

Travailler l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique grâce à l'histoire des sciences

MAURINES Laurence, Université Paris-Sud, DidascO, Orsay, laurence.maurines@u-psud.fr

BEAUFILS Daniel, IUFM Versailles, DidaScO, Orsay, daniel.beaufils@u-psud.fr

CHAPUIS Claude Université Versailles Saint-Quentin, DidaScO, Orsay, cchapis@cea.fr

Mots-clés : épistémologie, histoire des sciences, image des sciences et de l'activité scientifique, ressources pédagogiques, enseignement de la physique, enseignement secondaire.

Résumé

L'introduction d'éléments d'histoire des sciences dans l'enseignement soulève de nombreuses questions, notamment celle de la concrétisation des objectifs généraux mentionnés dans les programmes scolaires. La présence "d'indices historiques" dans les manuels est non seulement insuffisante, mais aussi véhicule implicitement une image erronée des sciences. Dans cet article nous présentons notre analyse épistémologique de la question, les choix d'objectifs associés à l'idée d'une image plus authentique de l'activité scientifique, et l'élaboration d'un ensemble de ressources composé de textes "historiques" et d'un guide pour une activité de classe en cours d'expérimentation. Nous évoquons également quelques éléments d'une enquête mise en place récemment à destination des enseignants du secondaire de physique et chimie.

1. Introduction

Il existe actuellement une sollicitation forte pour introduire des éléments d'histoire des sciences et des techniques à tous les niveaux d'enseignement et de formation. Cette position, apparue d'abord dans les programmes des classes littéraires de l'enseignement secondaire il y a trente ans puis dans ceux des classes scientifiques de lycée, est mise en avant actuellement dans les programmes du collège (Fauque, 2007) ; et depuis quelques années dans les rapports concernant l'enseignement supérieur (Lecourt, 2000) et la formation des enseignants (Rolland, 2006).

En France, plusieurs chercheurs ont souligné l'intérêt de l'histoire des sciences aussi bien pour la recherche en didactique des sciences que pour l'enseignement des sciences (Saltiel et Viennot, 1984 ; Martinand, 1993 ; Toussaint et Gréa, 1996). Les études sur les questions soulevées par l'introduction de l'histoire des sciences dans les cours de sciences (Audigier et Fillon, 1991 ; Laugier et Dumon, 2000 ; Merle, 2002 ; Guedj, 2005 ; de Hosson et Kaminski, 2006 ; Maurines et Mayrargue, 2007) mettent le plus souvent l'accent sur l'apport de l'histoire des sciences à l'apprentissage de concepts scientifiques. Les recherches menées à l'étranger s'intéressent aussi à cette question (Galili et Hazan, 2000), mais il en existe d'autres qui portent sur un aspect encore peu considéré en France, celui de l'image de la nature des

sciences et de l'activité scientifique (Bevilacqua et al, 2001 ; Lederman, 1992, 2007 ; Matthews, 1994, 2003).

La référence à l'histoire des sciences et des techniques dans les cours de sciences reste source d'interrogation du point de vue didactique, aussi bien en ce qui concerne sa place et son rôle au sein des activités traditionnelles, qu'en ce qui concerne sa mise en œuvre par les enseignants de sciences et son impact sur les élèves et étudiants. C'est dans ce contexte que nous avons entrepris un programme de recherches sur l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement des sciences. Compte tenu de la spécialisation des membres de notre équipe, ce programme concerne la physique. Nous l'avons commencé en nous centrant sur l'enseignement secondaire. Le travail que nous avons jusqu'à présent réalisé comporte trois volets : le premier est une analyse des éléments historiques présentés dans les manuels d'enseignement, le deuxième est constitué d'enquêtes menées auprès d'étudiants et d'enseignants de sciences et porte sur leur rapport à l'histoire des sciences, le troisième concerne l'élaboration de ressources pédagogiques innovantes à caractère historique. Nous nous intéressons ici essentiellement au dernier volet.

2. Problématique et cadre théorique

La lecture des programmes d'enseignement du secondaire montre que différents enjeux sont assignés à l'introduction d'éléments historiques. Certains sont d'ordre motivationnel : il s'agirait de re-donner goût aux élèves pour les sciences et les métiers scientifiques pour lutter contre la désaffection des étudiants pour les filières universitaires scientifiques. D'autres sont d'ordre pédagogique et visent à favoriser le travail en interdisciplinarité. D'autres encore sont d'ordre épistémologique. Dans ce cas, l'introduction de l'histoire des sciences est présentée à la fois comme objectif d'acquisition d'une culture humaniste et comme un moyen permettant de travailler l'image de nature des sciences et de l'activité scientifique.

Mais il y a peu, voire pas de liens entre les intentions générales des programmes et les objectifs d'apprentissage explicités pour chaque classe et chaque thème disciplinaire. Il peut même exister des décalages entre les objectifs généraux et ce qui est dit ou proposé sur le plan historique dans le cadre d'un thème disciplinaire. Ainsi, la vision de la science transmise par les activités historiques proposées autour du prisme en classe de seconde dans les documents d'accompagnement est une vision empiriste alors que la partie introductive du programme met l'accent sur la démarche hypothético-déductive et que l'historiographie moderne montre que c'est cette dernière qui a été suivie par Newton (Blay, 2001).

Un examen des manuels d'enseignement révèle que les éléments historiques actuellement introduits ne permettent pas de répondre aux objectifs généraux qui leur sont assignés. En effet, ces éléments renvoient une image faussée de ce que sont la vie et l'activité d'un scientifique d'une époque donnée. Ils ne mentionnent quasiment qu'une personne, le plus souvent célèbre ; les découvertes semblent instantanées, fixées à une date précise et surgies d'un esprit hors norme ayant eu une intuition géniale, provenir d'une idée indiscutable ou d'une expérience cruciale¹, et donc bien loin de la complexité des activités scientifiques². L'on peut dans ces conditions s'interroger sur l'effet négatif possible d'une telle image des sciences sur les élèves, non seulement sur le plan de leur motivation (s'estiment-ils pouvoir

¹ Une analyse détaillée a été faite pour ce qui concerne les manuels de sciences de la vie et de la Terre. Les conclusions sont sans appel [Mathy, 1997].

² Voir l'exemple de la loi des sinus [Beaufils & Maurines, 2008]

être à la hauteur de ces illustres prédécesseurs ?) mais aussi sur le plan de leur préparation à un avenir de scientifique (s'imaginent-il un fonctionnement en complet décalage avec celui du monde scientifique actuel ?). Soulignons également que les éléments historiques proposés dans les manuels d'enseignement sont centrés sur la découverte de lois et occultent l'importance des techniques ainsi que les dimensions sociales et culturelles des sciences. Ils laissent accroire une idée d'uniformité et d'objectivité car ils passent sous silence la diversité des enjeux (théorique, expérimental, technique, épistémologique) poursuivis par les scientifiques, les présupposés théoriques, épistémologiques et métaphysiques qui orientent leur travail et la question de savoir ce qui caractérise les sciences par rapport à d'autres domaines de la culture (nature des questions, des preuves, des démarches). C'est donc la question de l'authenticité de l'image des sciences et de l'activité scientifique qui est posée.

Terminons la présentation de notre problématique en disant que le cadre de référence épistémologique et historique que nous adoptons donne une place primordiale à l'homme : il s'agit d'une histoire où les sciences sont considérées comme le résultat d'activités réalisées par des hommes dans le contexte socio-culturel, technique et politique d'une époque donnée et qui sont caractérisées par des propriétés spécifiques relatives à la nature des questions examinées et des preuves apportées³. En ce qui concerne l'enseignement, l'ancrage choisi est celui d'un enseignement de type STS (sciences, techniques et société) visant à faire acquérir aux élèves une culture scientifique et technique leur permettant de devenir des citoyens responsables, capables de comprendre et d'agir dans un monde où les sciences et les technologies ont une place prépondérante.

Notre question portant sur l'introduction d'une image plus authentique de l'activité scientifique dans les cours de sciences est donc d'abord celle d'une triple faisabilité : comment peut-on caractériser cette authenticité ? peut-on trouver des exemples historiques compatibles avec les programmes et niveaux scolaires et, si oui, quelles activités didactiques peuvent servir de support à ces objectifs ? La première question relève d'une analyse historique et épistémologique. Les deux autres s'inscrivent dans une démarche d'ingénierie didactique concernant l'élaboration de ressources pédagogique et leur expérimentation en situation réelle.

L'hypothèse sous jacente à notre travail est que des ressources et activités présentant un réalisme augmenté des sciences et de l'activité scientifique peuvent avoir un effet positif sur le rapport à la science des élèves comme discipline scolaire, au moins.

3. Méthodologie

Pour réaliser notre projet, nous avons donc dans un premier temps cherché à identifier des caractéristiques de l'activité scientifique, la question étant notamment de préciser les invariants entre l'activité des XVII^e-XIX^e siècles concernés par l'enseignement secondaire et celle de la science actuelle pour laquelle on espère un regain d'intérêt. Ces caractéristiques fixent alors autant d'objectifs épistémologiques potentiels que l'on peut assigner à l'introduction de l'histoire des sciences, conformément aux orientations générales des programmes évoquées précédemment. Cette analyse épistémologique a été accompagnée d'une approche historique permettant de repérer des "situations historiques" *a priori* représentatives de ces caractéristiques..

³ Nous rejoignons sur ce point Mathy (1997) et Gagné (2004).

Le choix a ensuite été fait à la fois d'un domaine de la physique et d'objectifs épistémologiques spécifiques que les ressources pédagogiques devaient permettre d'atteindre. Pour ce qui concerne le domaine, c'est l'optique qui a retenu notre attention, en raison de la spécialisation des membres de notre équipe et du repérage de nombreuses "situations historiques" (interprétation de la réfraction au XVII^e siècle, invention et développement des lunettes astronomiques, découverte et interprétation des raies noires du spectre solaire, etc.) pouvant s'insérer dans les programmes de physique de la cinquième à la terminale.

L'étape suivante a été l'élaboration de ressources didactiques et d'activités pouvant être envisagées à un niveau donné d'enseignement et répondant à un objectif épistémologique précis. Nous avons choisi de travailler au niveau de la classe de seconde car c'est la classe de lycée qui nous semblait laisser le plus de liberté aux enseignants pour introduire des activités historiques, celles-ci pouvant être considérées comme relevant de l'enseignement thématique. Le travail a reposé sur la recherche, la sélection et la mise en forme d'extraits d'ouvrages d'historiens relatifs à une situation historique donnée et sur l'élaboration d'une activité centrée sur un objectif particulier. C'est ce travail que nous développons ci-après.

L'étape en cours est une étude de l'acceptabilité par les enseignants des ressources et activités pédagogiques ainsi élaborées *a priori*. Parallèlement, nous avons lancé une enquête auprès des enseignants du secondaire, visant à connaître leur point de vue sur l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement de physique-chimie, sur l'importance qu'ils accordent *a priori* aux différents aspects de l'activité scientifique, et sur l'éventuelle interdisciplinarité histoire-sciences qui pourrait être envisagée.

4. Analyse épistémologique : "caractéristiques" de l'activité scientifique

Notre objectif général de recherche d'une plus grande authenticité dans la présentation des activités scientifiques – pour ce qui concerne la physique – nous a amené à essayer de trouver des caractéristiques (critères d'authenticité a-temporels) pouvant être considérés comme référence pour la définition d'objectifs assignés à l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique.

La liste ci-dessous représente quelques unes de ces caractéristiques, issue de notre réflexion – soutenue par de nombreuses lectures d'ouvrages d'historiens (Blay et Nicolaïdis, 2001 ; Roger, 1995 ; Simon, 2008, Stuewer, 1997⁴ ; Shinn et Ragouet, 2005, etc.) - portant sur des questionnements allant des enjeux de la physique, aux questions relatives à la forme sociale du travail, en passant par les différentes formes d'activités et de démarches.

Nous avons ainsi établi une première liste d'objectifs possibles tels que :

- Montrer que les connaissances ont évolué au cours du temps (par continuité et ruptures)
- Montrer qu'il y a une relation forte entre les questions techniques et l'évolution des idées
- Montrer qu'il y a une interdépendance entre sciences et sociétés
- Montrer qu'il y a toujours des interactions entre scientifiques
- Montrer les difficultés conceptuelles rencontrées à une époque donnée
- Montrer les relations entre sciences et croyances
- Montrer que l'activité scientifique est le lieu de controverses

⁴ Nous ne citons ici que quelques unes des publications consultées, les plus récentes, qui visent à dépasser l'opposition histoire interne-histoire externe.

5. Élaboration des ressources didactiques

5.1. Choix d'objectifs spécifiques et principe d'élaboration des ressources pédagogiques « historiques »

Parmi les objectifs spécifiques énumérés ci-dessus, nous avons décidé de travailler d'abord les deux suivants :

1 - l'évolution des connaissances est le fruit d'une activité parfois intense entre différents protagonistes qui a pu durer des décennies : échanges internationaux, controverses, influences, etc.

2 - le progrès dans la connaissance est tributaire des questions instrumentales techniques (réalisations techniques motrices ou au contraire obstacles).

Il s'agit donc, on l'aura perçu, de "faire opposition" à la tendance qu'il y a à limiter – de fait – l'histoire des sciences à la présentation de quelques figures emblématiques et/ou à associer un résultat/une loi à un nom et une date. Il s'agit également d'aller contre la présentation d'une histoire des sciences où les techniques expérimentales sont absentes.

Nous avons choisi de travailler sur des thèmes précis, l'interprétation de la loi des sinus pour le premier objectif et la naissance de la spectroscopie pour le deuxième⁵

Le principe retenu est celui d'une activité fondée sur l'analyse de documents. Cette analyse est réalisée par les élèves sur la base d'une consigne fixée par l'objectif choisi ; la synthèse est faite en commun sous le "contrôle" de l'enseignant. Il s'agit donc pour nous de constituer un mini-corpus de documents (textes, photographies, schémas, etc.) devant servir de support à l'activité et de rédiger un guide destiné aux enseignants présentant l'objectif et la structure de l'activité.

Concernant les documents "historiques", ceux-ci sont *a priori* des extraits d'ouvrages d'historiens mis en forme. Ce choix important vise à disposer de textes simples en français et contenant les informations requises pour la conduite de l'activité. Les documents sont construits suivant une forme la plus systématique possible (dépendant de l'objectif) : présentation brève de l'ouvrage (thème 1) ou d'un scientifique (thème 2), extrait de l'ouvrage choisi mettant en avant une question particulière et faisant apparaître directement ou indirectement, des interactions avec d'autres savants ou personnes (thème 1) ou les liens entre questions techniques et théoriques (thème 2), et quelques précisions sous forme d'un encadré ou de notes de bas de page. L'ensemble est complété par des illustrations (cf. exemple en annexes 1 et 3).

5.2. Structure des activités

L'activité proposée peut être décrite en terme de objectif/but et de moyens/modalités. Sur l'exemple du thème de la réfraction, la structure de base est la suivante :

Objectif : montrer l'existence de nombreuses et diverses interactions entre différents scientifiques et ce sur une durée notable.

But de l'activité : constituer un diagramme d'interaction entre protagonistes avec un axe temporel.

Moyens et modalités

⁵ Ce deuxième thème pourrait être abordé en classe de terminale S.

- Mise à disposition des élèves d'un corpus de documents. Consigne donnée aux élèves : lire (en travail à la maison) les textes et repérer les personnes qui ont contribué à la compréhension du phénomène de réfraction ; identifier les différentes interactions entre ces personnes (connaissance des travaux, échanges épistolaires, rencontres). Les situer sur un axe chronologique. La lecture est répartie sur la classe (répartition en fonction du nombre d'élèves et du nombre de documents).

- Activité collective de construction du diagramme : lors d'une séance de classe, l'enseignant propose de faire la synthèse des lectures en expliquant que l'on peut faire un diagramme avec les noms des protagonistes et des flèches pour indiquer les relations entre untel et untel. L'enseignant peut dessiner un premier élément (l'élément "Descartes" par exemple) et les élèves vont alors à tour de rôle construire le diagramme en ajoutant les informations tirées de leur lecture⁶.

- Institutionnalisation : conclusion portant sur la caractéristique de l'activité scientifique (interactions diverses de nombreux protagonistes) et correspondance avec l'activité actuelle (aujourd'hui il y a encore plus d'interactions, autant de polémique, et si on dit que la science progresse plus vite, l'établissement des lois et leur interprétation demandent toujours autant de temps, etc.)

L'activité "spectroscopie" (interprétation des raies sombre du spectre solaire) que nous avons également élaborée, repose sur la même organisation. L'objectif est alors de montrer l'existence de nombreuses et diverses interactions entre avancées scientifiques (progression des idées et des connaissances) et progrès techniques, notamment dans la conception et l'amélioration des instruments. Le but de l'activité est de constituer un diagramme d'interaction "science – techniques" avec un axe temporel⁷.

6. Discussion et conclusion

Les activités "historiques" que nous élaborons sont innovantes à plus d'un titre. L'enjeu retenu et les objectifs particuliers qui en découlent concernent l'image de l'activité scientifique et non pas l'apprentissage d'un concept scientifique. Travailler ces objectifs peut se faire *sans objectif lié à l'apprentissage d'un contenu notionnel*, autrement dit l'évaluation de ressources et activités à visée épistémologique porte sur l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifiques acquise par les élèves.⁸ Les mini-corpus de documents sont en rupture avec les médaillons et textes présentés dans les manuels actuellement. Les activités proposées aux élèves sont collectives et consistent en l'élaboration de diagrammes, chronologies, cartes, etc.

Nous avons sollicité quelques enseignants à qui nous avons soumis nos projets d'activité et, ce, pour avoir un premier retour en termes d'acceptabilité du projet pédagogique et un avis sur la forme des documents et l'activité proposée. La ressource sur la réfraction a reçu un accueil plutôt favorable de la part de la quinzaine d'enseignants interrogés. Mais il est à noter que certains sont réticents à se limiter à l'enjeu épistémologique (nous retrouvons ici un fait noté

⁶ Voir exemple de diagramme en annexe 2.

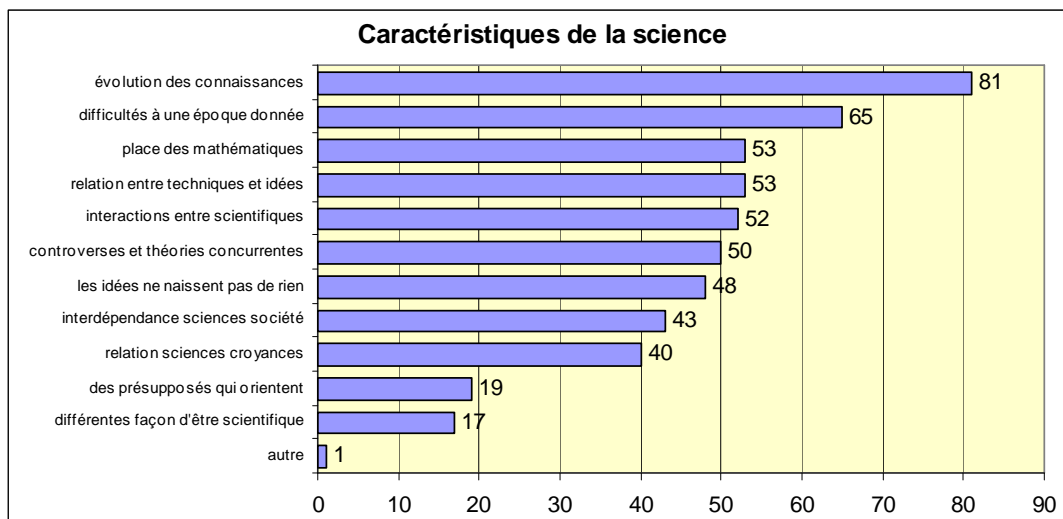
⁷ Voir exemple de diagramme possible en annexe 4.

⁸ Pour autant, dans certains cas, les objectifs particuliers sont susceptibles d'aider à donner du sens aux concepts scientifiques et donc à faciliter l'apprentissage des élèves. Il en est ainsi par exemple des objectifs relatifs aux difficultés conceptuelles rencontrées par les scientifiques, aux controverses.

par Lederman, 2007) et que les outils du type « diagramme » semblent inhabituels. Le même travail est en cours pour la ressource sur la spectroscopie.

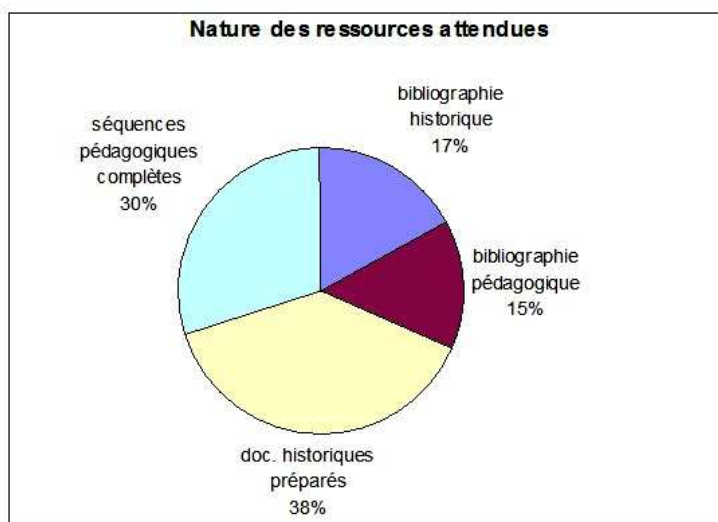
Parallèlement, nous réalisons une enquête auprès des enseignants de physique et chimie de collèges et lycées visant à connaître leur rapport à l'histoire des sciences et ainsi évaluer plus globalement l'acceptabilité de nos propositions et anticiper d'éventuelles questions de formation. De la centaine de réponses obtenues (questions ouvertes et questions fermées) nous faisons ressortir ici deux points : les choix des enseignants relatifs aux caractéristiques de la sciences énumérées précédemment, et leurs réponses sur l'aide souhaitée pour la mise en place de l'histoire des sciences dans l'enseignement de physique-chimie.

En ce qui concerne les caractéristiques de la science que les enseignants jugent importantes de faire découvrir aux élèves (ils peuvent cocher jusqu'à cinq cases), on constate (encadré 1) la prépondérance de l'aspect "évolution des connaissances" et, juste après, la question des "difficultés rencontrées par les scientifiques à une époque donnée". Les items "relation entre techniques et idées" et "interactions entre scientifiques" qui correspondent aux premiers objectifs que nous avons choisis, apparaissent de façon significative dans l'ensemble des caractéristiques citées.



Encadré 1 : caractéristiques des sciences à faire découvrir aux élèves

En ce qui concerne l'aide souhaitée pour introduire l'histoire des sciences dans les cours de physique-chimie, il est demandé aux enseignants de faire un choix selon 5 modalités : références de sites internet ; bibliographie historique ; bibliographie pédagogique ; documents historiques préparés ; séquences pédagogiques complètes. Plus de la moitié des enseignants cochent 2 ressources, et parmi ceux-ci, le doublet : documents historiques préparés + séquences pédagogiques complètes. Le décompte complet des réponses conduit à la répartition ci-dessous (encadré 2) qui nous encourage donc dans notre projet.



Encadré 2 : aide souhaitée par les enseignants

Bibliographie

Audigier, F. & Fillon, P. (1991). *Enseigner l'histoire des sciences et des techniques : une approche pluridisciplinaire*. Paris : INRP.

Beaufils, D. & Maurines, L. (2008). La loi des sinus : quelques considérations épistémologiques et didactiques, *Le Bup*, 909, 1345-1351

Bevilacqua, F & Giannetto, E & Matthews, M.R. (2001). *Science Education and Culture. The contribution of History and Philosophy of Science*. Dordrecht, Boston, Londres : Kluwer Academic Publishers

Blay, M. (2001). *Lumières sur les couleurs*. Paris : Ellipses.

Blay, M. & Nicolaidis, E. (2001). *L'Europe des sciences*. Paris : Seuil.

Fauque, D. (2007). Introduire la dimension historique au collège en France. *Review of science, mathematics and ICP education*, Université de Patras, 1(2), 5-39.

Gagné, B. (1994). Autour de l'idée d'histoire des sciences : représentations discursives d'apprenti(e)s-enseignant(e)s de sciences. *Didaskalia*, 3, 61-78.

Galili, I. & Hazan, A. (2000). The influence of a historically oriented course on students' content knowledge in optic evaluated by means of facets-schemes analysis. *Physics Education Research: A Supplement to the American Journal of Physics*, 7 (68), S3-S15.

Guedj, M. (2005). Utiliser des textes historiques dans l'enseignement des sciences physiques en classe de seconde des lycées français : compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, 26, 75-95.

de Hosson, C. & Kaminsky, W., (2004). Un support d'enseignement du mécanisme de la vision inspiré de l'histoire des sciences. *Didaskalia*, 28, 101-126.

Laugier, A. & Dumon, A. (2000). Histoire des sciences et modélisation de la transformation chimique en classe de seconde. *Bulletin de l'Union des professeurs de physique et chimie*, 826 (94), 1261-1284.

- Lecourt, D. (2000). L'enseignement de la philosophie des sciences. [<http://www.education.gouv.fr/cid1946/l-enseignement-de-la-philosophie-des-sciences.html>] (consultation 2007).
- Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 4 (29), 331-360
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present and future. In ABELL, S. K. & Lederman, N. G. (dir). *Handbook of research in science education* (pp 831-880).
- Martinand, J.-L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la chimie : quelles relations? *Didaskalia*, 2, 89-99.
- Maurines, L. & Mayrargue, A. (2007). Utiliser l'histoire de l'optique dans l'enseignement : pourquoi ? comment ? Actes des journées de l'UdPPC, [http://udppc.asso.fr/paris2007/actes/index.php?page=fiche_ev&num_ev=185] (consultation 2009)
- Mathy, P. (1997). *Donner du sens aux cours de sciences*. Paris, Bruxelles : De Boeck.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. New York, Londres : Routledge.
- Matthews, M. (2003). The nature of science in science teaching. In FRASER, B. J. & TOBIN, K. (dir) *International Handbook of science education*. Dordrecht, Boston, Londres : Kluwer Academic Publishers (pp 981-1000).
- Merle, H. (2002). Histoire des sciences et sphéricité de la Terre : compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, 20, 115-136.
- Roger, J. (1995). *Pour une histoire des sciences à part entière*. Paris : Albin Michel.
- Rolland, J.-M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire*. Rapport de l'assemblée nationale n°3061.
- Saltiel, E. & Viennot, L. (1984). What do we learn from similarities between historical ideas and the spontaneous reasoning of students? in LINJSE P. (dir.), *The many faces of teaching and learning mechanics*. Utrecht, éditions GIREP/SVO/UNESCO.
- Shinn R, et Ragouet, P (2005) *Controverses sur la science. Pour une sociologie transversaliste de l'activité scientifique*. Paris. Raisons d'agir éditions
- Simon, G. (2008). *Sciences et histoire*. Paris : Gallimard.
- Stuewer, R. (1997). History and physics. In TIBERGHIEN A. & al. (dir). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. An ICPE book.
- Toussaint, J. & Grea, J. (1996). Construire des concepts et mettre en œuvre des raisonnements, ce que peut apporter un regard sur l'histoire des sciences. In TOUSSAINT J. (dir), *Didactique appliquée de la physique-chimie*. Paris : Nathan (pp 86-118).

Principales références utilisées pour l'activité sur la réfraction

- Bracco, C. & al. (2004). *Histoire des idées sur la lumière – de l'antiquité au début du XX^e siècle*. Cédérom, CNDP.
- Maitte, B. (2005). *Histoire de l'arc-en-ciel*. Paris : Seuil, Science ouverte.
- Maury, J.-P. (2003). *À l'origine de la recherche scientifique : Mersenne*. Paris : Vuibert
- Ronchi, V. (1995). *Histoire de la lumière*. Paris : Jacques Gabay.

Principales références utilisées pour l'activité sur la spectroscopie

Biemont, J. (2006). *Spectroscopie atomique, Instrumentation et structure atomique*. (Aperçu historique, pp.19-40). Bruxelles, Paris : De Boeck

Hentschel, K. (2002) *Mapping the spectrum, techniques of visual representation in research and teaching*. Oxford, Oxford University press.

Jackson, M. W. (2000). *Spectrum of belief, Joseph von Fraunhofer and the craft of precision optics*. Cambridge, Londres : MIT press.

Le Gars, S. (2002). *Les contributions de Jules Janssen à la spectroscopie solaire*. Mémoire de DEA. Centre François Viète. Université de Nantes

Rosmorduc, J. (1998). *Histoire de la physique, la formation de la physique classique*. Tome 1, Paris : Tec & Doc. Lavoisier.

Saillard, M. (1983). Note sur l'histoire de la spectroscopie, *Bulletin de l'Union des physiciens*, 655, 1157-1175.

Saillard, M. (1988) Histoire de la spectroscopie : de la théorie de la lumière et des couleurs de I. Newton (1672) à la découverte de l'effet Zeeman (1897). *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, 26.

Salet, G. (1888). *Traité élémentaire de spectroscopie*. Paris : Masson.

Salet, G. (1895). *Analyse spectrale*. Paris : Masson

Annexe 1: exemple de document élève sur le thème de la réfraction et l'objectif « interactions »

Dans son ouvrage *Histoire de l'arc-en-ciel* B. Maitte retrace, depuis l'Antiquité la multiplicité des questions que l'on a pu, à chaque époque, se poser, et auxquelles correspondent autant de descriptions différentes....

Parmi les savants, Robert Hooke, savant anglais...



[...]

Se consacrant un peu à l'étude de la lumière et des couleurs, il commence par réfuter la conception de Descartes sur le contact immédiat : le fait que l'on n'observe pas de décalage entre Soleil, Terre et Lune au moment des éclipses peut vouloir dire que la vitesse de la lumière est très grande. Si elle met donc deux minutes pour aller de la Terre à la Lune et en revenir, affirme Hooke, on ne peut voir de décalage. La lumière est produite par des agitations dans la source, par le frottement de certains corps, par la décomposition... tout cela témoigne d'un certain mouvement. Celui-ci se propage dans des milieux homogènes de même manière dans toutes les directions, par des vibrations de la matière. Ce mouvement vibratoire transversal atteint en des temps successifs des sphères de plus en plus grandes. Les lignes de propagation sont les rayons.

[...]

Il n'ajoute rien à l'étude géométrique « menée par l'excellent Philosophe Des Cartes ». Il ne va contester que la théorie des couleurs, assimilées à des balles tournoyantes. [...] D'ailleurs, une autre expérience ne vient-elle pas infirmer la théorie cartésienne⁹ ? Les lames à faces parallèles peuvent produire des couleurs, contrairement à ce qu'affirme Descartes, pour qui deux réfractions contraires compensent les tournoisements initialement créés. Hooke, qui étudie les teintes des bulles de savon est bien placé pour montrer la vanité de la position cartésienne sur ce point.

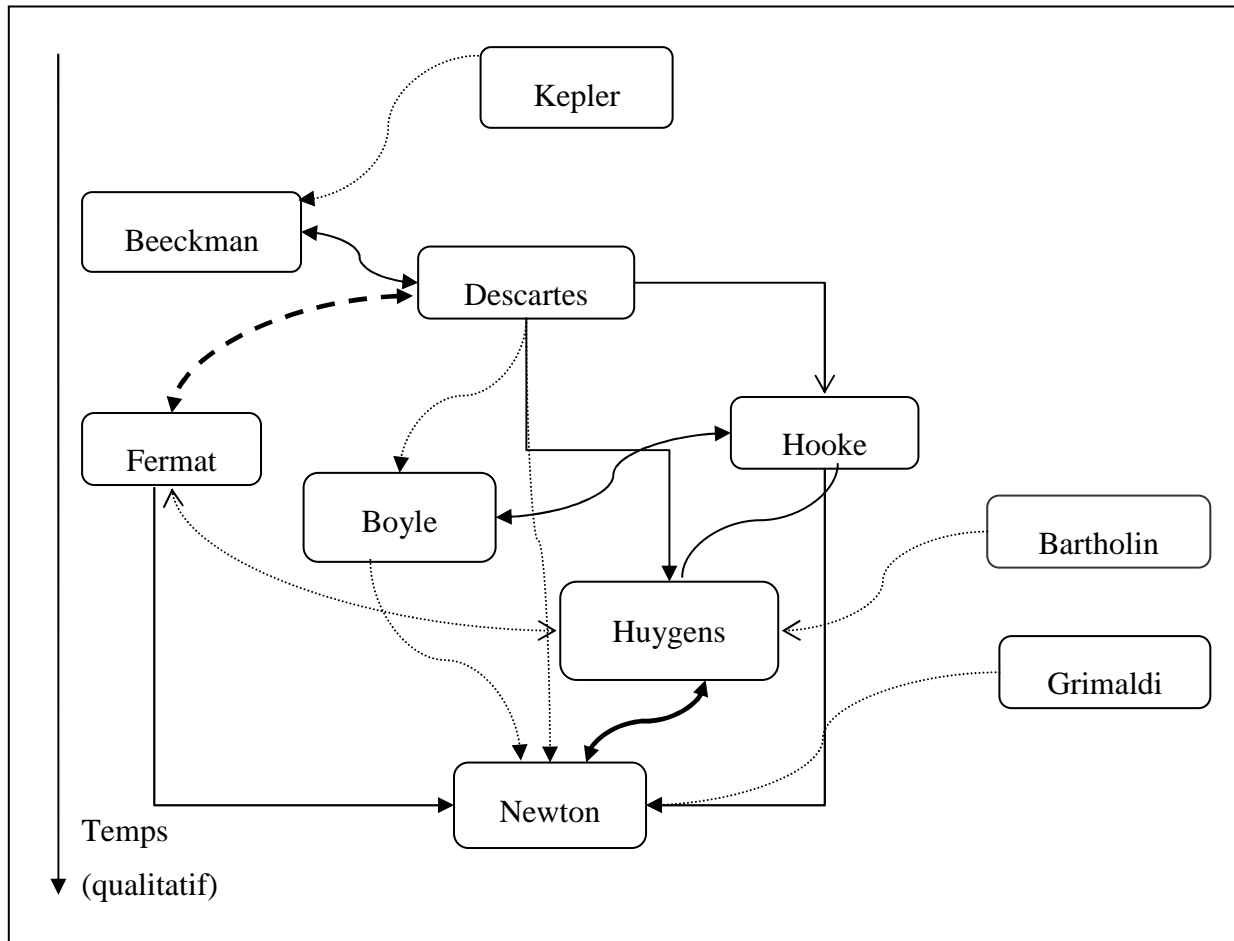
[...]

Note : En 1665, Robert Hooke (1635-1703) publie sa *Micrographia*. Hooke n'est ni un théoricien ni un calculateur : c'est un observateur précis dont la curiosité est immense et qui rapporte ses observations et raisonnements, mais sans toujours prendre le temps de les ordonner ou de les argumenter.



⁹ "cartésien", "cartésienne" : de Descartes.

Annexe 2: exemple de diagramme d'interactions possibles (thème de la réfraction)



Légende : des flèches différentes pour différentes "interactions"¹⁰

- Double flèche continue : interaction "directe"
- Double flèche en tiretés : échanges épistolaires
- Simple flèche en pointillés : connaissance des travaux
- Double flèche grasse : interaction polémique (Fermat-Descartes et Newton-Huygens)
- Flèche en ligne brisée : opposition de point de vue

¹⁰ Pour des contraintes d'édition, le diagramme a été retracé en noir et blanc ce qui conduit à une moins grande lisibilité qu'avec un codage par couleurs.

Annexe 3 : exemple de document sur le thème de la spectroscopie et l'objectif « liens idées-techniques »

Joseph von Fraunhofer

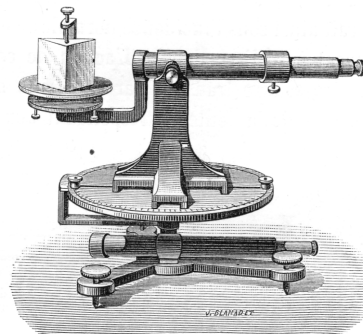
Joseph von Fraunhofer est un opticien et physicien allemand (né en 1787 à Straubing, mort à Munich en 1826).

Joseph Fraunhofer était le onzième enfant d'un souffleur de verre. Il avait onze ans à la mort de ses parents : aussi son tuteur l'envoya-t-il à Munich en apprentissage pour 6 ans afin qu'il apprenne la miroiterie. À la fin de son apprentissage en 1806, il eut la possibilité de poursuivre une formation d'opticien dans l'Institut de Mécanique Reichenbach, Utzschneider & Liebherr.

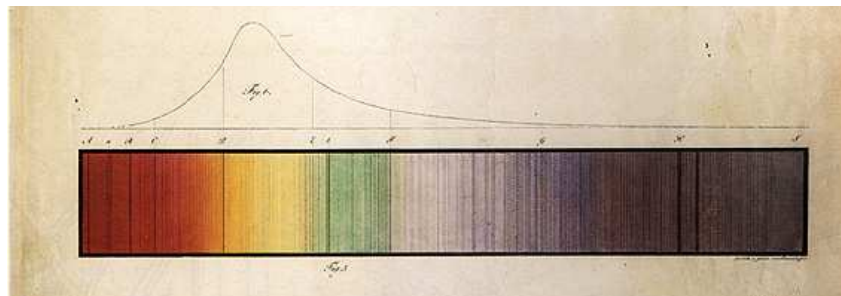


Douze ans après Wollaston¹¹, et sans avoir eu connaissance de ces résultats Joseph Fraunhofer, voulant déterminer avec soins les indices de réfraction de différents verres pour des couleurs données, monta l'appareil suivant.

Il façonna un bon prisme de cristal¹² et regarda à travers celui-ci une fente très fine et assez éloignée à l'aide d'une lunette astronomique. Il pouvait amener l'arête réfringente du prisme à être parfaitement parallèle à la fente, et mesurer les positions¹³ relatives des rayons incidents et réfractés ; il ne lui restait plus qu'à trouver dans le spectre qui se voyait dans la lunette, des points de repère suffisamment visibles.



Il plaça d'abord, derrière la fente, la flamme d'une chandelle et remarqua tout de suite la raie jaune, que nous savons aujourd'hui être due au sodium ; [...] il observa d'autres lumières et étudia surtout celle du Soleil. [...]. Le dispositif expérimental utilisé par Fraunhofer lui permet d'observer en 1814-1815, 574 raies sombres dans le spectre solaire ; il caractérise les raies les plus larges par les lettres A, B, C, D, E, F, G, H, L.¹⁴



Spectre solaire dessiné à la main par Fraunhofer.
La courbe au dessus représente la variation de luminosité du spectre.

¹¹ Voir fiche "Wollaston"

¹² Flint très pur

¹³ Positions relatives : ici, les angles que font les rayons incident et réfractés par le prisme.

¹⁴ C'est depuis ce temps que les raies noires du spectre solaire sont appelées raies de Fraunhofer, et que les plus grosses sont désignées par les lettres mêmes qu'il leur donna.

Annexe 4 : exemple de diagramme sur les liens entre avancée des idées et des techniques (thème de la spectroscopie)

