jugées excessivement abstraites par les élèves d'« objet à l'infini », de « rayons parallèles », de « diamètre angulaire » et de « foyer ». De fait, ces notions restent abstraites, mais la mobilisation du problème concret qui les a faites émerger – comme la manière de différencier les-rayons-provenant-du-Soleil-immensément-éloigné (« rayons parallèles »), de ceux-provenant-d'un-feu-proche (« point objet ») ; ou de caractériser le-point-où-les-rayons-lumineux-émis-par-un-point-du-Soleil-se-réuniront-tous-pour-mettre-le-feu (le « foyer image ») – me semblait pouvoir permettre aux étudiants de mieux saisir le sens de ces notions et de mieux accepter ainsi l'intérêt de produire un modèle géométrique simple permettant d'aborder ce problème réel complexe.

Le premier mode de mobilisation de l'histoire des sciences que j'aie expérimenté dans mes cours a donc été d'utiliser cette histoire comme source de problèmes : avant de m'engager dans la description des théories physiques que j'avais à présenter, je me penchais patiemment sur leur histoire afin d'y retrouver les problèmes que ces théories avaient un jour essayé de résoudre. Alors, je m'efforçais de mobiliser ces problèmes en classe lorsqu'ils étaient susceptibles de justifier de la forme de concepts ou de lois que j'avais à enseigner et de donner à ceux-ci un sens plus incarné, ainsi qu'un nouveau chemin pour les comprendre. De plus, j'essayais de me saisir de ces occasions pour que les élèves s'approprient ces problèmes, comme des problèmes qu'ils auraient eux-mêmes à résoudre, profitant de ce « sentiment qu'ils auraient pu découvrir » qu'évoquait encore Bachelard². L'objectif était que leur volonté et leur plaisir de résoudre eux-mêmes ces problèmes deviennent des moteurs pour leur permettre d'avancer avec moi dans le cours, voire pour m'y devancer.

C'est pourquoi chacun des quatre chapitres de ce manuel est ouvert par un problème de ce type qui lui donne son intitulé. Après le chapitre 1 « comment allumer un feu avec les rayons du soleil ? », le chapitre 2 pose la question « que voit-on réellement à travers une lentille ? », dont on trouve des traces en optique de Ptolémée à Descartes, en passant par Galilée dont la crédibilité des observations à la lunette astronomique dépendaient vitalemment de la réponse à cette question³. Suite à quoi, la question « comment peut-on percevoir des objets pourtant situés

¹ G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), 1972, p. 234.

² G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), 1972, p. 247.

³ Claude Ptolémée, *Optique*, A. Lejeune (trad.), E.J. Brill, 1989. Descartes, *La Dioptrique*, 1637, dans *Œuvres de René Descartes*, C. Adam et P. Tannery (éds.), vol. VI, Paris, Cerf, 1902, discours VI et VII, p. 130-165. Galilée, *Le messenger des étoiles* (1609), F. Allyn (trad.), Seuil, 1992

à distance de nous ? » – qui fut probablement le moteur de l'optique antique¹ – est posée, afin d'emmener progressivement les étudiants vers l'étude du fonctionnement de l'œil. Avant que la question « combien y a-t-il de couleurs fondamentales ? » – que l'on retrouve depuis les travaux d'Aristote sur l'arc-en-ciel, jusqu'à ceux de Helmholtz sur la physiologie de la vision² – ne motive le dernier chapitre du manuel.

Je ne suis bien sûr pas le premier à avoir pensé qu'il fallait poser des questions aux élèves, et mieux encore, qu'il fallait parvenir à ce qu'ils les transforment en problèmes qu'ils essaieraient de résoudre eux-mêmes. C'est là la base même de l'apprentissage par problèmes³. Mais pour avoir initialement expérimenté ce genre d'approche sans entrer par l'histoire, j'avais souvent eu l'impression que les problèmes convoqués oscillaient entre deux écueils qu'étaient le problème artificiel ou superficiel – où l'on entrait artificiellement dans le problème via une enquête policière, une bande dessinée, des jeux, des séries, dans l'espoir avant tout de séduire l'élève, en mobilisant des supports dont on estime qu'ils l'intéresseront spontanément, quitte à ce qu'ils soient sans intérêt pour la discipline – et le problème de « spécialiste » qui n'interpelait pas l'élève, mais seulement l'enseignant, spécialiste de la discipline – comme la résolution d'un problème purement technique, ou la démonstration d'un résultat du cours par exemple. Aussi les problèmes historiques m'ont-ils semblé l'emporter sur ces autres types de problème par leur degré bien supérieur d'authenticité : ils émergent de questions qui se sont véritablement posées, souvent pour de très bonnes raisons, et que des savants éclairés ont transformé en des problèmes précis, auxquels ils ont proposé des solutions intelligentes et passionnantes. A ce titre, non seulement certains de ces problèmes me semblent revêtir un caractère universel, susceptible de toucher plus globalement les élèves (2.3.1.3), mais ils intègrent également eux-mêmes un caractère formateur, puisque, de fait, ces problèmes ont véritablement contribué à la construction des savoirs scientifiques enseignés. Ainsi, rien qu'en se les posant, l'élève est lui-même inclus à son tour dans le processus de construction des savoirs, et se trouve donc mieux à même d'en saisir le sens.

2.3.3.1.2 Le superflu et le fondamental

Le deuxième pari didactique de ce cours a été d'approfondir les justifications déjà esquissées de ses contenus, sans pour autant augmenter la durée de l'enseignement. Pour y parvenir, il m'a semblé nécessaire d'expurger mon cours de tout ce qui m'y semblait être superflu et ne pas participer pas à la compréhension des phénomènes physiques en jeu. Je me suis donc efforcé de n'y conserver que ce qui me paraissait nécessaire et suffisant pour permettre à l'étudiant de se bâtir des bases suffisamment solides, à partir desquelles il pourrait trouver de lui-même, ou dans d'autres livres, les éléments qui lui manqueraient le jour où il en aurait besoin. Or, pour faire ce tri entre l'essentiel et le superflu, la réflexion historique et épistémologique a été d'une grande aide, en me fournissant notamment une diversité d'exemples de structuration progressive et cohérente de la discipline, qui avaient temporairement fonctionné, et qui mettaient mieux en évidence certains des ajouts purement techniques ou anecdotiques de l'enseignement actuel en optique.

J'ai donc jugé, par exemple, qu'il serait judicieux dans un tel cours de ne me concentrer que sur un seul type d'instrument optique plutôt que d'essayer de tous les traiter : ici, j'ai donc choisi les lentilles minces – et même, plus spécifiquement, les lentilles minces convergentes – au

¹ Gérard Simon, *Le regard l'être et l'apparence dans l'optique de l'Antiquité*, 1988.

² Aristote, *Météorologiques*, J. Groisard (trad.), GF, 2008. H. Helmholtz, *Optique Physiologique*, 1867, vol. II.

³ *L'approche par problèmes et par projets dans l'enseignement supérieur. Impact, enjeux et défis*, Galand B. et Frenay M. (dir.), Louvain, Presses Universitaires de Louvain, 2005.

détriment des miroirs et des lentilles divergentes. Le temps gagné grâce à ce tri m'a permis de traiter ce cas plus lentement et de façon telle que les étudiants auraient compris tous les ressorts du cours et ses démonstrations, grâce notamment à l'introduction d'éléments historiques. Les quelques cas particuliers et techniques éventuels conservés dans ce cours (réflexion totale, guidage de la lumière, lentilles divergentes, miroirs...) n'y surgissaient plus alors que sous forme de problèmes et d'exercices susceptibles d'alimenter la curiosité et le plaisir des étudiants les plus avancés à se sortir eux-mêmes d'impasses dans lesquelles ils savaient pourquoi ils s'étaient engagés, de manière à les entraîner par ailleurs à appliquer leurs connaissances et habiletés de façon autonome aux autres instruments d'optique exclus du cours.

Dans ce cours, on se concentre donc sur la compréhension complète de quelques bases fondamentales ; mais c'est l'épistémologie et l'histoire – plutôt que l'ingénierie par exemple – qui ont dessiné les contours de ce « fondamental ». Le résultat de ce processus a été que la compréhension de ce cours – et même des contenus qui en devenaient périphériques – semblait s'améliorer pour les cohortes soumises à ces expériences¹. Peut-être pas du fait de la pertinence du tri effectué d'ailleurs, mais au moins par une sorte de retour raisonnable en-deçà d'une limite par-delà laquelle, dans l'enseignement que j'avais jusque-là pratiqué traditionnellement, l'ajout d'information s'était transformé en ajout de confusion.

2.3.3.1.3 Une sensibilisation aux problèmes théoriques par la pratique

Un troisième axe d'écriture de ce cours a alors consisté à permettre aux étudiants de se poser des questions sur les contenus du cours avant que les réponses ne leur soient données, de façon complémentaire de celle déjà présentée plus haut (2.3.3.1.1). Il s'est agi pour cela, d'introduire chaque chapitre du cours par une séance en laboratoire de Travaux Pratiques, spécifiquement conçue pour que l'étudiant se heurte à des difficultés l'obligeant à formuler de lui-même les problèmes théoriques que le cours tenterait de résoudre par la suite.

Ces sujets de Travaux Pratiques sont très peu directifs et reposent en grande partie sur des textes historiques, exceptionnels pourvoyeurs d'expériences aux effets d'autant plus beaux et intrigants visuellement que leur montage peut être très simple. Voir apparaître une pièce auparavant invisible au fond d'une tasse lorsqu'on la remplit d'eau avec Ptolémée ; observer l'image mouvante et colorée d'un camarade apparaissant au fond d'un système aussi simple qu'une boîte percée d'un trou avec Kepler ; admirer l'image d'un bâtiment éloigné grossie par deux simples lentilles posées aux extrémités d'un tube avec Galilée ; admirer avec Newton la vivacité de l'éventail coloré qui se déploie derrière un prisme directement exposé à un faisceau de rayons solaires...² De telles expériences produisent en général une surprise que l'on développe irrésistiblement l'envie d'en percer le mystère ; à tel point d'ailleurs que dans ces quelques cas, la volonté de résoudre le mystère de ces phénomènes optiques – ou celui du fonctionnement de ces instruments, dans le cas de Kepler et Galilée qui les utilisaient avant d'en posséder une théorie – a justement été l'un des moteurs de l'avancée des connaissances dans le domaine. Ainsi, la vive émotion esthétique que ces expériences sont capables de produire – démontrée par l'histoire – est-elle un élément clé sur lequel je m'appuie sciemment

¹ Résultat contrôlé par la comparaison des moyennes que deux cohortes d'étudiants ayant suivi ce format de cours avaient obtenue à des épreuves normées organisées en amont et en aval de la séquence complète de cours, à celles obtenues par deux autres cohortes d'étudiants ayant suivi un enseignement d'optique traditionnel en parallèle.

² Ptolémée, *Optique*, A. Lejeune (trad.), Brill, 1989. J. Kepler, *Paralipomènes à Vitellion* (1604), C. Chevalley (trad.), Paris, Vrin, 1980. Galilée, *Le messager des étoiles*, 1609. I. Newton, « New Theory about Light and Colors », 1672.

dans le choix de ces expériences historiques introductives, tant j'espère que cet aspect aidera l'étudiant à accepter de faire siens les problèmes qui lui seront posés.

Ces Travaux Pratiques introductifs permettent ainsi à l'étudiant de commencer l'enseignement en touchant du doigt les objets disciplinaires du cours (concepts d'image, de foyer, de lentille) avant même que celui-ci ait débuté, plutôt que de les recevoir de but en blanc en cours sous leur forme symbolique et parfaitement abstraite (une flèche pour l'image, un point le foyer, une double flèche pour la lentille). Ils le confrontent de plus à de réelles difficultés intellectuelles dont j'espère qu'elles stimuleront son désir en mettant à l'épreuve son ingéniosité et son esprit d'initiative, tout en lui faisant miroiter les limites de cette ingéniosité quand elle n'est pas appuyée par le formalisme et la systématisme disciplinaire.

Enfin, ces Travaux Pratiques me permettent d'initier ces étudiants à la problématisation et à la démarche de l'enquête scientifique, en fournissant un terrain sur lequel exercer le discours épistémologique et historique que je leur aurai délivré en amont à ce sujet (2.1.1.1.3.3). D'une part, en les exposant aux impasses auxquelles les mène généralement une démarche expérimentale spontanée qui souvent s'avère chez eux purement empiriste et inductive¹. D'autre part, en leur faisant progressivement accepter la nécessité d'amorcer leur enquête par la formulation des problèmes précis et circonscrits, auxquels ils doivent ensuite imaginer des hypothèses de solutions susceptibles d'être rigoureusement mises à l'épreuve expérimentalement, par le constat qu'ils pourront faire eux-mêmes de l'efficacité considérable d'une telle méthode pour ce qui est de produire des connaissances intelligibles et situées.

Enfin, le texte original historique me semble pouvoir fournir un support pédagogique remarquable par l'illustration directe de la manière dont les auteurs du passé que j'ai sélectionnés ont eux-mêmes souvent fait l'effort de présenter très explicitement à leur communauté non seulement le phénomène qui les a interpellés, mais aussi le problème scientifique qu'ils ont cherché à construire à partir de cette surprise, les hypothèses de solutions à ces problèmes que leur théorie permet de projeter (voire les hypothèses de réponses à ces problèmes que pourraient proposer des théories concurrentes), les conséquences logiques contradictoires de ces hypothèses qui devraient être expérimentalement observables dans le cadre de ces théories, enfin le montage de l'expérience cruciale qu'ils ont imaginée et qui pourrait discriminer ces théories par observation de ces conséquences (2.1.1.1.3.3). Ainsi comme je l'évoquais plus tôt (2.3.1.5), la « Nouvelle théorie de la lumière et des couleurs » de Newton me semble par exemple fournir une illustration magistrale de ce processus², que j'essaie justement de mettre à profit dans ce cours, non seulement par l'analyse de son texte, mais aussi par la reproduction des expériences qu'il y décrit, dont les détails trahissent la subtilité conceptuelle de sa démarche [15, p. 212-219].

2.3.3.1.4 Variation conceptuelle

Cet exemple me donne l'occasion de conclure sur une dernière arme didactique inspirée de l'histoire et de l'épistémologie que j'ai appliquée encore à ces Travaux Pratiques, qui a consisté à illustrer concrètement, à l'aide de ceux-ci, la manière dont différentes problématiques d'un même phénomène peuvent mener à différentes interprétations théoriques de celui-ci, menant elles-mêmes à différentes expériences pour la mise à l'épreuve pour la mise à l'épreuve de ces théories (2.1.1.1.3.3).

¹ Jean-Yves Cariou, *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences*, Thèse de doctorat, Université de Genève, 2009, p. 51-53.

² I. Newton, « New Theory about Light and Colors », 1672.

Dans le cas qui nous concerne, Richard Westfall a remarquablement souligné la diversité des expériences du prisme qui avaient déjà été menées avant Newton, et articulé cette diversité aux diverses manières dont les auteurs qui les avaient produites (Descartes, Hooke, Grimaldi) avaient eux-mêmes posé le problème de la couleur¹. Son travail m'a ainsi suggéré la possibilité de proposer aux étudiants de réaliser trois fois successivement l'expérience du prisme, *à la manière de* Dietrich de Freiberg d'abord, puis de Descartes, enfin de Newton [15, p. 209-219]. C'est-à-dire, en s'efforçant de saisir d'abord la théorie de la couleur défendue par ces trois penseurs, avant de réaliser l'expérience telle que ces savants l'avaient pratiquée, puis d'en interpréter les résultats à la lumière de leurs différentes théories. Ce travail les amène non seulement à noter les détails différenciant les montages expérimentaux proposés (distance du prisme à l'écran, fente de largeur ajustable, nombre de prismes), mais également à discerner les arguments théoriques justifiant ces différences. La question qui se pose ici en filigrane est donc celle de la distinction des différents « observables » que les théories des uns et des autres les autorisaient à envisager (épaisseur du prisme, largeur de la fente, orientation du prisme) et de la manière dont ceux-ci affectaient la récolte et l'interprétation de leurs données. Malgré sa présence au sein d'un manuel de physique, cette séance de Travaux Pratiques est donc plus proprement conçue comme une initiation expérimentale à l'histoire (illustration par des textes originaux de différentes théories d'un même phénomène) et à la philosophie (sensibilisation aux notions de problème, d'observable, de « donnée » expérimentale) de cette discipline.

Incidentement, cette séance applique le concept didactique de « variation conceptuelle » de manière à parvenir à une appréhension plus complète et critique de la théorie newtonienne de la couleur par sa mise en alternative (2.3.1.4).

2.3.3.1.5 Mise en œuvre pratique

Afin de prolonger ce projet d'initiation à l'optique géométrique par l'exploration de certains de ses problèmes, de ses textes et de ses expériences historiques, ce manuel est devenu depuis sa publication le support d'un cours d'optique de 60 heures en première année de licence, entièrement conçu sous forme de pédagogie inversée (2.2.2). Au cours de cet enseignement les étudiants, initialement sommés de répondre à la question « Comment voit-on ? », doivent mener leur propre enquête bibliographique afin progressivement de problématiser eux-mêmes la question ; de projeter leurs propres hypothèses de solutions à leur problème ; de déduire des conséquences observables de ces hypothèses ; de modéliser et d'élaborer eux-mêmes divers protocoles expérimentaux susceptibles de mettre ces conséquences à l'épreuve ; de conclure enfin quant à l'acceptabilité de leurs modèles, avant de synthétiser une réponse à leur question. L'enseignant n'intervient qu'avant chaque séance de Travaux Pratiques, pour aider l'étudiant à affiner ses problèmes, hypothèses et expériences ; puis après chaque séance encore, pour faire cette fois émerger un discours synthétique et porteur des connaissances en optique à acquérir par les étudiants, à partir des problèmes et réponses trouvées dans leurs propres comptes rendus expérimentaux, et en s'adossant aux contenus et à la trame du manuel.

¹ R. S. Westfall, « The development of Newton's Theory of Colour », 1962.

2.3.3.2 L'Histoire pour l'Enseignement de la Physique-Chimie

Responsable : Olivier Morizot (Histoire des Sciences, CGGG, AMU).

Collaborateurs : Florence Boulc'h (Chimie, MADIREL, AMU),
Fanny L'Hôte (Physique-Chimie, collège Longchamp, Marseille),
Vincent Depretto (Physique-Chimie, lycée Victor Hugo, Marseille),
Victor Scavino (Physique-Chimie, lycée Victor Hugo, Marseille),
Gabriel Giovannetti (Philosophie, TZR, Marseille).

Conscient des transformations qu'une considération rigoureuse de l'histoire des sciences a provoquées en moi, je me suis toujours promis, malgré mon départ de mon laboratoire de physique, de conserver un lien avec les scientifiques. Ceci au moins dans le but de servir de courroie de transmission entre la communauté des physiciens et celle des philosophes et historiens des sciences, tant les résultats produits par cette deuxième communauté me semblent négligés par la première, malgré leur intérêt évident selon moi pour son avenir (2.1.1.2.3).

Cette négligence repose sur de bonnes raisons toutefois, au premier rang desquelles, le fait que la majorité des chercheurs et enseignants-chercheurs en sciences ne soupçonne pas même l'existence d'une discipline académique telle que l'histoire ou la philosophie des sciences. Qu'ils ne voient certainement d'ailleurs pas l'intérêt de réfléchir à la nature de la connaissance – en particulier lorsqu'elle est scientifique – tant leur formation dans une communauté essentiellement fermée, au sein de laquelle la pertinence de leur pratique relève d'une absolue évidence, laisse suggérer que celle-ci ne saurait poser question : ne sont-ils pas mis en situation de penser que la science moderne est arrivée à un degré de maturité qui assure la certitude maximale des connaissances qu'elle produit ? Les incroyables succès techniques de la science ne sont-ils pas un signe indiscutable de ce que la science actuelle a atteint cette maturité ? Alors en quoi serait-il nécessaire de questionner encore les postulats et méthode d'une science manifestement victorieuse ? Le fait que l'on sache philosophiquement et historiquement décrire et analyser ce mode de connaissance importe-t-il autant que le fait que la communauté scientifique maîtrise parfaitement ces méthodes pratiques qui permettent de la produire ?

Les conceptions que les enseignants de science se font de celle-ci ont par ailleurs fait l'objet de nombreux travaux en sciences de l'éducation¹. Ces derniers ne peuvent bien sûr relever que des tendances lissant de profondes différences inter-individuelles, mais ils donnent une image de ces conceptions ressemblant à une forme de patchwork, tissé principalement d'inductivisme quant au mode d'acquisition des connaissances scientifiques, d'empirisme garant de la supériorité de leurs méthodes sur celles des autres disciplines, de réalisme naïf quant à la valeur de leurs objets et de positivisme quant à l'existence d'une démarche standard, universelle et anhistorique en assurant la validité. Pour expliquer cette situation, ces travaux ne manquent

¹ G. Berthou-Gueydan et D. Favre, « Les attitudes cognitives de la démarche scientifique sont-elles compatibles avec les représentations majoritaires actuelles de la science ? » dans Giordan, A. & al. (dir.), *Que savons-nous des savoirs scientifiques et techniques ?* Chamonix, 1995, 317- 321. M. Laroche, J. Desautels, et F. Ruel, *Autour de l'idée de science*, Québec, Presse de l'Université Laval, 1992. E. Roletto, « La science et les connaissances scientifiques : Points de vue de futurs enseignants », *Aster* 26, 1998, 11-30. P. Porlan Ariza et al., « Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage ». *Aster* 26, 1998, 207-235. L. Pelissier, P. Venturini, et B. Calmettes, « L'épistémologie souhaitable et l'épistémologie implicite dans l'enseignement de la physique. De l'étude sur l'enseignement en seconde à la démarche d'investigation au collège », *Actes des 3ièmes journées nationales inter-IUFM sur la recherche et la formation des enseignants en Épistémologie et Histoire des Sciences et des Techniques (ReForHST)*, 2007, 8-13.

toutefois pas d'insister sur le manque d'une place structurée pour la réflexion historique et épistémologique dans les études secondaires et universitaires qu'ont suivi ces enseignants.

Aussi est-il fréquent, je crois, que les scientifiques envisagent l'histoire des sciences comme un hobby, auquel s'adonnent des scientifiques à la retraite, ou ceux tout juste pourvus de la curiosité, de la culture ou du temps suffisant à offrir à leur discipline un supplément d'âme et une histoire glorieuse, amusante, ou édifiante dans des livres publiés à grands tirages, dans de courtes vidéos montées comme des clips sur les réseaux sociaux, ou dans les récits simplifiés qu'en proposent les pages scientifiques des média. Si bien qu'il m'a semblé constater que bon nombre de scientifiques consomment leur histoire comme un divertissement et confondent souvent les biographies de savants et les épopées scientifiques¹, avec cette histoire de la physique dont nous avons essayé de décrire les ressorts complexes tout au long de ce rapport et telle qu'elle est illustrée par les nombreux ouvrages de recherche que nous avons déjà cités. Ainsi me semble-t-il que, lorsqu'ils ouvrent un texte scientifique ancien ou un véritable travail d'historien ou de philosophe des sciences, il est rare que les scientifiques y trouvent plus que ce qu'ils y projettent eux-mêmes, ou que quelques anecdotes leur permettant de justifier l'état actuel des connaissances et pratiques scientifiques.

Le constat pourra sembler injuste, mais il ne me semble pas relever d'un manque de considération de ma part à l'égard des scientifiques de métier : de fait, je pense que cette ignorance est psychologiquement et sociologiquement justifiée, et j'affirme volontiers l'avoir moi-même entretenue jusque récemment. Surtout, je crois devoir m'accrocher à la dureté de ce constat pour ce que toute tentative de le nier ou de le minimiser interdirait de chercher un moyen de le dépasser et de parvenir à établir un pont réel et efficace, un lien authentique de communication entre les praticiens spécialistes de la science et ceux spécialistes de son histoire et de sa philosophie. A titre personnel, j'ai le sentiment que ces deux communautés s'ignorent largement mutuellement – à part quelques philosophes qui s'intéressent à l'état des sciences contemporaines, et quelques scientifiques d'exception – et que lorsqu'elles se rencontrent, elles se comprennent encore très mal. C'est un aspect qui accroît d'ailleurs la tendance des scientifiques à s'orienter vers de l'histoire vulgarisée, en forme de biographie souvent hagiographique et téléologique, produite par les membres mêmes de leur communauté que vers les exigeants volumes et articles produits par les chercheurs en épistémologie et histoire des sciences. Or, je pense que cette histoire vulgarisée leur apporte fort peu et les conforte même dans leur communautarisme.

Ces constats soulignent à mes yeux l'urgence, pour nous chercheurs en philosophie et histoire des sciences, à trouver le moyen de mieux nous adresser aux scientifiques. Tout particulièrement à ces enseignants auxquels l'institution demande de transmettre, on l'a vu, une image pour le moins vague de l'histoire de leur discipline (2.3.1.1), qui ne pourra manquer de participer à la propagation et à la perpétuation d'idées reçues dans leurs classes si ces enseignants ne sont pas mieux accompagnés dans ce processus.

Or, je m'engage dans cette voie avec d'autant plus de détermination que, comme je l'ai défendu plus haut (2.1.1.2.4), je suis convaincu qu'il y a un pont à construire². Qu'il y a un espace qui se dessine pour la production de travaux d'histoire des sciences exigeants, correspondant aux règles rigoureuses imposées par la discipline académique, mais susceptibles

¹ A. Robinson, *The Last Man Who Knew Everything*, Oxford, Oneworld Publications, 2006. Jean-Pierre Luminet, *Une histoire de l'astronomie*, Seuil, 1990...

² Un pont que selon moi Christian Bracco et Nicolas Nio s'efforcent par exemple de consolider depuis quelques années au sein de commission « Histoire des Sciences » de la Société Française de Physique.

également d'être formulés dans un langage qui pourrait être compris par le scientifique. Des travaux capables de susciter son intérêt, en parvenant à s'appuyer en partie sur des questions qui font authentiquement problème dans la communauté scientifique ; à identifier les sous-entendus du discours des historiens qui entretiennent la confusion, mais qu'ils n'explicitent presque jamais parce qu'ils relèvent d'une aveuglante évidence pour eux ; à anticiper et à désamorcer les idées reçues avec lesquelles la communauté scientifique risque de recevoir le discours historique ; à se projeter enfin vers l'intérêt que pourrait représenter tel ou telle connaissance historique, ou philosophique, pour la communauté scientifique actuelle. Je parle ici tout simplement d'un travail de traduction et de mise en relation des connaissances et des discours produits par ma nouvelle communauté des historiens vers celle de ma communauté « maternelle » des physiciens. C'est notamment à cette tâche que j'aspire donc à m'appliquer dans l'avenir, je l'ai dit, en plus de celle, qui me tient évidemment profondément à cœur, de produire des résultats originaux et pertinents pour la communauté même des historiens et philosophes des sciences.

Mais probablement cette démarche ne suffit-elle encore pas, et nécessite-t-elle aussi d'être accompagnée d'un travail de médiation des savoirs et des méthodes de l'histoire des sciences spécifiquement dédiés aux scientifiques. C'est dans cette perspective qu'à la rentrée 2023, j'ai créé au sein de l'IRES d'AMU (structure présentée au 2.2.3.1) une équipe constituée de deux enseignants-chercheurs (une collègue chimiste et moi-même) et de quatre enseignants du secondaire (trois professeurs de physique-chimie et un de philosophie), afin de mener un travail de recherche-action participative visant, d'une part, à identifier et à expliciter collectivement les bénéfices que l'enseignement de la physique et de la chimie pourraient tirer de l'enseignement d'éléments de l'histoire de ces disciplines [16-17]. Ayant pour objectif, d'autre part, de mettre en place et de tester dans leurs classes des protocoles d'enseignement des sciences par l'histoire susceptibles de mener les élèves à une meilleure compréhension conjointe des concepts scientifiques et de leur histoire ; de pouvoir être implémentés de manière raisonnable dans les classes de collège ou de lycée ; et, bien sûr, de convaincre un nombre significatif de collègues enseignants de leur intérêt et de leur applicabilité.

Pour cela, le groupe se propose notamment pour moyen de récolter la masse d'informations, de contenus et d'activités historiques déjà présents dans les principaux manuels de physique-chimie du secondaire, qui sont déjà disponibles facilement à tous les enseignants, et dont ils ont déjà même souvent développé un usage et une connaissance personnelle. De produire alors une analyse critique de ces documents et activités, en termes de fidélité aux sources, de conformité aux intentions de l'auteur, et de possible production de sens dans le cadre du cours de physique-chimie. En somme, nous nous efforçons d'analyser l'intérêt didactique de ces ressources déjà existantes à l'aune de ce que nous avons identifié plus haut comme les enjeux de la mobilisation de l'histoire dans l'enseignement des sciences (2.3.1), avant de produire, s'il le faut, des compléments et corrections à ces documents qui seraient selon nous susceptibles de mieux satisfaire à ces enjeux. Le produit visé de cette recherche-action participative, qui sera progressivement affiné au gré des expériences menées dans les classes des collègues impliqués dans le projet, prendra ainsi la forme de livrets contenant commentaires, textes et activités pratiques à destination des enseignants de physique-chimie du secondaire, qui seront complémentaires de ces contenus historiques déjà présents dans leurs manuels, et qui leur seront diffusés via le réseau national des IRES, les sites de l'Éducation Nationale ou encore le *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie (BUP)*¹.

¹ Ces ressources, directement articulées à des pages précises des manuels de Physique-Chimie de collège ou lycée, pourront par exemple prendre la forme de livrets d'activités semblables à certains de ceux proposés dans *Découvertes en pays d'Islam*, A. Djebbar, C. de Hosson et D. Jasmin (éds.), Paris, Le Pommier, 2009, comme par

Cette recherche a enfin pour but d'alimenter en contenus pratiques et aisément transposables à la classe de physique-chimie la journée de formation annuelle sur « l'histoire pour l'enseignement des sciences » que j'anime depuis 2022 au Plan Académique de Formation de l'académie d'Aix-Marseille (2.3.2.3).

Bien qu'officiellement j'assume seul la responsabilité tant de la logistique (agenda, locaux, financement, ordres du jour, comptes rendus) que du contenu et de la forme de la recherche élaborée dans ce groupe (élaboration des problèmes et hypothèses, méthodologie, objectifs, veille bibliographique, mise en forme et diffusion des résultats), je m'efforce encore ici d'assurer la même organisation collective, démocratique et égalitaire du travail que je me suis efforcé d'entretenir aussi bien en tant que co-responsable de la mention de licence S&H (1.3.3) qu'en tant que co-responsable d'un autre groupe de recherche de l'IRES (2.2.3.1). Chaque membre de ce groupe est ainsi systématiquement informé de toute décision à prendre suffisamment en amont pour avoir la possibilité d'envisager une réponse personnelle à apporter au débat ; rien n'est mis-en-œuvre sans accord préalable à l'unanimité ; tout accord est consigné dans un compte-rendu corrigé et validé par l'ensemble de l'équipe ; chacun est régulièrement invité à participer à chacune des étapes du processus à la mesure de ce qu'il souhaite donner. Mon rôle se résume alors, vis-à-vis de ces collègues, à celui d'un animateur devant s'assurer essentiellement de la pérennité et de la vivacité de cette dynamique collective, et vis-à-vis des institutions, à celui de simple responsable administratif et de garant du travail produit.

2.3.4 Résumés d'Ouvrages et Articles sur l'Enseignement

2.3.4.1 Ouvrage

O. Morizot, *Bases d'Optique Géométrique – Des instruments ardents à la formation des images, pour comprendre la Vision et les couleurs de l'arc-en-ciel*, Presses Universitaires de Provence, Coll. Sciences Technologies Santé, 2016 (2^{ème} éd. 2019).

Ce manuel de cours synthétise la quasi-totalité des expériences pédagogiques que j'ai pu mener pendant une quinzaine d'années d'enseignement universitaire, appliquées à l'enseignement de l'optique géométrique : place centrale donnée au travail pratique, problématisation des cours par les étudiants, intégration de l'histoire des sciences, explicitation des consignes et focalisation sur les éléments essentiels de chaque cours... Il est composé de quatre séances de Travaux Pratiques systématiquement inspirées d'expériences historiques (la chambre noire de Kepler, la lunette de Galilée, le prisme de Descartes et Newton, la réfraction selon Ptolémée, Descartes et Fermat...). Chacune servant d'introduction à un chapitre théorique spécifiquement construit pour répondre aux questions historiques soulevées et laissées en suspens par l'étude pratique. Chaque chapitre est enfin conclu par un résumé de ses contenus essentiels et par une planche d'exercices progressifs,

exemple le dossier « Comment voit-on les objets qui nous entourent ? A la découverte de la lumière » proposé par C. de Hosson et V. Delaye et dédié au Cycle 3. La première de ces ressources s'articulera d'ailleurs aux pages des manuels actuellement consacrées au personnage de Lavoisier, dans une tentative – inspirée notamment de travaux de B. Bensaude-Vincent – de déconstruire l'image d'Épinal traditionnellement donnée du personnage, et d'amener les élèves, à partir de la lecture d'extraits de ses textes, à une meilleure appréhension du concept d'élément chimique comme définition opérationnelle véhiculant avec elle une définition de l'art chimique lui-même. Ainsi qu'à une appréhension du principe de conservation de la masse comme véritable principe recteur, permettant l'invention du concept de système fermé et accélérant le développement de l'instrumentation de mesure en chimie, plutôt que comme la loi induite de l'expérience à laquelle la majorité des manuels scolaires semblent vouloir le réduire. B. Bensaude-Vincent, *Lavoisier*, Paris, Vrin, 1993.

dont certaines des corrections sont fournies afin d'acquérir par soi-même les habiletés techniques fondamentales de la discipline. L'une des priorités dans la production de ce manuel a par ailleurs été de le rendre aussi accessible à l'étudiant que possible : explicitation progressive du langage technique, formulaire des notions basiques de mathématiques nécessaires à sa compréhension, grille d'auto-évaluation du travail expérimental, esthétique des problèmes traités, justifications des contenus enseignés par une approche historique, mais aussi limitation de son prix et commandes du document en nombre suffisant par les bibliothèques de l'université.

2.3.4.2 Articles

O. Morizot, F. Boulc'h, V. Scavino, V. Depretto, F. L'Hôte et G. Giovanetti, « L'histoire pour l'enseignement de la physique-chimie », Soumis au *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, 2024.

Cet article, en deux parties, recense les premiers résultats du travail mené au sein du groupe de travail que j'anime pour l'IRES d'AMU, dont l'objectif est la production de ressources pouvant contribuer à vivifier l'enseignement de la physique-chimie en collège et lycée au moyen d'un enseignement de l'Histoire de ces disciplines. A ce titre, on y propose une réflexion préalable théorique, quoique nourrie d'expériences de terrain, quant aux possibles justifications motivant l'insertion de l'histoire en cours de physique-chimie et quant aux impacts que ces différentes justifications auront nécessairement sur la pratique. Dans la première partie de cet article, on analyse les justifications institutionnelles de l'usage de l'histoire dans l'enseignement des sciences. Puis, l'on s'appuie sur des propositions de Gaston Bachelard pour rappeler le possible rôle de l'histoire dans l'appréhension du sens des concepts scientifiques et dans le contournement d'obstacles épistémologiques. Dans la deuxième partie on explique comment, au moyen de la variation conceptuelle, l'histoire permet à l'élève d'aiguiser son esprit critique. On la présente ensuite comme un formidable pourvoyeur d'exemples de démarches scientifiques. On vante alors sa capacité à faire émerger des implicites du discours scientifique, qui offrira à l'enseignant un rapport plus intime et mieux informé à sa discipline et qui lui permettra d'adresser un discours plus explicite à ses élèves. On présente enfin la déroutante sensation de décentrement que peut procurer l'histoire comme un signe de ce que l'on est près, ou non, à tenter de l'enseigner. Ce texte propose donc au lecteur, non pas une description clé en main de ce qu'il devrait faire ou ne pas faire dans sa classe, mais un moyen d'évaluer les fondements de ses propres pratiques, aussi bien que de possibles directions pour les approfondir ou les renouveler.

O. Morizot, « Les Secrets du Monde de Johannes Kepler. Où astrologie, métaphysique et histoire enrichissent l'enseignement de l'astronomie », dans *Sciences et humanités : décloisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (éd.), Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 115-158.

Cet article est le récit d'un cours d'astronomie et de mécanique keplerienne – c'est-à-dire de mécanique céleste selon les principes de Kepler – que j'ai développé dans la licence S&H d'AMU, ainsi qu'un récit de sa construction et de la quantité de choses que j'ai apprises dans ma discipline de formation – la physique – le jour où j'ai accepté de prendre véritablement au sérieux son histoire et sa philosophie. Ceci n'est donc pas un article d'histoire ou de philosophie des sciences, ni un article de didactique, de physique, ou d'astronomie, ou d'astrologie – même si c'est un peu de tout ça à la fois. Il s'agit d'un récit, dans lequel j'enfonce beaucoup de portes ouvertes, mais en espérant ainsi que si son lecteur vient des

sciences humaines, il s'apercevra que le physicien que j'ai été n'a longtemps pas vu que ces portes existaient et qu'il m'a fallu bien du temps et des efforts pour seulement penser à les pousser. Et que si ce lecteur vient des sciences de la matière, il découvrira combien de portes ont été ouvertes par ses collègues des autres disciplines qu'il n'aurait plus ainsi qu'à franchir. Au-delà d'informer sur les idées et travaux de Kepler – en s'appuyant sur les travaux de G. Simon, A. Koyré et B. Stephenson – et sur ce qu'ils peuvent apporter aux étudiants, ce texte a donc pour but de faciliter le dialogue entre ses lecteurs, en soulignant régulièrement les motivations, les apports, mais aussi les erreurs et les présupposés qui ont donné leur forme à ce cours, et qui furent propres au spécialiste des sciences physiques que j'étais.

O. Morizot et P. Abgrall, « Le recours à l'histoire dans l'enseignement des sciences : exemple des couleurs de l'arc-en-ciel », *L'Actualité chimique* 396, 2015, p. 38-39.

S'inspirant de travaux de Bachelard sur le possible rôle de l'histoire des sciences dans l'enseignement des sciences, cet article présente les raisons pour lesquelles un physicien et un historien des mathématiques ont décidé de rédiger conjointement un cours de physique visant à expliquer l'arc-en-ciel à partir de son histoire. Un cours dont la partie relative au nombre des couleurs perçues dans l'arc est ensuite présentée en exemple.

O. Morizot, S. Ferri, S. Bodea, G. Hagel, P. Abgrall, « History of Sciences as a recourse to upgrade geometrical optics courses », *Proceedings of Science – Frontiers of Fundamental Physics*, 2014.

Partant du constat que les cours universitaires de physique de première année ne peuvent plus fonctionner de la manière dont ils ont traditionnellement été enseignés, nous proposons ici une réaction consistant – plutôt que de nous focaliser sur leur forme – à réécrire et enrichir prioritairement leur contenu. A titre d'exemple, nous présentons la structure d'un cours d'optique géométrique limité à l'essentiel seulement des contenus formels usuels de l'optique géométrique, et donnant la priorité à la surprise, à l'investissement personnel et à la réflexion. Un résultat rendu possible par une interaction structurelle entre le formalisme classique de la physique et des questions fondamentales issues de l'histoire des sciences.

O. Morizot, A. Sellé, S. Ferri, D. Guyomarc'h, J.-M. Laugier and M. Knoop, « A modern Fizeau experiment for education and outreach purposes », *European Journal of Physics* 32(1), 2011.

En 1849, Hippolyte Fizeau réalisait une expérience de mesure de vitesse de la lumière parcourant un aller-retour entre Montmartre et le mont Valérien à Suresnes, séparés d'une distance d'environ 8,6 km. A l'époque, Fizeau modulait la lumière émise par une lampe puissante à l'aide d'une roue dentée. La lumière transmise parcourait alors la distance d la séparant du second site où elle se réfléchissait sur un miroir. Fizeau, placé derrière la roue (du côté de la lampe source), n'observait ainsi plus de signal retour dès lors que la roue tournait à une vitesse telle que la lumière qu'une échancrure de la roue avait laissé passer à l'aller, se trouvait bloquée par la dent qui suivait lors de son retour ; le temps de la rotation d'une échancrure à la dent suivante étant alors égal au temps d'aller-retour de la lumière. Fizeau en déduisait ainsi la vitesse $v = 2d.f.2n$ de la lumière dans l'air, où f est la fréquence de rotation de la roue dentée et n le nombre de dents de la roue. Cet article décrit le principe de l'expérience et la manière dont nous l'avons implémentée dans le ciel de Marseille en 2010 à l'occasion d'une mission de diffusion scientifique, dans une version modernisée impliquant un laser puissant en guise de lampe, un modulateur acousto-optique en guise de roue dentée et un coin de cube en guise de miroir.

O. Morizot, A. Sellé, S. Ferri, D. Guyomarc'h, J.-M. Laugier and M. Knoop, « Un laser sur la ville », *Reflète de la Physique* 24, 2011.

Si l'histoire des sciences a un effet manifeste sur l'enrichissement et l'approfondissement des enseignements de sciences, elle a aussi un effet d'attraction tel sur le grand public qu'elle est particulièrement adaptée à la transmission de concepts scientifiques lors d'opérations de diffusion scientifique. Ainsi, à l'occasion du cinquantième anniversaire de l'invention du laser, nous avons réalisé une transposition moderne de l'expérience historique d'Hippolyte Fizeau en mesurant la vitesse de la lumière à l'aide d'un faisceau laser passant au-dessus du centre-ville de Marseille. Pour une distance aller-retour de près de 5 km, la mesure a atteint une incertitude d'environ 10^{-4} , principalement due aux fluctuations atmosphériques. Dans cet article nous présentons les défis expérimentaux, historiques et pédagogiques de cette expérience de diffusion scientifique spectaculaire.

3. Perspectives

Ma conversion à la recherche en histoire des sciences me permet enfin de déployer une recherche plus conforme à ce qui me semble que devrait être la recherche publique, par un biais conjoncturel qui pour moi est pourtant loin d'être anodin. La recherche en histoire et philosophie des sciences s'avérant en effet de plusieurs ordres de grandeur moins coûteuse que la recherche en Physique expérimentale, il devient notamment possible d'inscrire ma pratique en marge de la course aux financements – et donc aux résultats spectaculaires et aux promesses d'applications immédiates¹ – que me semblent imposer les politiques de recherche publique modernes au niveau national, comme international. Loin de moi l'idée de renoncer à planifier ma recherche, à produire des résultats pertinents pour la communauté des chercheurs dont pourraient même découler des applications sociales et techniques profitables à la société. Je renonce seulement, et je l'assume résolument, à courir après les crédits, les promotions et les fonctions valorisées par l'institution universitaire – tout en conservant le respect sincère de ceux qui les obtiennent et qui les assument. En somme, j'aspire à ne pas à devenir un « Porteur de Projet », un « Principal Investigator » entrepreneur de lui-même, en quête d'évaluations et d'investissements extérieurs pour la valorisation de sa recherche autant que de sa carrière². J'espère ainsi parvenir à rester un chercheur déployant l'essentiel de son temps de travail sur ses missions fondamentales de préparation, d'exercice et d'évaluation de son enseignement d'une part, en interaction étroite avec une communauté d'étudiants et de collègues enseignants ; de planification, de pratique et de diffusion de sa recherche de l'autre, et de sa mise en débat dans la communauté des chercheurs concernés. Le tout, en m'assurant que la charge administrative associée à ces deux types d'activités – impliquant un engagement nécessaire dans la politique du laboratoire, du département, de l'UFR et de l'Université – reste limitée à l'articulation harmonieuse de ces travaux aux intérêts de ceux qui en sont les destinataires.

C'est fidèlement à ces principes que je souhaite à présent à diriger des recherches et à encadrer, accompagner et tutorer des étudiants en thèse d'Histoire et Philosophie des Sciences et des Techniques. D'autant plus que j'ai déjà retrouvé un plaisir intense, et même décuplé, à pratiquer une recherche aussi peu coûteuse que possible, reposant exclusivement sur des crédits pérennes, inscrite dans le temps long qui est nécessaire à la maturation des idées et à la mise à l'épreuve exigeante des hypothèses – temps long notamment rendu disponible par le renoncement aux appels à projets et aux responsabilités administratives – et non assujettie à quelque commande ou exigence d'application exogène au projet de recherche lui-même.

La seule raison qui pourra alors me pousser temporairement vers la recherche de crédits sera néanmoins la nécessité d'en trouver pour le financement des travaux de thèse, des missions ou des conférences d'étudiants dont j'aurais la responsabilité, dont les travaux s'inscriront dans l'urgence relative des trois ans de la durée d'une thèse, et qui ne connaîtront pas encore nécessairement ni les différentes manières, ni l'intérêt de développer une recherche économe en moyens. Cette situation ne devrait toutefois se présenter que très occasionnellement car, fort

¹ I. Stengers, *Une autre science est possible*, Les empêcheurs de tourner en rond/la Découverte, 2018. Marc Audétat, Gaïa Barazzetti, Gabriel Dorthe, Claude Joseph, Alain Kaufmann, Dominique Vinck, *Sciences et technologies émergentes. Pourquoi tant de promesses ?*, Paris, Hermann, 2015.

² RogueESR & Camille Noûs, *Réformes de l'imaginaire social et contrôle des subjectivités*, *Savoir/Agir* 59-60/1, 2022, pp. 81-90.

intelligemment, mon laboratoire assure à ce jour volontiers l'essentiel du financement des frais des doctorants sur ses crédits propres. La tendance à la précarité croissante des jeunes chercheurs m'obligera toutefois certainement à partir également en quête de financements comme un moyen d'obtenir non seulement des financements de thèse supplémentaires – en particulier à un moment où, dans notre laboratoire, le nombre de chercheurs habilités à diriger les recherches en section 72 est extrêmement réduit – mais aussi de prolonger ma responsabilité d'encadrant de doctorants en finançant l'accueil de post-doctorants.

Dans ce contexte, je confesse donc n'avoir répondu à aucun appel à projets depuis que j'ai rejoint le Centre Granger, et ne pas compter non plus le faire dans l'immédiat. Je ne brigue par ailleurs aucun mandat, ni aucune responsabilité de direction administrative ni pédagogique, et j'ai même décliné l'offre de direction intérimaire du département interdisciplinaire Interactions Sciences Sociétés (ISS) que l'UFR Sciences m'a généreusement faite en septembre 2022. Ce qui ne m'empêche pas de participer aux débats animant les différents conseils par lesquels je suis concernés.

A titre d'exception susceptible de confirmer la règle, j'ai accepté depuis 2019 l'invitation amicale que m'a adressé Julien Mary (CNRS, Univ. Paul Valéry) à siéger au Conseil Scientifique de la Maison des Sciences de l'Homme SUD de Montpellier, qui se réunit deux fois par an, pour l'évaluation et le financement de projets de recherche interdisciplinaires en construction. Je l'acceptais d'ailleurs d'autant plus volontiers que ces projets de recherche, sans exiger ni un travail de rédaction considérable, ni de livrables exagérément programmés de la part des candidats, sont examinés avec la plus grande attention et la plus large collégialité membres de ce Conseil Scientifique pluridisciplinaire ; que son pourcentage de lauréats est exceptionnellement haut ; et que ces lauréats sont accompagnés durant toute la durée du projet à la fois par un coordinateur et par le Conseil qui, plus que juger les projets, fait part de ses conseils dans le but de les améliorer. Le but fondamental de ces financements – relativement faibles à l'échelle de la recherche internationale – est justement ainsi de financer le temps nécessairement improductif de rencontre, de dialogue et de maturation, indispensable à ces programmes de recherche interdisciplinaires naissants¹.

Enfin, quant à la tâche de directeur ou responsable de groupes de recherche, je crois avoir suffisamment répété lui préférer celle d'animateur – ou, mieux encore, de co-animateur – de collectifs de travail (2.2.3.1 et 2.3.3.2), où l'information circule continûment, où chacun participe à l'élaboration de l'agenda des problèmes à résoudre, où le temps du débat est pris avant chaque décision, où ces décisions sont prises sur la base du consensus et où le poids de la responsabilité est aussi largement partagé que le plaisir et les honneurs du travail accompli. Ce n'est à vrai dire que sur ce sur ce mode que je peux envisager le travail d'équipe à l'avenir ; que ce soit en tant qu'animateur moi-même, ou que simple membre parmi d'autres d'un véritable collectif.

Mon souhait le plus urgent pour les années à venir est donc de parvenir à ce que ce métier continue de me procurer le même plaisir que j'éprouve à le pratiquer actuellement. Pour cela, je compte bien entendu sur les projets décrits jusqu'ici – et sur leurs évolutions à court, moyen et long terme que je décrirai ci-après – pour entretenir mon désir encore quelques années au moins. Je compte aussi sur la quantité de ce qui me reste à lire pour renouveler cette sensation

¹ J. Mary, « Entre recherche aux interfaces et ingénierie de la co-construction : les MSH au défi du participatif », dans *Mutations des sciences humaines et sociales, Les Maisons des sciences de l'Homme et leur réseau*, F. Thibault (éd.), Paris, Alliance nationale des sciences humaines et sociales (Athéna), p. 63-75.

précieuse de déprise de moi-même que j'ai pu éprouver chaque fois qu'un texte m'éveillait à une nouvelle manière de considérer le monde je n'avais pas su imaginer jusqu'alors. Enfin, tant pour mon plaisir, que pour la maturation de mon travail, j'aspire à franchir un cap dans mes collaborations. J'en entretiens en effet de passionnantes déjà sur les questions d'enseignement et d'interdisciplinarité, qui elles-mêmes mériteraient d'ailleurs d'être étendues. Mais, à quelques exceptions près, mon travail en histoire des sciences est jusque-là resté trop solitaire. C'est pourquoi je travaille à présent à améliorer mon insertion et celle de mes travaux dans le tissu aixois, français et européen de la recherche en histoire et philosophie des sciences.

3.1 Projets de recherche à 4 ans

J'aimerais donc profiter des quatre prochaines années pour poursuivre avant tout mes recherches déjà en cours. Pour valoriser donc, en premier lieu, le travail conséquent que j'ai déjà produit sur les travaux concernant le Son, la Vision, la Lumière et la Couleur de Thomas, en parvenant à éditer et publier le manuscrit inédit joint à ma candidature [1] chez une maison d'édition de qualité et dans une version abordable à un large public, mais conservant la rigueur historique que j'ai tâché d'y apporter. J'envisage par ailleurs de continuer de publier encore, sous forme d'articles, quelques enquêtes historiques plus concentrées, focalisées sur des cas et de problèmes que cette monographie sur Young m'aura permis d'identifier.

A ce titre, les travaux inédits sur l'inflexion de la lumière de l'astronome William Herschel me semblent mériter un travail d'investigation et de contextualisation particulier. Tâchant de justifier ses réticences à transmettre à la Royal Society les travaux sur l'inflexion que le jeune David Brewster venait de lui envoyer, Herschel lui déclarait en effet dans une lettre de 1805 que ses propres « remarques sur les franges de la lumière infléchie sont fondées sur des expériences qui ne peuvent être contestées et qui seront certainement (comme vous le souhaitez) présentées au public »¹. Or, bien qu'il faille attendre 1816 pour que de nouveaux travaux déterminants ne paraissent sur l'inflexion² et qu'Herschel continuera de publier abondamment dans les *Philosophical Transactions* jusqu'en 1818, aucune ligne de lui ne paraîtra jamais sur le sujet. Pourtant, ce que confirme une enquête que j'ai récemment menée dans les archives de la Royal Astronomical Society de Londres, c'est non seulement que Herschel a laissé de très nombreux feuillets largement ignorés sur le sujet témoignant en effet d'une intense activité expérimentale sur ce sujet (modèles géométriques, données expérimentales, débuts de traités...); mais aussi que ces positions méconnues de Herschel ont significativement affecté le développement de l'optique britannique au début du XIX^e siècle en influençant le progrès des travaux sur l'inflexion d'au moins deux de ses principaux acteurs que furent justement Young et Brewster [2]. C'est pourquoi j'envisage à court terme la mise en forme et l'analyse du contenu de cette imposante somme de manuscrits que j'ai déjà numérisés.

L'analyse de ces travaux de Herschel sur l'inflexion de la lumière pourrait alors trouver sa place dans un projet plus vaste d'« histoire des théories de l'inflexion de la lumière », qui ne mettrait pas seulement l'accent sur la diversité des solutions proposées à ce problème de l'interprétation des franges sombres et lumineuses en bordure de l'ombre des corps, mais qui examinerait plus spécifiquement la manière dont la formulation singulière du problème de l'inflexion par chacun des auteurs qui l'ont abordé (on pense au moins à Grimaldi, Hooke,

¹ William Herschel, « A letter from William Herschel to David Brewster, dated 28 January 1805 », Royal Astronomical Society, RAS MSS Herschel W.1/28 Jan. 1805, 1, p. 256-258.

² Augustin Fresnel, « Mémoire sur la diffraction de la lumière », *Annales de Chimie et de Physique*, Mars 1816, 1, p. 239-281. Jean-Baptiste Biot et Claude Pouillet, « Recherches sur la diffraction de la lumière », *Bulletin des Sciences par la Société Philomatique de Paris*, 1816, p. 60-61.

Newton, Maraldi, Mairan, Du Tour, Jordan, Brougham, Brewster, Herschel, Young et Fresnel) a influencé leurs observations, leurs expériences et leur conclusions finales sur le phénomène.

Il s'agirait notamment de rendre très précisément compte de la diversité et de la singularité des réponses successivement données par ces auteurs au problème de l'inflexion, dans le but – en écho aux considérations développées au paragraphe 2.1.1.1.3.3 – de s'appuyer sur la singularité de ces réponses pour mieux saisir la formulation précise du problème de l'inflexion, telle que chacun de ces auteurs l'a rarement très explicitement formulé. Une telle étude tâcherait également d'établir un lien entre les théories de la lumière des personnages concernés, leur problématisation personnelle de l'inflexion et les manifestations du phénomène telles qu'ils ont pu les rapporter : du nombre pair de franges sombres sur fond de pénombre que Grimaldi et Maraldi disent voir dans l'ombre d'un obstacle fin¹ ; à l'absence de telles franges dans l'ombre chez Newton² ; en passant par la description différenciée des « couleurs par inflexion » et des « couleurs des fibres » par Young, qu'il n'unifiera que tardivement sous le terme de diffraction [1, p. 357-358] ; par les observations de Fresnel, qui nous seraient probablement les plus familières ; ou encore par celles d'Herschel, qui voit dans ses figures d'inflexion l'illustration des effets combinés de rayons « infléchis » vers l'obstacle, de rayons « défléchis » depuis lui et enfin de « rayons produisant du noir » rendant le pourtour de l'ombre plus sombre qu'elle ne l'est elle-même. La mise en contraste des différentes descriptions du phénomène de l'inflexion proposées par ces auteurs, amplifiée aussi bien par l'aspect très localisé du problème que par la proximité manifeste des théories auxquelles ces solutions étaient intégrées, permettrait je crois de faire saillir de manière particulièrement efficace les présupposés encore implicites – ou tout au moins difficiles à percevoir frontalement – justifiant la singularité de chacune de ces solutions, et de comprendre par là encore un peu mieux le projet des auteurs concernés.

Les travaux expérimentaux que F. Boulc'h et moi-même menons sur « les expériences de chimie de la Question XXXI de l'*Opticks* de Newton » requerront par ailleurs également encore un certain temps pour aboutir (2.1.2.2). Certaines des expériences sur lesquelles nous avons fait le choix de nous arrêter plus attentivement relèvent notamment de la chimie du mercure, qui ne peut se pratiquer aujourd'hui que dans des conditions de sécurité très contraignantes, impliquant l'usage d'une salle particulièrement dédiée à cette chimie. L'existence d'une telle salle au MADIREL (AMU), que nous avons obtenu le droit d'utiliser, est ainsi pour nous une chance, même si son usage régulier pour des recherches de chimie plus conventionnelles nous oblige à planifier nos expériences longtemps à l'avance et sur des créneaux dispersés. De plus, cette enquête expérimentale s'accompagne, on l'a dit, d'une étude documentaire assez considérable et difficile d'accès, puisqu'elle mobilise non seulement les manuscrits alchimiques inédits de Newton (fort heureusement disponibles en ligne, pour nombre d'entre eux³), mais aussi les sources chimiques et alchimiques, souvent particulièrement obscures, qui ont été susceptibles de l'inspirer (Boyle, Sennert, Monte-Snyders, Eirenaeus Philalethes...), aussi bien que les travaux académiques produits sur ces sujets et sur ces personnages⁴. Le tout présage donc d'un temps non négligeable de familiarisation avec cette bibliographie.

¹ Francesco Grimaldi, *Physico-mathesis de lumine, coloribus, et iride*, Bologne, H. V. Benatii, 1665, p. 5. Giacomo Maraldi, « Diverses expériences d'optique », *Histoire de l'Académie Royale, Année 1723, Avec les Mémoires de Mathématique et de Physique pour la même année*, 1753, Pl. 6, Fig. 3-6.

² A. E. Shapiro « Newton's Experimental Investigation of Diffraction for the *Opticks*: A Preliminary Study », dans *the Foundations of Newtonian Scholarship*, R. H. Dalitz et M. Nauenberg (eds.), Singapore, World Scientific Publishing, 2000, p. 29-58.

³ <https://newton.dlib.indiana.edu/>

⁴ W. R. Newman, *Newton the Alchemist. Science, enigma, and the quest for Nature's "secret fire"*, 2019. B. J. T. Dobbs, *The Foundations of Newton's Alchemy, or, "The Hunting of the Greene Lyon"*, 1975

Les travaux du groupe « Interdisciplinarité et enseignement disciplinaire » ont quant à eux vocation à se poursuivre et à se déployer dans de nouvelles directions au fil des quelques années à venir, tout en conservant leur dimension de recherche-action et participative. Notamment par le biais de différentes enquêtes qui seront menées en collaboration avec le futur Master Épistémologie d'AMU, avec le Plan Académique de Formation de l'Académie d'Aix-Marseille, et peut-être encore avec l'Inspé d'AMU, quant aux formats pédagogiques les plus féconds pour sensibiliser les enseignants du secondaire et du primaire, actuels et futurs, aux conclusions développées dans nos travaux sur le renforcement de l'enseignement disciplinaire par le dialogue interdisciplinaire (2.2.3.1)

Ce groupe a par ailleurs l'ambition d'approfondir les conséquences de ses travaux par la production et l'animation d'enseignements interdisciplinaires originaux (2.2.2) à destination d'élèves de lycée. Ce, via la conception collective de tels enseignements, via l'élaboration d'un protocole méthodologique pour l'évaluation de leur fécondité pour les élèves, et via la mise en œuvre de cet enseignement et de ce protocole au sein des classes des enseignants du projet.

Enfin, notre groupe « l'Histoire pour l'enseignement de la Physique-Chimie » vient seulement d'ouvrir, mais a pour ambition de rendre ses premières conclusions et à produire ses premières ressources pédagogiques d'ici deux à quatre ans.

3.2 Projets de recherche à 8 ans

L'année 2029 marquera les deux cents ans de la disparition de Thomas Young. Aussi, j'envisage déjà de profiter de l'occasion pour organiser un colloque international d'histoire des sciences en hommage à ses travaux. Comme le personnage l'impose, ce colloque sera nécessairement pluridisciplinaire, en convoquant l'histoire de toutes les disciplines à l'avancement desquelles Young a contribué. Il sera même, je l'espère, interdisciplinaire, au moins au sens où l'on y tâchera d'y stimuler les analyses de ses travaux via l'histoire croisées de différentes disciplines, ainsi que d'imaginer les collaborations interdisciplinaires entre ses participants qui pourraient émerger à son issue. Les mois qui précéderont seront dès lors nécessairement occupés par l'organisation d'un tel événement, ainsi – il faut savoir se rendre à l'évidence – que par la recherche de crédits pour son financement. Quant au mois qui suivront, ils nous trouveront certainement occupé à l'édition des actes de ce colloque.

Cet événement marquera alors un moment intéressant, je crois, pour m'éloigner quelque peu de ce personnage auquel j'aurai consacré beaucoup de temps et d'énergie, mais qui aura profondément participé à ma formation. J'en profiterai alors certainement pour décaler quelque peu dans la chronologie des sciences la période concernée par mes études historiques, tout en restant certainement focalisé sur l'histoire des théories de la vision, de la lumière et de la couleur.

J'envisage plus précisément de saisir cette occasion pour explorer la période se déployant sur tout le XIX^e siècle, voyant l'avènement des théories ondulatoires, puis électromagnétiques de la lumière, ainsi que des théories psychophysiques de la couleur. Ce serait l'occasion d'approfondir l'étude des travaux développés au milieu du siècle par Hermann Günther Grassmann, James Clerk Maxwell et Hermann von Helmholtz sur ce sujet que je n'ai pour l'instant eu l'occasion de mobiliser que dans mes enseignements, tout en conservant un lien fort

avec Thomas Young pour ce que ses propres propositions sur la couleur et l'accommodation de l'œil leur aura inspiré¹.

Ce pourra aussi être l'occasion de rester en Grande-Bretagne et de me pencher plus avant sur la manière dont les travaux des premiers véritables ondulationnistes anglais (George Airy, John Herschel, William Whewell) résonnent avec leurs propres travaux en histoire et philosophie des sciences : mon pari étant qu'une investigation comparative de leurs travaux en optique et de leurs traités philosophiques pourrait éclairer la manière dont leur pratique scientifique aura été alimentée ou orientée par leur réflexion métascientifique, et réciproquement².

Ce pourra enfin être l'opportunité de m'orienter vers l'étude des textes des opticiens français contemporains de Young, à commencer par Joseph-Louis Lagrange, Pierre-Simon de Laplace, Etienne Louis Malus, François Arago, Jean-Baptiste Biot et Augustin Fresnel. Même si leurs travaux ont bien entendu déjà été abondamment et profondément commentés – en France particulièrement – ce serait d'abord l'occasion de revenir à l'étude de travaux dans une langue qui m'est plus naturelle, m'ouvrant dès lors des facultés d'interprétation allégées du premier poids de la traduction. Ce serait aussi la possibilité de m'intégrer mieux encore à la communauté française des historiens de l'optique. Il me semble enfin que la comparaison des théories optiques produites à la même époque dans deux milieux – britannique et français – modérément poreux, et orientées à ce titre par des débats philosophiques différents, pourrait ouvrir de nouvelles perspectives intéressantes.

3.3 Projets de recherche à 12 ans

A plus long terme, j'aimerais ouvrir mes recherches à l'histoire de la mécanique quantique. Plus précisément même, à celle de la physique atomique des atomes froids, dans laquelle je profiterais non seulement de la belle dynamique des travaux déjà produits sur la question³, mais également de mon expertise personnelle de ce domaine dans lequel s'est déployée l'essentiel de mon activité de recherche depuis mon doctorat jusqu'à mes premières années d'enseignant-chercheur (voir Partie 1).

J'ai jusque-là évité l'histoire de ce champ de problèmes car je le jugeais trop proche de moi ; tant du point de vue historique – cette histoire commence il y a un siècle à peine – que dogmatique – puisque j'ai été formé dans cette communauté. En me penchant trop tôt sur cette histoire d'une science dont je suis si familier, je craignais donc, d'une part, de diminuer cet effet enthousiasmant de décentrement, dont j'ai déjà parlé, et que produit en moi le texte ancien chaque fois qu'il me force à questionner mes propres habitudes de pensée. D'autre part, je m'inquiétais de rendre trop difficile cette « recherche méthodique de la distanciation »⁴, qui m'avait semblé si capitale dans les travaux de Gérard Simon, et qui se trouvait justement

¹ R. Steven Turner, « The origins of colorimetry: what did Helmholtz and Maxwell learn from Grassmann? », dans *Hermann Günther Graßmann (1809–1877): Visionary Mathematician, Scientist and Neohumanist Scholar*, G. Schubring (éd.), Boston Studies in the Philosophy of Science 187, p. 71-86.

² Gregory Good, « John Herschel's optical researches and the development of his ideas on method and causality », *Studies in History and Philosophy of Science* 18(1), 1987, 1-41.

³ Bernard d'Espagnat, *Le réel voilé*, Fayard, 1994. Michel Paty. « Interprétations et significations en physique quantique », *Revue Internationale de Philosophie* 212, 2000, p.199-242. Ian Hacking, « La philosophie de l'expérience : illustrations de l'ultrafroid », *Tracés. Revue de Sciences humaines* 11, 2006/1, p. 195-228...

⁴ G. Simon, « De la reconstitution du passé. À propos de l'histoire des sciences, entre autres histoires », *Le Débat* 4, 66, 1991, p. 131.

facilitée dans ces cas par l'exotisme des théories astronomique et optique keplerienne, autant que par celui de l'optique antique.

C'est pourquoi, dans la recherche d'un compromis entre l'étude de théories trop distantes de moi chronologiquement, conceptuellement et techniquement pour que je puisse même y prendre pied, et de théories trop proches de moi à ces égards pour que je puisse m'en distancier, je m'étais originellement orienté vers l'étude des théories optiques du début du XVII^e au début du XIX^e siècle. Mais ces années de travail philosophique et historique m'ont précisément permis de développer – au-delà d'une meilleure appréhension de ce qui faisait science à ces époques – une conscience plus développée et plus attentive de la pratique scientifique à laquelle j'ai moi-même été formée... du moins je l'espère.

Aussi pensè-je pouvoir revenir à moyen terme à une lecture critique du sens et de la portée des travaux produits au cours du siècle passé en physique atomique (atomes ultra-froids, optique quantique, intrication...) et des applications qui leur sont promises (cryptographie et informatique quantiques, métrologie, expérience en microgravité sur la station spatiale internationale...), dont on mesurera certainement l'importance dans la physique actuelle ne serait-ce que par le nombre de prix Nobel de Physique – au moins sept – décernés à des travaux liés à ce champ au cours des vingt-cinq dernières années¹.

Le déport graduel de mon attention de l'histoire de l'optique au XIX^e siècle vers celle de la physique atomique pourrait enfin se faire via l'histoire des phénomènes d'absorption sélective, d'abord observés par Wollaston en 1802, puis rapidement approfondis par Fraunhofer, et qui donnèrent tant de fil à retordre aux ondulationnistes du XIX^e siècle au moment où la théorie ondulatoire semblait enfin capable de rendre compte de tous les phénomènes optiques². Ainsi se dessinerait pour moi un chemin progressif vers une épistémologie de la physique contemporaine, fraîchement alimentée aussi bien de l'histoire de cette science, que de collaborations d'autant plus étroites et directes avec ses praticiens actuels que ce sont les personnes avec lesquelles j'ai été formé.

¹ 2022 : Alain Aspect, John Clauser et Anton Zeilinger, « pour leurs expériences avec des photons intriqués, établissant la violation des inégalités de Bell et ouvrant la voie à la science de l'information quantique » ; 2016 : David J. Thouless, Duncan Haldane et John M. Kosterlitz, « Pour leurs travaux sur les transitions des phases topologiques dans la matière » ; 2012 : Serge Haroche et David Wineland, « pour les méthodes expérimentales révolutionnaires qui ont permis la mesure et la manipulation de systèmes quantiques individuels » ; 2005 : Roy J. Glauber, « pour sa contribution à la théorie quantique de la cohérence optique », et John L. Hall et Theodor W. Hänsch, « pour leurs contributions au développement de la spectroscopie laser de précision, y compris la technique du peigne de fréquence optique » ; 2003 : Alexeï Alekseïevitch Abrikosov, Vitaly Lazarevitch Ginzburg et Anthony J. Leggett, « Pour des travaux novateurs dans la théorie des supraconducteurs et des superfluides » ; 2001 : Eric A. Cornell, Wolfgang Ketterle et Carl E. Wieman, « Pour la réalisation d'un condensat de Bose-Einstein dans des gaz dilués d'atomes alcalins, et pour de premières études fondamentales des propriétés des condensats » ; 1997 : Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji et William D. Philipps, « Pour le développement de méthodes pour refroidir et piéger des atomes avec la lumière laser ».

² W. Wollaston, « A Method of Examining Refractive and Dispersive Powers, by Prismatic Reflection », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 92, 1802. J. von Fraunhofer, « Bestimmung des Brechungs- und des Farben-Zerstreungs – Vermögens verschiedener Glasarten, in Bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernröhre », *Denkschriften der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu München* 5, 1817. D. Brewster, « Observations on the Absorption of Specific Rays in reference to the Undulatory Theory of Light », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* 2(3), 1833. W. Whewell, « an untitled vice-presidential address », Reports of the British Association for the Advancement of Science, 1833. G. Airy, « Remarks on Sir David Brewster's Paper "On the Absorption of Specific Rays, etc." » *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* 2(3), 1833. J. Herschel, « On the Absorption of Light by Coloured media, viewed in connexion with the Undulatory Theory », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* 3(3), 1833.

Bibliographie complète du candidat

Travaux de Recherche directement liés à la candidature à l'Habilitation à Diriger les Recherches (Partie 2)

2.1 : Histoire des Sciences et Interdisciplinarité

[1] O. Morizot,

Thomas Young. Travaux sur le Son, la Vision, la Lumière et la Couleur (1800-1803),
Manuscrit inédit, pour l'Habilitation à Diriger les Recherches.

[2] O. Morizot,

« David Brewster's and William Herschel's experiments on inflection that delivered the *coup de grâce* to Thomas Young's ether distribution hypothesis », *Annals of Science*, 2023. DOI: [10.1080/00033790.2023.2289535](https://doi.org/10.1080/00033790.2023.2289535)

[3] O. Morizot,

« De l'impossibilité de l'expérience cruciale en physique : synthèse historique soutenant la critique par Duhem des conséquences de la mesure de la vitesse de la lumière dans l'eau », *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 74 (192), 2024.

[4] O. Morizot,

« “Démontrer” ou “montrer” expérimentalement ? L'exemple de la loi des interférences de Thomas Young », *CultureSciences Physique* - ISSN 2554-876X, octobre 2024. <https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/experiences-Young.xml>

[5] O. Morizot,

« La “Démonstration expérimentale de la loi générale d'interférence de la lumière” selon Thomas Young »,
Soumis à *Reflets de la Physique*.

[6] O. Morizot,

« Trois fois la loi de la réfraction, selon Thomas Young. Sa démonstration, ses scholies, ses corollaires »,
Soumis à *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*.

[7] B. Morizot et O. Morizot,

« Faire des liens mais lesquels ? Pour une théorie pratique de l'analogie »,
dans *Sciences et humanités : décroisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (Ed.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 243-264.

2.2 : Interdisciplinarité et Enseignement

[8] O. Morizot, M. Bascaules, M. Chrétien, J. Tonussi-Reboh, G. Tonussi, C. Noûs et F. Boulc'h,

« Le dialogue interdisciplinaire clarifie l'enseignement disciplinaire », *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science* 11, 2023.

- [9] F. Boulc'h et O. Morizot,
« De l'intérêt de la réflexion interdisciplinaire pour l'enseignement de la chimie », *L'Actualité Chimique* 479, 2022, p. 37-41.
- [10] F. Boulc'h, M. Bascaules, M. Chrétien, J. Tonussi-Reboh, G. Tonussi, C. Noûs et O. Morizot,
« De l'interdisciplinarité aux disciplines, et réciproquement », *Revue Intelligibilité du Numérique* 1, 2020.
- [11] B. Morizot et O. Morizot,
« Justifications épistémologiques de la transdisciplinarité », dans *Sciences et humanités : décroisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (Ed.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 25-28.
- [12] É. Audureau, M. Brunet et O. Morizot,
« Fonctionnement de la Licence Sciences & Humanités », dans *Sciences et humanités : décroisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (Ed.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 17-24.
- [13] O. Morizot, É. Audureau, J.-Y. Briend, G. Hagel et F. Boulc'h.
« Introducing the Human Element in Chemistry by Synthesizing Blue Pigments and Creating Cyanotypes in a First-Year Chemistry Course », *Journal of Chemical Education* 92, 2015, p. 74-78.
- [14] F. Boulc'h, M. Andrieux, O. Morizot, É. Audureau, M. Anglade et G. Hagel,
« La transdisciplinarité ou l'art d'enseigner la chimie du bleu », *L'Actualité chimique* 374, 2013.
- 2.3 : Enseignement et Histoire des Sciences**
- [15] O. Morizot,
Bases d'Optique Géométrique – Des instruments ardents à la formation des images, pour comprendre la Vision et les couleurs de l'arc-en-ciel, Presses Universitaires de Provence, Sciences Technologies Santé, 2016 (2^{ème} éd. 2019).
- [16] O. Morizot, F. Boulc'h, V. Scavino, V. Depretto, F. L'Hôte et G. Giovanetti,
« L'histoire pour l'enseignement de la physique-chimie. Partie 1 : donner du sens », *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, 2024.
- [17] O. Morizot, F. Boulc'h, V. Scavino, V. Depretto, F. L'Hôte et G. Giovanetti,
« L'histoire pour l'enseignement de la physique-chimie. Partie 2 : se décentrer », *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, 2025.
- [18] O. Morizot,
« Les Secrets du Monde de Johannes Kepler. Où astrologie, métaphysique et histoire enrichissent l'enseignement de l'astronomie », dans *Sciences et humanités : décroisonner les savoirs pour reconstruire l'université*, É. Audureau (Ed.), Marseille, Presses Universitaires de Provence, 2019, p. 115-158.

[19] O. Morizot et P. Abgrall,
« Le recours à l'histoire dans l'enseignement des sciences : exemple des couleurs de l'arc-en-ciel », *L'Actualité chimique* 396, 2015.

[20] O. Morizot, S. Ferri, S. Bodea, G. Hagel et P. Abgrall,
« History of Sciences as a recourse to upgrade geometrical optics courses », *Proceedings of Science – Frontiers of Fundamental Physics*, 2014.

[21] O. Morizot, A. Sellé, S. Ferri, D. Guyomarc'h, J.-M. Laugier et M. Knoop
« A modern Fizeau experiment for education and outreach purposes », *European Journal of Physics* 32 (1), 2011, 161.

[22] O. Morizot, A. Sellé, S. Ferri, D. Guyomarc'h, J.-M. Laugier et M. Knoop,
« Un laser sur la ville », *Reflète de la Physique* 24, 2011, 26.

Travaux précédant l'activité en Histoire et Philosophie des Sciences (Partie 1)

[23] R. Khayatzadeh, M. Collombon, D. Guyomarc'h, D. Ferrand, G. Hagel, M. Houssin, O. Morizot, C. Champenois et M. Knoop,
« Noise characterization of an Optical Frequency Comb using Offline Cross-Correlation », *IEEE Photonics Technology Letters* 29 (3), 2017, p. 322-325.

[24] M. Kamsap, T. Ekogo, J. Pedregosa-Gutierrez, G. Hagel, M. Houssin, O. Morizot, M. Knoop et C. Champenois,
« Coherent internal state transfer by three-photon STIRAP-like scheme for many-atom samples », *Journal of Physics B: Atoms Molecules Optics Physics* 46, 2013, 145502.

[25] G. Hagel, O. Morizot, E. Bizri, D. Guyomarc'h, C. Champenois, M. Houssin, J. Pedregosa et M. Knoop,
« Active optics for the interrogation of a single ion », *Proceedings of the Frequency Control and the European Frequency and Time Forum Joint Conference*, 2011.

[26] G.O. Konstantinidis, M. Pappa, G. Wikström, P.C. Condylis, D. Sahagun, M. Baker, O. Morizot et W. von Klitzing,
« Atom number calibration in absorption imaging at very small atom numbers », *Central European Journal of Physics* 10 (5), 2012.

[27] R. Paiva, R. Muhammad, R. Shiozaki, A.L. de Oliveira, O. Morizot, V.S. Bagnato et K.M.F. Magalhães,
« Photoassociative ionization of Na inside a storage ring », *Optics Communications* 285 (8), 2012, 2085.

[28] M. Pappa, P.C. Condylis, G.O. Konstantinidis, V. Bolpasi, A. Lazoudis, O. Morizot, D. Sahagun, M. Baker et W. von Klitzing,
« Ultra-sensitive atom imaging for matter-wave optics », *New Journal of Physics* 13, 2011, 115012.

[29] O. Morizot, L. Longchambon, R. Kollengode Easwaran, R. Dubessy, E. Knyazchyan, P.-E. Pottie, V. Lorent et H. Perrin,
« Influence of the Radio-Frequency source properties on RF-based atom traps », *European Physics Journal D* 47 (2), 2008, 209.

[30] O. Morizot, J. de Lapeyre de Bellair, F. Wiotte, O. Lopez, P.-E. Pottie et H. Perrin,
« Agile low phase-noise rf sine wave generator applied to experiments on ultracold atoms », arXiv:0704.1974v1, 2007.

[31] O. Morizot,
Pièges radiofréquences très anisotropes pour l'étude de condensats de Bose-Einstein en basses dimensions,
Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Physique de l'Université Paris 13, Villetaneuse, 2007.

[32] O. Morizot, C.L. Garrido Alzar, P.-E. Pottie, V. Lorent et H. Perrin,
« Trapping and cooling of rf-dressed atoms in a quadrupole magnetic field », *Journal of Physics B: Atoms Molecules Optics Physics* 40, 2007, 4013.

[33] E. Dimova, O. Morizot, G. Stern, C.L. Garrido Alzar, A. Fioretti, D. Comparat, H. Perrin et P. Pillet,
« Continuous transfer and laser guiding between two cold atom traps », *European Physics Journal D* 42, 2007, 299.

[34] H. Perrin, O. Morizot, C.L. Garrido Alzar, P.-E. Pottie et V. Lorent,
« Condensation de Bose-Einstein et basse dimensionnalité », *Journal de Physique IV (Proceedings)* 135 (1), 2006, 255.

[35] O. Morizot, Y. Colombe, V. Lorent, H. Perrin et B.M. Garraway,
« A ring trap for ultracold atoms », *Physical Review A* 74, 2006, 023617.

[36] Y. Colombe, E. Knyazchyan, O. Morizot, B. Mercier, V. Lorent et H. Perrin,
« Ultracold atoms confined in rf-induced two-dimensional trapping potential », *Europhysics Letters* 67, 2004, 593.

Sincères remerciements

J'aimerais très sincèrement remercier d'abord le jury de cette Habilitation à Diriger les Recherches – Bernadette Bensaude-Vincent, Cristian Bracco, Muriel Guedj, Cécile de Hosson et Arnaud Mayrargue – pour leur lecture attentive de ce texte aussi bien que de l'épais manuscrit inédit qui y était adossé, ainsi que pour les critiques éclairées qu'ils en ont produit. Ces travaux de recherche ne valent rien s'ils ne sont pas lus et discutés, et ce fut une chance et un honneur de pouvoir le faire avec eux.

Plus particulièrement, mes plus profonds remerciements s'adressent à Gabriella Crocco qui, en plus d'avoir été la garante exceptionnelle par son soutien et par son implication de ce travail d'Habilitation, me gratifie depuis plus de dix ans non seulement de collaborations intellectuelles d'une densité et d'une profondeur rare, mais aussi de son amitié chaleureuse.

Merci enfin à Éric Audureau d'avoir accepté mon invitation à la soutenance orale de ce travail, qui signifiait ma profonde reconnaissance de l'incalculable influence qu'il a eu sur la réorientation de ma carrière depuis mon arrivée à Marseille.

Les pages de ce rapport témoignent de ce que mon travail doit à ma collègue Florence Boulc'h. Elles échouent pourtant à dire combien l'audace pédagogique, la recherche engagée et le travail collectif, sérieux sans jamais se prendre au sérieux, me procurent avec elle un plaisir sans cesse renouvelé, contre vents et marées.

J'aimerais aussi remercier ceux qui m'ont grandi par les collaborations qu'ils ont bien voulu engager avec moi. A commencer par les étudiants, qui rendent ce métier passionnant.

Merci aux collègues du PIIM, qui m'ont accueilli et qui m'ont laissé partir avec la même bienveillance ; particulièrement à Gaëtan Hagel avec qui pendant ces années je passais plus de temps qu'avec ma propre famille.

Aux amis du département de physique, en particulier à Sandrine Ferri, Simona Bodea, Laure Siozade, Cédric Pardanaud, Christian Rovetta, Jérôme Borghino et Pascal Zanetta pour l'expérience joyeuse d'un enseignement qui osait chaque année se remettre en question.

Aux nouveaux collègues du CGGG, au premier rang desquels Philippe Abgrall, Marie Anglade, Mariagrazia Cairo, Isabelle Koch et Baptiste Morizot, avec qui je partageais bien plus que des moments de travail, longtemps avant d'imaginer rejoindre leur laboratoire.

Aux camarades de la licence Sciences & Humanités bien sûr, trop nombreux pour être tous cités, mais qui ne m'en voudront pas de souligner ma reconnaissance particulière à Mathieu Brunet pour l'expérience extraordinairement intense que fut la co-responsabilité de cette formation à ses côtés.

Aux collègues de l'IRES, Mariann Chrétien, Johanna et Guillaume Tonussi, Morgane Bascaules, Stéphane Rio, Julien Oudet, Charly Friche, Victor Scavino, Fanny L'Hôte, Vincent Depretto, Gabriel Giovanetti, qui m'ont offert leur confiance et leur amitié en plus des leçons tirées de leur regard aiguisé sur l'enseignement.

Aux amis qui m'ont inconditionnellement soutenu dans ma reconversion, d'autant plus tendrement qu'ils ne la comprenaient pas nécessairement : Katixa, Lauriane, Emma, Gabriel, Jean-Michel, Julien, Jules, Athanasios.

Merci à la famille enfin
et à ceux qui offrent lumière, vision et couleur à ma vie,
Émilie, Colin et Ulysse.

Histoire des Sciences, Interdisciplinarité et Enseignement

Olivier MORIZOT

La cohérence et la justification des travaux décrits dans ce rapport pour l'Habilitation à Diriger des Recherches en « Épistémologie, Histoire des Sciences et des Techniques » repose sur le postulat que les sciences parlent toutes des langages différents ; des langages faits de concepts abstraits, normés par des jeux de postulats et de méthodes variant de l'une à l'autre. L'urgence de ces travaux repose alors sur le sentiment qu'une proportion significative des destinataires de ces langages, aussi bien que de leurs locuteurs, ignore tout ou partie de ces normes qui conditionnent pourtant leur sens et leur portée. Que ces normes sont d'autant mieux ignorées qu'elles sont rarement verbalisées, et qu'elles ont volontiers tendance à se transmettre implicitement d'un locuteur à un autre. Qu'une illusion réaliste naïve pousse par ailleurs certains à identifier les objets abstraits des sciences aux choses du monde qui leur servent de pré-texte. Enfin, que, du fait d'une facilité apparente à exprimer ces langages disciplinaires dans les mêmes langues communes, doublée du nombre considérable de concepts homonymes dans les langages disciplinaires, ces langages donnent l'impression de pouvoir se fondre spontanément en une même langue universelle de la science, ou de la raison. Or, ce Babel à l'envers, où tout le monde parle la même langue mais où chacun attribue un sens différent à ses mots, me paraît d'autant plus inquiétant que l'incompréhension y est impensable, et que même lorsqu'elle est éprouvée, son origine reste des plus difficiles à identifier.

Ce postulat de la différence implicite des langages disciplinaires est donc ici le prétexte et l'élément de diagnostic principal d'une enquête triple, menée parallèlement en histoire des sciences, en interdisciplinarité et en enseignement. La thèse de cette enquête en histoire des sciences, est que l'histoire d'une science peut justement être envisagée comme l'histoire de l'évolution de son langage et des règles qu'elle se donne pour l'élaborer. En interdisciplinarité, cette thèse revient à envisager que la difficulté majeure, pour une collaboration entre disciplines, consiste d'abord à reconnaître la différence des langages mobilisés, avant de pouvoir chercher un moyen de les traduire les uns en les autres, ou de se produire un nouveau langage commun. En enseignement, cette thèse mène à considérer que l'une des raisons de l'échec scolaire est un enseignement disciplinaire acritique, dont les contenus sont trop souvent transmis sans les moyens d'apprécier leurs règles de construction.

Fort de ces hypothèses, ce travail vise, par la pratique même de l'histoire des sciences, de l'interdisciplinarité et de l'enseignement, à résoudre ce problème d'incommunicabilité en se donnant les moyens d'une traduction. En histoire des sciences, ce moyen consiste à analyser le texte historique comme un discours construit selon d'autres normes, qu'il s'agira de mettre en contraste avec les discours scientifiques actuels, afin de nous sensibiliser à leurs normes respectives et mieux les comprendre. En interdisciplinarité, ce moyen consiste à inviter préalablement les participants de projets interdisciplinaires à une explicitation guidée des fondements épistémologiques de leur discipline, dont ils pourraient ensuite débattre avec les autres membres du groupe : afin que cet échange permette à chacun de mieux entendre les autres, et que les implicites rémanents de leurs discours disciplinaires respectifs émergent de la confrontation de leurs fondements. Enfin, en enseignement, ce moyen consiste à stimuler l'attention des futurs citoyens aux normes des discours scientifiques par un usage critique et raisonné de l'histoire et de la philosophie dans l'enseignement scientifique, conditionnée bien sûr par une formation des enseignants de sciences à cet usage.

Mes pratiques en enseignement, en interdisciplinarité et en histoire des sciences visent donc, conjointement, à l'élaboration d'une forme d'épistémologie comparée, des différentes sciences ; de leurs différentes expressions historiques ; et des différentes manières de les pratiquer à une même époque. Une épistémologie ayant elle-même vocation à alimenter en retour les pratiques historiques, interdisciplinaires et didactiques.