

Enseignement et préservation du patrimoine scientifique à l'Université de Franche-Comté

Partie I : 1845-1930

Besançon : jeudi 2 mai 2024

par **Lucas DORDOR**, **Luc FROEHLY**, **Jeanne MAGNIN**, **Maxime JACQUOT**, **John DUDLEY**, **Jérôme SALVI**

Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, Institut FEMTO-ST, 25000 Besançon

dordorlucas6@gmail.com

luc.froehly@umlp.fr

magninjeanne14@gmail.com

maxime.jacquot@umlp.fr

john.dudley@umlp.fr

jerome.salvi@umlp.fr

Lucie VIDAL, **Jérémy QUERENET**

Université Marie et Louis Pasteur, Service sciences arts culture, 25000 Besançon

lucie.vidal@umlp.fr

jeremy.querenet@umlp.fr

et **Pierre VERSCHUEREN**

Université Marie et Louis Pasteur, Centre Lucien Febvre, 25000 Besançon

pierre.verschueren@umlp.fr

Des archives et des instruments scientifiques récemment mises au jour à l'Université de Franche-Comté révèlent une riche histoire de la recherche et de l'enseignement en physique depuis la création de la Faculté des sciences en 1845. Cet article détaille la création du « musée » qui en a découlé et le réinvestissement d'instruments scientifiques du XIX^e siècle dans l'enseignement en optique moderne. Ces instruments autrefois à la pointe de la recherche, peuvent aujourd'hui être réhabilités en les introduisant dans des cours de physique moderne ou lors de projet. Ils permettent aux étudiants de mieux comprendre les principes fondamentaux de l'optique à travers une approche historique et pratique en démontant et en manipulant des instruments qui n'utilisent aucune électronique ou fonction complexe. En guise d'illustration, l'article met en lumière un cas spécifique basé sur l'étude d'un spectrophotomètre de Féry en relation avec la prise en main d'un logiciel moderne de conception optique.

1. Introduction

L'Université de Franche-Comté est la dixième université fondée en France : elle est créée en 1423 à Dole par Philippe Le Bon, avant d'être transférée à Besançon en 1691 par Louis XIV. Sa structure académique initiale s'organise autour du droit, de la théologie et de la médecine, et ce n'est que bien plus tard, en 1845, qu'une faculté des sciences est définitivement créée.

Dans le cadre du 600^e anniversaire de l'université, il a été demandé au personnel de rechercher les documents d'archives en leur possession afin de construire une histoire plus complète du développement académique au fil des ans. Diverses études concernant l'histoire de l'optique à l'université avaient déjà été menées par intermittence depuis 2015, et les membres du département d'optique (qui fait désormais partie de l'Institut FEMTO-ST) avaient déjà sauvé de la destruction une importante collection d'instruments, de documents, de photographies et d'hologrammes, bien qu'elle soit en mauvais état et partiellement répertoriée. Les célébrations

de l'anniversaire ont donné l'impulsion nécessaire pour examiner et cataloguer ce matériel en détail et le réinvestissement de ce riche patrimoine scientifique dans nos enseignements en a été la suite logique. Il nous est alors apparu évident qu'il était nécessaire de développer un programme systématique de préservation du patrimoine scientifique d'autant plus que nous avons pu bénéficier d'une prise de conscience croissante de l'importance de l'histoire des sciences au sein du ministère français de l'enseignement supérieur et de la recherche [1] et d'un soutien actif du service sciences, arts et culture qui gère la médiation scientifique au sein de l'université. En conséquence, nous avons pu développer un programme de sauvegarde du patrimoine scientifique dans notre laboratoire qui a été combiné à des efforts pour réinvestir les instruments et aussi certains documents dans l'enseignement supérieur.

Malgré sa richesse, l'histoire locale des petites universités et de leurs personnalités est souvent négligée. Pourtant, souligner une histoire scientifique significative est très important pour accroître la visibilité des petites universités et attirer des étudiants extérieurs à leur région. De plus, en présentant notre travail de préservation à des visiteurs, qu'ils soient scientifiques ou issus du grand public, il est clairement apparu combien celui-ci était attractif. Au-delà de sa valeur historique intrinsèque, il a démontré son potentiel pour favoriser de nouvelles collaborations ou opportunités de financement.

2. Méthodologie et création d'une collection

Une première découverte intrigante dans nos archives a été un rouleau de négatifs photographiques de 35 mm stocké dans une boîte métallique étiquetée « Galerie des Ancêtres ». Il s'est avéré que ce rouleau contenait les portraits des titulaires des chaires universitaires de physique générale, depuis le premier titulaire en 1845, Charles-Cléophas Person, jusqu'à Jean-Charles Viénot en 1963 (figure 1). Des recherches ultérieures ont révélé que ces portraits avaient été rassemblés par ce dernier pour les exposer lors d'une des premières conférences internationales sur l'holographie à Besançon en 1970.

Cette bobine de film a été la clé qui nous a permis de facilement retrouver dans les archives locales et nationales des informations sur les carrières des titulaires successifs de la chaire de physique et donc sur l'histoire scientifique locale. La référence [2] détaille la biographie de chaque professeur mais nous voudrions ici revenir succinctement sur deux d'entre eux, Nicolas Deguin (1809-1860) et Marcel Désiré Croullebois (1843-1886) car ils sont auteurs de manuels scolaires ayant connu un certain succès au XIX^e siècle. Jean-Jacques Marie Joseph Trillat et Pierre-Michel Duffieux qui ont eu une carrière scientifique remarquable sont l'objet d'une deuxième publication dans le *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.* dédiée à la période 1930-1970.

Nicolas Deguin obtient son doctorat ès sciences physiques en 1832 [3] et, après avoir enseigné dans le secondaire à Toulouse et à Lyon, il est nommé professeur de physique à la faculté des sciences de Clermont-Ferrand en 1854. En 1856, il remplace Charles-Cléophas Person à la chaire de physique de Besançon et devient doyen de la faculté des sciences la même année. Deguin a rédigé des manuels destinés aux élèves du secondaire et il connaît un succès remarquable [4]. Son cours élémentaire de physique [5] a été publié pour la première fois en 1836 et a été réédité plusieurs fois avant 1859. Son cours élémentaire de chimie [6] a connu un succès similaire, publié en plusieurs éditions entre 1845 et 1854. Au milieu du XIX^e siècle, ses livres sont utilisés en France, en Belgique et en Suisse [7], ils se vendent à plus de 30 000 exemplaires [8] et ce succès est largement reconnu à l'époque [7]. Deguin est un auteur typique de manuels scolaires du XIX^e siècle en ce sens que, bien que son nom ait été familier à des générations d'étudiants de l'époque, ses contributions à l'enseignement des sciences sont aujourd'hui largement oubliées.

Marcel Désiré Croullebois obtient lui son doctorat ès sciences physiques en 1869 [9] et il est nommé à la faculté des sciences de Besançon en 1877. Il publie de nombreux articles sur l'optique entre 1870 et 1882 [10, 11]. Il est coauteur d'une traduction d'un manuel sur l'électricité et le magnétisme [12] et il a également publié en 1882 un manuel sur l'optique des lentilles épaisses basé sur ses cours à Besançon [13]. La préface de ce manuel décrit son objectif d'éviter les calculs difficiles et de présenter plutôt un traitement géométrique simple pour rendre la théorie de Gauss [14] accessible aux élèves français. Croullebois mentionne dans la référence [15] une étude antérieure similaire d'Augustin Bertin (1818-1884) [16] qui s'appuie elle-même sur la méthode de Carl Neumann (1832-1925) [17]. Croullebois semble tout de même convaincu que son ouvrage est le premier manuel sur ce sujet adapté à l'enseignement des écoles françaises. Peu importe la voie par la-

quelle l'analyse géométrique de l'optique des lentilles a fini par s'imposer dans l'enseignement, les constructions utilisées par Croullebois seraient aujourd'hui reconnaissables par tout étudiant (figure 2) et peuvent être facilement réinvesties dans n'importe quel cours d'optique géométrique actuel.



Figure 1 - Professeurs de physique générale à la Faculté des Sciences de l'Université de Franche-Comté à Besançon de 1845 à 1963. Les dates semblent indiquer les années où chaque personne a été nommée à Besançon, bien que cela ne corresponde pas toujours à la période où elle portait officiellement le titre de professeur.

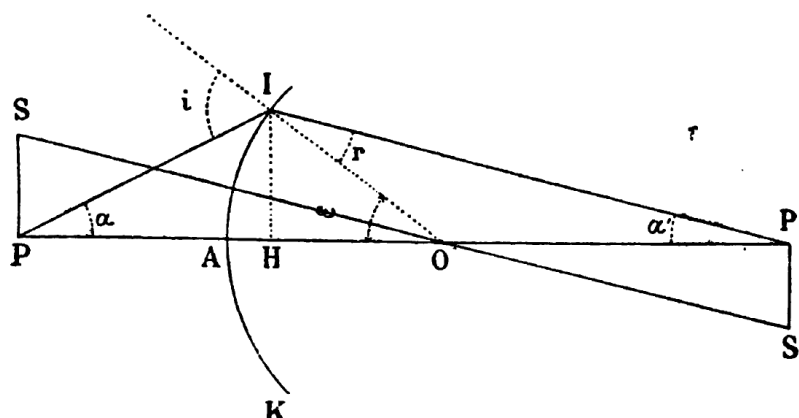


Figure 2 - Illustration tirée du manuel de Croullebois sur l'optique des lentilles épaisses [13].

Une approche historique¹ et l'évocation de scientifiques éminents dans nos classes permet de retracer les développements majeurs de la pensée scientifique. Les manuels de science attachent ainsi une grande importance à la reconnaissance de géants tels que Newton, Young, Fresnel, etc. mais le revers de la médaille est que les étudiants peuvent percevoir ces célébrités scientifiques comme distantes et inaccessibles, ce qui peut également être inhibant. Se concentrer sur les scientifiques locaux permet de contourner ce problème, surtout si l'on y ajoute une discussion sur la façon dont certaines découvertes ont été faites dans notre université, en passant parfois par de nombreuses étapes d'essais et d'erreurs. Ce rapprochement peut encore être renforcé si on présente aux étudiants les instruments de mesures du XIX^e siècle sur lesquels leurs prédécesseurs (et ceux de leurs enseignants) ont travaillé. Ce point est abordé dans la suite de l'article.

L'organisation et la méthodologie utilisées dans notre étude se résument à deux étapes. Tout d'abord, nous nous sommes attachés à localiser et à préserver tout le patrimoine scientifique « physique », tel que les anciens instruments, les cahiers de laboratoire, les archives photographiques ou tout autre document. Des documents d'archives datant de 1845 dressent un inventaire complet des instruments optiques et autres achetés pour la Faculté des sciences de Besançon [18], ce qui montre que la formation expérimentale n'était pas négligée. Des efforts sporadiques ont pu être faits pour préserver certains instruments anciens datant du XIX^e siècle, mais ils ont été stockés dans de mauvaises conditions. Nous avons également trouvé de nombreux instruments de laboratoire (postérieurs à 1960) et hologrammes dans des laboratoires de recherche actuellement occupés. Stockés sans souci particulier de préservation, ils risquaient d'être jetés pour libérer de l'espace. Notre premier objectif a donc été de repérer tout ce que nous pouvions et de le transférer dans une salle de stockage dédiée. À ce stade, rien n'était particulièrement organisé, mais tout était à l'abri de la mise au rebut. Nous avons ensuite pu établir un lien entre notre activité locale et un programme national de préservation du patrimoine scientifique en France [1], et un spécialiste s'est rendu à l'université pour cataloguer notre collection. Ce catalogue est désormais conservé à la fois localement et dans un dépôt régional, ce qui impose une obligation institutionnelle de veiller à ce que nos divers instruments et autres matériels soient préservés. Nous avons également développé une base de données locale en ligne [19] qui fournit des informations sur les instruments, une photographie et, si possible, des informations historiques sommaires extraites d'autres sources [20]. Nous avons pu ainsi présenter les objets et les documents dans une salle dédiée (figure 3), avec une restauration minimale des instruments pour préserver leur authenticité et éviter de les endommager. Actuellement, les collections d'hologrammes et d'instruments occupent environ 100 mètres carrés au sein du bâtiment principal de l'Institut FEMTO-ST.

¹« On ne comprend pas bien une science tant qu'on n'en connaît pas l'histoire ». Cette citation de Auguste Comte a été reprise par P. M. Duffieux (1891-1976) dans une correspondance de 1931 avec Charles Fabry (1867-1945).



Figure 3 - Photographie d'une partie de notre collection de plus de 150 instruments anciens datant pour la plupart du XIX^e siècle.

3. Réinvestissement du patrimoine scientifique dans l'enseignement

Si certains instruments scientifiques laissent peu de doute sur leur principe et leur utilisation (balance de précision, polyprisme à liquide, galvanomètre...), le fonctionnement et l'utilisation de certains autres restent parfois mystérieux en raison du manque de documentation. La préservation du patrimoine technique d'un laboratoire peut alors être avantageusement réinvestie dans l'enseignement lors de stages ou de projets proposés aux étudiants et qui allient l'optique d'hier et celle d'aujourd'hui [21]. Il s'agit alors non seulement d'effectuer des recherches bibliographiques pour contextualiser les instruments et leur utilisation, mais aussi de les modéliser et de comparer les résultats obtenus avec les expériences réalisées lorsqu'ils sont encore opérationnels.

3.1. Spectrophotomètre de Féry

L'illustration que nous proposons est le résultat d'un stage de 6 semaines d'un étudiant en première année de BTS Systèmes Photoniques. Il concerne le spectrophotomètre de Charles Féry² inventé en 1910 [22] : cette référence donne quelques explications dont un tracé de rayon (figure 4), mais il ne semble rester aucune autre trace écrite de son invention. Son spectrophotomètre est basé sur l'absorption contrairement aux autres systèmes de l'époque qui utilisaient la loi de Malus et la polarisation ou des systèmes de pupilles complexes. Il repose sur la comparaison de la luminosité du spectre transmis après le passage à travers une solution avec celle d'un spectre de référence et il permet de déterminer le coefficient d'absorption en fonction de la longueur

² Charles Féry (1865-1935) était professeur d'optique à l'ESPCI, spécialisé dans la conception instruments scientifiques pour la recherche et l'industrie.

d'onde ou la concentration d'une solution par comparaison avec une solution référence de concentration connue. L'exemplaire que nous possédons dans notre collection est présentée figure 5 et son fonctionnement a été entièrement disséqué grâce à l'utilisation du logiciel de conception optique ZEMAX OpticStudio @ANSYS (ZOS).

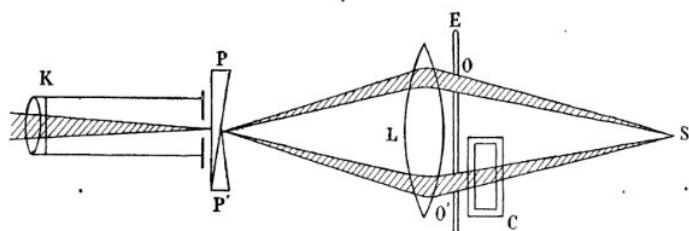


Figure 4 - A gauche : schéma du spectrophotomètre présenté par C. Féry dans son article de 1910 [21]. On reconnaît les 2 prismes absorbants P et P', un écran E percé de 2 ouvertures O et O' ainsi qu'une cuve C contenant l'échantillon à analyser. À droite : C. Féry dans son laboratoire de l'ESPCI dans les années 1920. On distingue sur l'étagère en arrière-plan le spectrophotomètre de son invention (source : Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, mars 1936, ESPCI Alumni).

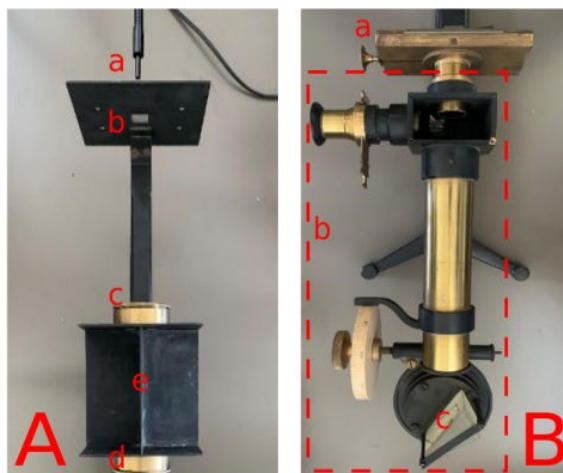
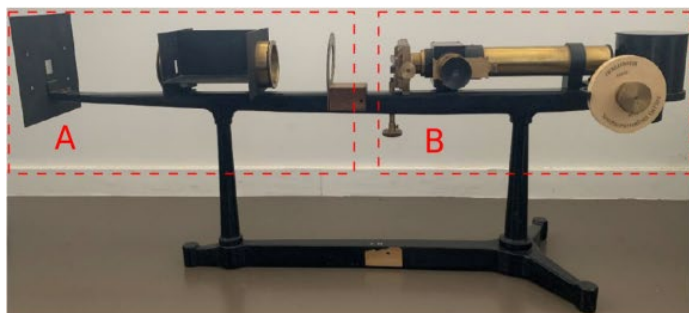


Figure 5 - Spectrophotomètre de Charles Féry. (A) système d'éclairage avec : a-source lumineuse, b-diffuseur, c et d-objectifs, e-porte-échantillon avec un écran percé de deux ouvertures rectangulaires qui permettent séparer le faisceau en deux et de créer ainsi 2 trajets possibles pour la lumière (droite et gauche). (B) dispositif d'analyse avec : a-prismes absorbants, b-spectroscope à prisme classique avec c-un prisme dispersif réflecteur. Le tambour blanc permet de contrôler l'orientation de ce prisme et de faire défiler le spectre dans l'oculaire.

3.2. Les prismes absorbants

La principale innovation de Féry est l'utilisation de deux prismes absorbants en verre fumé montés tête-bêche et placés devant la fente d'un spectroscope. Les angles des prismes sont calculés pour compenser la déviation induite par le système d'éclairage constitué par les lentilles c- et d- de la partie A sur la figure 5 (montage $2f$). Les rayons incidents sur les prismes sont déviés différemment selon qu'ils sont incidents sur le prisme supérieur ou sur le prisme inférieur. Une partie seulement des rayons est redirigée et passent vers la fente d'entrée du spectromètre, tandis que l'autre partie, déviée plus fortement, est bloquée (voir schéma de

droite figure 6) : la fente permet de réduire le spectre aux raies d'absorption d'intérêt. Les deux prismes peuvent être traduits horizontalement grâce à des roues dentées ce qui permet de modifier l'épaisseur du verre que les rayons rouges et noirs traversent et d'égaliser ainsi la luminosité des deux faisceaux (loi de Beer-Lambert) : selon la direction de translation, l'absorption peut être augmentée pour un trajet (rouge ou noir) et diminuer d'autant pour l'autre. Le spectrophotomètre fournit ainsi deux spectres superposés avec des intensités différentes suivant le positionnement transverse des prismes absorbants.

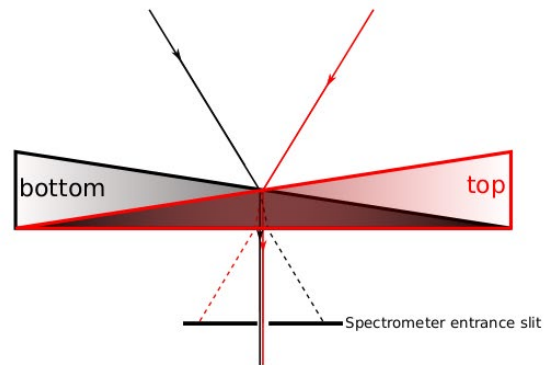


Figure 6 - Photographie (à droite) et schéma (à gauche) des deux prismes absorbants montés tête-bêche (élément a- de la figure 3B). Les rayons rouge et noir sont issus chacun d'une des ouvertures de l'écran et les rayons en pointillés sont trop déviés par les prismes et sont bloqués par la fente d'entrée du spectromètre.

3.3. Modélisation avec un logiciel de conception optique

La rétro-ingénierie permet de comprendre le fonctionnement et la conception de ce spectrophotomètre. Le démontage et l'examen de ses composants a été réalisés avec beaucoup de précautions pour ne pas l'endommager, puis le système complet a été modélisé grâce au logiciel ZOS utilisé en mode non séquentiel. Les prismes absorbants ont été obtenus à partir d'un objet « Polygone » : nous avons défini les coordonnées de chaque sommet et lié les différents points pour générer le double prisme. Les prismes sont en BK7 et la transmittance a été réduite pour toutes les longueurs d'onde à 6 % pour 1 cm d'épaisseur afin de tenir compte de l'absorption du verre fumé. Le modèle du système est illustré à la figure 7.

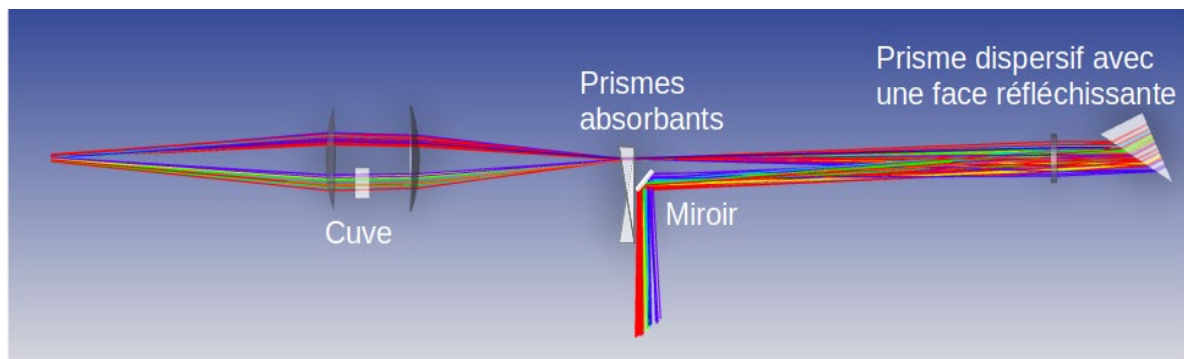


Figure 7 - Modèle complet du spectrophotomètre de Féry développé sous ZOS et comprenant un réservoir de solution d'éosine dans la cuve sur le trajet inférieur de la lumière

Une première validation qualitative de notre modèle a été effectuée en comparant ce que nous voyons directement à travers la pupille du système avec ce que donne la simulation de ZOS (sans aucune solution dans la cuve). Le résultat est illustré à la figure 8. Nous avons ensuite simulé un cas réel où une solution d'éosine

est présente dans la cuve (trajet inférieur), entraînant un maximum d'absorption autour de 520 nm [23]. Nous avons simulé le spectre sans compensation, puis nous avons calculé le décalage qu'il faut appliquer aux prismes pour compenser l'absorption de l'éosine à l'aide de la loi de Beer-Lambert. Nous avons obtenu un décalage théorique de 2,6 cm. Les résultats sont présentés figure 9 et on peut constater qu'avec une translation de 2,6 cm l'absorption à 520 nm due à l'éosine a été compensée dans le spectre de la partie droite supérieure. Ce résultat obtenu avec ZOS est en parfait accord avec la valeur précédente.

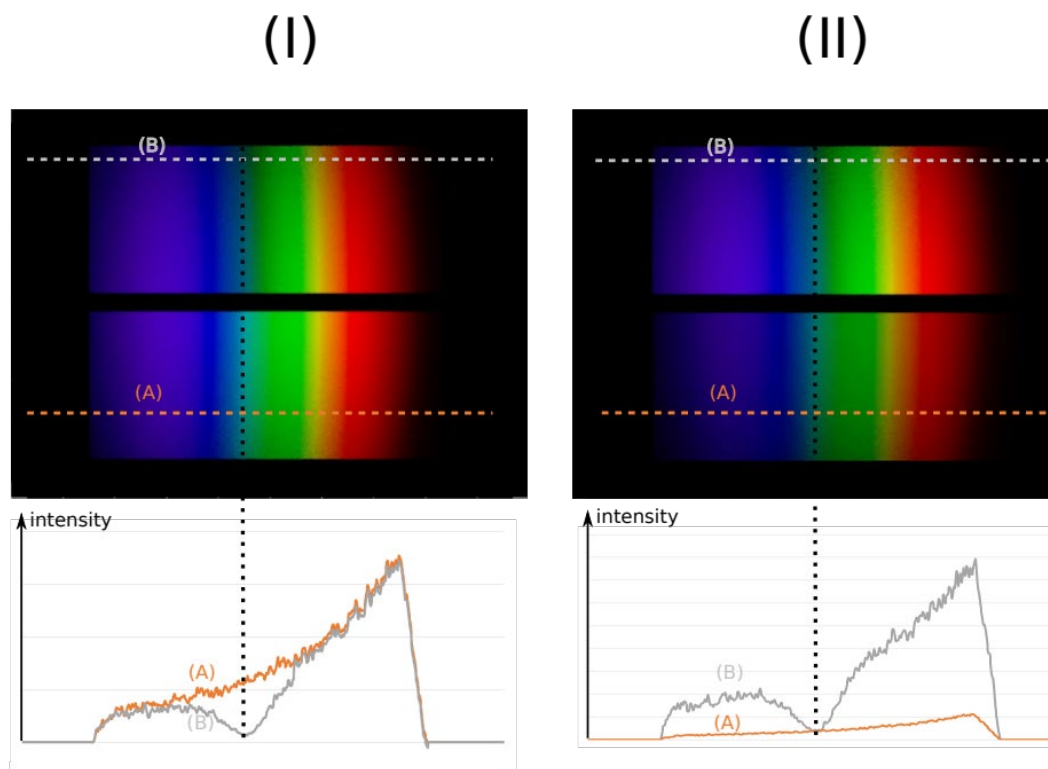


Figure 8 - Expérience numérique avec une solution d'éosine dans le réservoir : (I) spectre sans compensation ; (II) spectre avec une translation de 2,6 cm des prismes. Les spectres avec l'éosine se trouvent en haut des figures. Les graphiques sous les spectres sont des coupes transversales au niveau des lignes en pointillés (A) et (B)

4. Conclusion

Lorsque nous avons commencé notre mission de préservation de l'histoire de l'optique à l'Université de Franche-Comté, nous n'avions pas pleinement mesuré l'impact potentiel de notre collection sur l'enseignement. Cependant, à travers différents stages ou projets, il est apparu clairement que nous pouvions nous appuyer efficacement et de manière attrayante sur cette base historique pour développer nos enseignements, tout en enrichissant nos connaissances sur ce patrimoine scientifique. Les collections d'instruments ont le potentiel de servir d'outil de formation pour les étudiants et peuvent constituer une ressource éducative précieuse. Elles offrent des applications concrètes et des méthodes d'apprentissage divertissantes et diversifiées. Elles jouent également un rôle central dans les visites de notre institut par des personnalités, des classes du secondaire ou des scientifiques extérieurs, apportant ainsi une valeur ajoutée incontestable.

En conclusion, l'intégration des instruments scientifiques du XIX^e siècle dans l'enseignement optique moderne enrichit l'expérience d'apprentissage en combinant l'histoire des sciences avec des démonstrations pratiques, essentiellement grâce à des enseignements en mode projet. Cela permet aux étudiants de se connecter

avec les racines de la science moderne, tout en apprenant des concepts optiques essentiels de manière interactive et engageante. De plus, ces instruments offrent une perspective historique inédite montrant l'évolution des technologies et de la métrologie dont les performances sont étroitement liées aux modélisations numériques associées.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (projets OPTIMAL ANR-20-CE30- 0004 et HOLO-CONTROL ANR-21-CE42-0009) et par le programme français des Investissements d'Avenir, dans le cadre de l'École Doctorale de recherche transversale EIPHI (ANR-17-EURE-0002).

Bibliographie

- [1] Mission nationale de sauvegarde et de valorisation du patrimoine scientifique et technique contemporain (PATSTEC), <https://www.patstec.fr>
- [2] J. Dudley, J. Magnin, L. Froehly, J. Salvi, P. Verschueren, et M. Jacquot, « Research and teaching in physics at the university of Franche-Comté 1845-1970 », arXiv preprint arXiv:2403.09271, 2024.
- [3] N. Deguin, « De l'éthérification » et « Théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques », thèses de doctorat, Paris, 1832.
- [4] F. Khantine-Langlois, « Les cours de physique et de chimie de Nicolas Deguin », Interfaces/fonds anciens BU Lyon, 2018 <https://bibulyon.hypotheses.org/8268>.
- [5] N. Deguin, *Cours élémentaire de physique, à l'usage des collèges et des autres établissements d'instruction publique*, Paris : Belin-Mandar, 1839.
- [6] N. Deguin, *Cours élémentaire de chimie, à l'usage des collèges et des autres établissements d'instruction publique*, Paris : Belin, 1847.
- [7] B. Bensaude-Vincent, A. García-Belmar J. R. Bertomeu-Sánchez. *L'émergence d'une science de manuels. Les livres de chimie en France (1789-1852)*. Archives Contemporaines (2002).
- [8] A. García-Belmar, J. R. Bertomeu-Sánchez, and B. Bensaude-Vincent. *The Power of Didactic Writings: French Chemistry Textbooks of the Nineteenth Century*, D. Kaiser (ed.) Pedagogy and the Practice of Science: Historical and Contemporary Perspectives, pp 219-253, MIT Press, Boston, 2005.
- [9] M. Croullebois, « Indices de réfraction des Gaz et des Vapeurs. Mesure de leurs dispersions », Thèse de doctorat, Sens, 1869.
- [10] *Ann. Chim. Phys.*, Masson, Paris, en ligne à la Bibliothèque Nationale de France (gallica.bnf.fr).
- [11] *CR. Hebd. Acad. Sci.*, Académie des sciences, Paris, en ligne à la Bibliothèque Nationale de France (gallica.bnf.fr).
- [12] F. Jenkin. *Electricité et Magnetisme. Traduit de l'anglais sur la septième édition par M. H. Berger et M. Croullebois*. Gauthier Villars, Paris (1885).
- [13] M. Croullebois, *Théorie élémentaire des lentilles épaisses, interprétation géométrique et exposition analytique des résultats de Gauss*. Gauthier-Villars, Paris (1882).
- [14] C. F. Gauss, *Dioptrische Untersuchungen*. Göttingen : Druck und Verlag der Dieterichschen Buchhandlung, 1841.
- [15] M. Croullebois, « Extension de la méthode de Gauss aux miroirs sphériques centrés », *Ann. Chim. Phys.*, 5^e série **IX** p. 126-144, 1880.
- [16] A. Bertin, « Théorie élémentaire des lentilles sphériques minces ou épaisses », *Ann. Chim. Phys.* 5^e série, **XIII**, 476-507 (1878).
- [17] C. Neumann, *Die Haupt- und Brenn-punkte einer Linsen-Systemes*. Leipzig Teubner (1866).
- [18] Archives Nationales (France) F/17/14487. *Enseignement supérieur Université de Besançon. Faculté des sciences (création et installation, 1838-1887)*.
- [19] <https://projects.femto-st.fr/patrimoine-scientifique>

- [20] F. Gires (ed.) *Encyclopédie des instruments de l'enseignement de la physique du XVIIIe au milieu du XXe siècle*, Association de Sauvegarde et d'Étude des Instruments Scientifiques et Techniques de l'Enseignement, 2016. Voir aussi : <http://www.aseiste.org>
- [21] J. Magnin, J. Querenet, L. Froehly, J. Salvi, M. Jacquot, A. Levenson, et J. M. Dudley, « Teaching through history: the preservation of modern french scientific heritage in optics », *Education and Training in Optics and Photonics*, 127230F, Optica Publishing Group, 2023.
- [22] C. Féry, « Spectrophotomètre à absorption », *J. Phys. Théor. Appl.*, vol. 9 n°1, P. 819–822, 1910.
- [23] <http://www.chimix.com/an13/concours13/fesic9.html>



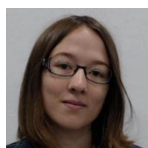
Lucas Dordor

Étudiant BTS Systèmes Photoniques
Lycée Victor Bérard
Morez (Jura)



Luc FROEHLI

Chargé de Recherche au CNRS
Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST, CNRS UMR 6174
Besançon (Doubs)



Jeanne MAGNIN

Chargée de projets médiation scientifique
Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST, CNRS UMR 6174
Besançon (Doubs)



Lucie VIDAL

Chargée de projets
Service sciences arts culture, Université de Franche-Comté
Besançon (Doubs)



Jeremy QUERENET

Directeur du service sciences, arts, culture
Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST, CNRS UMR 6174
Besançon (Doubs)



Pierre VERSCHUEREN

Maître de Conférences
Université de Franche-Comté, Centre Lucien Febvre, EA 2273
Besançon (Doubs)



Maxime JACQUOT

Professeur
Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST, CNRS UMR 6174
Besançon (Doubs)

Cet article a été publié dans Le Bulletin de l'UdPPC, **119**, p. 779–792, octobre 2025.



John DUDLEY

Professeur

Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST, CNRS UMR 6174
Besançon (Doubs)



Jérôme SALVI

Maître de Conférences

Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST, CNRS UMR 6174
Besançon (Doubs)