

Le recours à l'histoire dans l'enseignement des sciences

Exemple des couleurs de l'arc-en-ciel

Olivier Morizot et Philippe Abgrall

- Résumé** S'inspirant des travaux de Gaston Bachelard sur le 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 d'écrire ensemble un cours de physique visant à expliquer l'arc-en-ciel à partir de son histoire, cours dont la partie relative aux couleurs sera ensuite présentée en exemple.
- Mots-clés** Enseignement, histoire des sciences, arc-en-ciel, couleur, JIREC 2014.
- Abstract** **The use of history in science education: example of rainbow colours**
This article presents the potentially fundamental intake of history of sciences to the teaching of sciences. After a short reflexion on that question, this approach is illustrated with the example of a course of physics explaining the rainbow through its history.
- Keywords** Teaching, history of sciences, rainbow, colour, JIREC 2014.



En préparation à ce cours, les étudiants doivent réaliser et commenter une photographie ou un dessin d'arc-en-ciel en s'inspirant du texte d'Aristote sur l'arc. Le cours commence par une projection commentée de ces images. Ici sont présentés les travaux de A. Poindron, E. Franchi, M. Allenbach et M. Motte (de gauche à droite), reproduits avec leur aimable autorisation, DR.

Par nature, l'arc-en-ciel est complexe et insaisissable. Son analyse par le strict biais de la physique contemporaine, comme on la trouve dans les manuels, n'est pas suffisante pour permettre aux étudiants d'en construire une compréhension complète et sensée [1]. Ceci provient notamment du fait que le rôle central de l'observateur dans l'apparition de l'arc est souvent négligé, aussi bien que le sont les éléments de biologie, psychologie, poésie, peinture, linguistique, philosophie et mythologie impliqués dans l'appréhension du phénomène. Or l'histoire des sciences peut justement nous amener à examiner des travaux produits dans des contextes culturel, linguistique, religieux, politique, philosophique et scientifique radicalement différents des nôtres. Ainsi une étude fine de l'évolution des théories de l'arc à travers l'histoire permettrait certainement d'aider les étudiants à comprendre l'importance de la langue, de la psyché, de la culture ou de l'acuité visuelle de l'observateur (ancien ou contemporain) lors de son étude de l'arc-en-ciel – et par extension, dans tout processus de recherche scientifique –, mais aussi de dépasser les obstacles pédagogiques et épistémologiques [2] que peut poser l'enseignement de ce phénomène. Et gageons que ce constat pourrait être extrapolé à tout l'enseignement des sciences.

Recourir à l'histoire des sciences : pourquoi, comment ?

Prendre en compte l'histoire d'une science pour enseigner cette science ne sert ni à orner cet enseignement d'atours plaisants, ni à

mettre en évidence un progrès régulier des connaissances. Cette tendance des manuels à proposer une histoire hagiographique des grands savants ne peut qu'enfermer les étudiants dans une croyance positiviste d'une science victorieuse, sans erreurs, et les éloigner de leur propre capacité à remettre en question leurs certitudes et à cerner les difficultés qui demeurent dans l'état actuel de la science.

La recherche en histoire des sciences nous révèle que le travail des savants ne s'est pas fait de manière continue et déterminée, mais qu'ils ont bien souvent commis des écarts considérables par rapport à ce que nous qualifierions de juste et conforme au corpus actuel des sciences. Et que les connaissances se sont constituées au prix d'une succession de tentatives, de réussites et d'échecs, qui a donné forme à leur complexité et parfois ouvert de nouvelles voies révolutionnaires. Ainsi l'histoire des sciences, en reconsidérant les cheminements parcourus par les savoirs, permet de mettre en évidence les questions qui se sont réellement posées devant un phénomène incompris, et de mieux comprendre les mécanismes qui ont mené successivement à des conclusions justes ou erronées. Ce travail d'historien a un rôle essentiel à jouer dans l'enseignement des sciences pour deux raisons principalement.

Premièrement, les véritables difficultés à interpréter les phénomènes qui sont révélées par l'histoire font échos aux difficultés réelles que les étudiants ne manquent pas de rencontrer à leur tour, mais qui sont la plupart du temps négligées par les enseignants, car masquées par la présentation logique des contenus proposée dans les manuels [2]. Dans les questions que se sont véritablement posées

les savants anciens confrontés aux mêmes problèmes, l'étudiant peut retrouver ses propres questions. Elles ont pour point commun d'être posées par des personnes qui ne connaissent pas les réponses *a priori*. De là, certainement l'étudiant peut-il mieux cerner la nature du problème résolu par l'enseignant et accéder ainsi à une meilleure compréhension de l'interprétation moderne qui en est donnée.

Deuxièmement, la présentation de la diversité d'interprétations d'un même phénomène au cours de l'histoire aura l'effet salutaire de révéler l'influence du contexte scientifique, certes, mais aussi religieux, politique, culturel et social dans lequel évolue le scientifique sur sa façon d'interpréter le monde et de recevoir des théories nouvelles, et ce y compris dans notre monde contemporain.

Application à l'étude de l'arc-en-ciel

Nous n'aurons pas la place ici de présenter toute la théorie de l'arc et limiterons donc la question au nombre de ses couleurs, telle que nous l'avons traitée ces deux dernières années dans un cours sur l'arc-en-ciel développé dans la licence Sciences et Humanités de l'Université d'Aix-Marseille. Cette observation de la variation du nombre des couleurs de l'arc au fil des époques devait permettre aux étudiants de s'interroger sur ce que cette variation nous dit de la couleur, de la complexité de ce concept, mais aussi de la difficulté à obtenir une réponse univoque et complète à une question scientifique apparemment simple.

Il est étonnant, et donc instructif, de voir Aristote attribuer trois couleurs seulement à l'arc : le rouge, le vert et le bleu [3], et ce quand bien même il affirme en percevoir parfois une quatrième, le jaune. Mais celle-ci ne serait qu'une illusion créée par le contraste et le mélange du rouge et du vert. En effet, selon lui « *au-delà [du bleu], les couleurs n'apparaissent plus, et c'est avec le nombre trois qu'elles ont leur terme, de même que la plupart des choses.* » Il semble clair à certains historiens des sciences [4] que ce trois réponde à la ternarité fondamentale du monde selon Aristote, et qu'il soit la conséquence d'une symbolique numérique affectant l'observation du scientifique, trop souvent considérée comme absolument objective. Un extrait du *De Caelo* renforce cette hypothèse : « *En effet, comme l'affirment aussi les Pythagoriciens, le tout et toutes les choses sont limités par le nombre trois* » [5]. On observe, ailleurs, qu'Empédocle et Démocrite, réputés pour leur conception du monde quaternaire, où la place des quatre éléments est prépondérante, voient pour leur part quatre couleurs à l'arc. On pourra s'étonner de l'importance du symbolisme dans le système philosophique et physique de ces auteurs anciens, mais on s'attendra à voir cette tendance à introduire la symbolique des nombres dans la science diminuer au cours de l'histoire.

Al-Fārisī, héritier d'une longue tradition de savants de langue arabe tels Ibn Sīnā (Avicenne), Ibn al-Haytham (Alhazen) ou Ibn Rushd (Averroès) qui se sont intéressés à l'arc-en-ciel et à ses couleurs, est le premier à expliquer ce phénomène par l'étude simultanée de la réfraction et de la réflexion de la lumière dans les gouttes d'eau. Quant aux couleurs de l'arc, il en considère cinq : « *Les irisations sont des couleurs différentes, rapprochées, entre le bleu, le vert, le jaune, le rouge noirâtre et le blanc* » [6].

Mais Dietrich de Freiberg, proposant à la même époque une explication fort similaire de la formation de l'arc, ne lui attribue que quatre couleurs [7] ; ce malgré l'omniprésence des nombres trois et sept dans la représentation des couleurs de l'arc au Moyen Âge chrétien : trois pour l'arc-en-ciel de la fin du déluge – renforçant ainsi le symbole de la Trinité – et sept pour l'arc de l'*Apocalypse* de Jean (4:3) – texte regorgeant de références au nombre sept.

Descartes y voit six couleurs, dues à la rotation plus ou moins vive des corpuscules qui constituent la lumière [8]. Mais c'est à Newton certainement que l'on doit d'entendre parler si souvent aujourd'hui des sept couleurs de l'arc-en-ciel, intimement liées à ses expériences de dispersion de la lumière blanche par un prisme. Dans son *Opticks*, il décrit d'abord les conditions expérimentales d'apparition des cinq couleurs qu'il dit primaires (le rouge, le jaune, le vert, le bleu et le violet), de leurs mélanges que sont l'orange et l'indigo, et de l'infinité de teintes intermédiaires. Mais au moment de théoriser le phénomène, il projette le spectre sur un mur, et charge « *une personne dont la vue était pénétrante et qui pouvait mieux que*

moi discerner les couleurs, [de tirer] à travers le spectre les droites [marquant] les confins des couleurs » [9]. Il trouve que ces droites délimitant les couleurs sont au nombre de six, et que les longueurs des sept segments colorés ainsi définis sont « *entre elles comme les nombres 1, 8/9, 5/6, 3/4, 2/3, 3/5, 9/16, 1/2, qui représentent une tierce mineure, une quarte, une quinte, une sixte majeure, une septième et une octave* » [9], soit les sept tons du mode mineur. On sait aujourd'hui que les travaux de Newton en alchimie et en théologie furent bien plus nombreux et réguliers que ses travaux en dynamique, en mathématiques ou en optique [10]. Aussi ne sommes-nous pas surpris d'observer dans ses travaux scientifiques l'apparition subreptice de schémas, signes et symboles qu'il recherchait par ailleurs. Ici il s'agit du nombre sept, que l'on retrouve dans tant de traditions hermétiques. Et par ce parallèle entre couleurs et notes de la gamme musicale, Newton cherche à demi-mot à souligner l'harmonie sous-tendant l'organisation du monde. Conviction d'une Harmonie Universelle dont il est loin d'être le seul père de la science à avoir fait le thème central de sa recherche [11] et qu'il sera intéressant de mettre en parallèle avec les principes affichés ou inconscients de la science contemporaine, sur lesquels historiens et épistémologues interpellent à juste titre les scientifiques.

Mais arrêtons là notre historique du nombre de couleurs attribuées à l'arc-en-ciel, puisqu'il serait même insuffisant d'évoquer l'infinité des longueurs d'onde du spectre de la lumière blanche pour résoudre la question. D'autant que les couleurs de l'arc-en-ciel ne sont pas celles du spectre de la lumière blanche [4], fait trop rarement exposé dans les manuels et entretenant la confusion. De plus, un travail complet sur la question nécessiterait d'introduire les facteurs physiologiques et psychologiques liés à la perception des couleurs, mais aussi de désencombrer ce thème de sa charge symbolique, linguistique et culturelle. Problème non résolu ici, mais dont un détour par l'histoire des sciences a révélé l'importance dans les théories du passé, éveillant notre vigilance à sa probable présence dans nos théories contemporaines.

Références

- [1] Young H., Freedman R., *University Physics*, 13th ed., Pearson Educ., 2012, p. 1205-1207.
- [2] Bachelard G., *La formation de l'esprit scientifique*, J. Vrin, Paris, 1993, p. 13-22.
- [3] Aristote, *Les Météorologiques*, trad. Groisard J., Gallimard, 2008, p. 33-34.
- [4] Lévy-Leblond J.-M., *La vitesse de l'ombre*, Seuil, coll. Science Ouverte, 2006, p. 49-65.
- [5] Aristote, *Traité du Ciel*, trad. Dalimier C. et Pellegrin P., Gallimard, 2004, p. 10-11.
- [6] Al-Fārisī, *La Révision de l'optique* (entre 1291 et 1302), trad. Megri K. dans sa thèse de doctorat : *L'optique de Kamāl al-Dīn al-Fārisī*, Lille, ANRT, 1994. t. II, p. 100.
- [7] Maitte B., *Histoire de l'arc-en-ciel*, Seuil, coll. Science ouverte, 2005, p. 101-104.
- [8] Descartes R., *Les Météores*, in *Œuvres*, VI, publiées par Adam C. et Tannery P., Vrin-CNRS, 1982, p. 329-334.
- [9] Newton I., *L'Optique*, Leroy Libraire, Paris, 1787, t. I, p. 124-125.
- [10] Verlet L., *La Malle de Newton*, Gallimard, 1993.
- [11] Yates F.A., *Science et tradition hermétique*, trad. Doré B., Ed. Allia, Paris, 2009.



O. Morizot

Olivier Morizot

est maître de conférences, Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires (PIIM), Aix Marseille Université*.

Philippe Abgrall

est chargé de recherche au CNRS, Centre d'Épistémologie et d'Ergologie Comparatives (CEPERC), Aix Marseille Université**.



P. Abgrall

* Aix Marseille Université, PIIM UMR 7345, Campus de Saint-Jérôme, Avenue Escadrille Normandie-Niemen, F-13397 Marseille Cedex 20. Courriel : olivier.morizot@univ-amu.fr

** Aix Marseille Université, CNRS, CEPERC UMR 7304, Maison de la Recherche, 29 avenue Robert Schuman, F-13621 Aix en Provence Cedex 1. Courriel : philippe.abgrall@univ-amu.fr