

Couleurs et matières autour d'une pédagogie innovante

Freddy Minc



À gauche : gamme de 200 coloris (tresses en laine Collection 2014®).

À droite : peinture de l'uniforme d'un soldat de la Première Guerre mondiale en août 1914.

Comment teindre un vêtement ? Comment fixer des colorants sur des fibres textiles ?

Dans un premier temps, il s'agit d'avoir des financements et la reconnaissance de l'institution. Les élèves rédigent avec leur professeur d'histoire, Lucie Vouzelaud, un résumé du projet : « À travers une démarche scientifique et expérimentale sur la teinture, l'objectif est d'appréhender les contraintes techniques et stratégiques de l'équipement du poilu entre 1914 et 1918 ; de s'interroger sur les causes de ces évolutions, et les conséquences sur la vie des soldats (utilisation de l'argot pour décrire cette réalité). Une approche artistique des représentations de la guerre (lettres, romans, bande dessinée, croquis, peinture...) permettra aux élèves de mesurer les enjeux du témoignage et de la mémoire. »

Objectifs

En section STL (sciences et technologies de laboratoire) option SPCL (sciences physiques et chimiques en laboratoire), le projet occupe une place incontournable dans la motivation des élèves pour une poursuite d'études scientifiques. Il favorise l'acquisition de compétences essentielles : travailler en équipe, faire preuve d'initiative, développer un esprit critique et communiquer en science.

L'interdisciplinarité d'un projet est primordiale car elle crée du lien entre les différents enseignements afin de leur donner du sens. De plus, elle nourrit la créativité des élèves en changeant l'angle d'approche d'un même sujet.

En 2014 et 2015, deux projets ambitieux ont été mis en œuvre par des élèves de 1^{ère} STL-SPCL du lycée Galilée de Gennevilliers : « Uniformes des poilus » et « Indigo blue ».

Uniformes des poilus : couleurs et matières dans la guerre des tranchées [1]

Contexte

En septembre 2014, l'honneur est aux soldats de la Première Guerre mondiale. Les couleurs des tenues de combats, les matériaux et tout leur équipement n'ont cessé d'évoluer pendant ces années de guerre. Après les premières batailles d'août 1914, le rouge garance des pantalons issus du conflit franco-prussien de 1870 a été remplacé par une couleur bleue horizon, moins facilement repérable.

Travail scientifique

Après dix années de travail pédagogique sur la synthèse et l'extraction de pigments utilisés en peinture, le défi de teindre des fibres textiles constitue un nouvel enjeu scientifique et artistique. L'uniforme des soldats est en laine et les premiers essais de teintures sont décevants : les fibres sont décolorées lors du rinçage à l'eau. Ces difficultés techniques nous ont conduits à rencontrer des experts en teinture. Frédérique Salpin, médiatrice au Palais de la découverte, a étudié en spectroscopie Raman la fixation et le vieillissement de colorants anioniques sur la laine [2] en collaboration avec Francis Trivier, responsable de l'atelier de teinture de la manufacture des Gobelins. Il travaille en trichromie rouge, bleu, jaune, remplit des grandes cuves avec de l'eau déminéralisée, ajoute de l'acide sulfurique concentré jusqu'à pH = 4 : les fibres protéiques de la laine sont alors sous forme cationique et retiennent les colorants anioniques [3]. Après ces rencontres, l'objectif est devenu encore plus ambitieux pour les élèves : peindre huit tableaux représentant l'évolution des uniformes des soldats entre 1914 et 1917, réaliser la teinture de 200 tresses de laines dans une gamme de coloris inédits et écrire un journal.

Des groupes de trois à quatre élèves réalisent des bains de teinture à partir des colorants primaires de la manufacture des Gobelins. Ils adaptent les protocoles de Francis Trivier dans des cristallisoirs. Ce transfert d'échelle pose nécessairement des difficultés pour l'agitation et pour l'uniformité des teintures. Ils réalisent des dilutions à partir d'une solution mère, ajustent le pH en ajoutant au goutte à goutte de l'acide sulfurique concentré et contrôlent la précision de leur travail par

spectroscopie UV-visible. Dans le même temps, d'autres groupes d'élèves fabriquent des peintures à partir de pigments synthétiques ou naturels (d'origines minérale, végétale et animale) afin de représenter les soldats de la Grande Guerre. La salle de laboratoire est en effervescence, entre teinture et peinture, colorants et pigments ; les élèves de 1^{ère} STL-SPCL acquièrent des compétences techniques et scientifiques de laboratoire au fil d'un projet en hommage aux soldats de la Première Guerre mondiale.

Interdisciplinarité

L'interdisciplinaire de ce projet est liée au travail sur les colorants et les techniques de teintures des uniformes des soldats. En histoire et en géographie, ils étudient le contexte de la Première Guerre mondiale et s'intéressent également à l'origine des couleurs utilisées. L'indigo et l'alizarine par exemple les amènent à envisager les techniques d'extraction sous un aspect historique, économique et géopolitique. Ils réalisent des procédés d'extraction à partir de feuilles de pastels et de racines de garance en sciences de la vie et de la Terre et trouvent des similitudes et des différences avec celles réalisées au laboratoire de chimie. Pourtant, ces colorants ne sont plus utilisés par la manufacture des Gobelins de nos jours pour teindre la laine. Les critères de résistance à la photodégradation et de reproductibilité d'une même teinte ont conduit à synthétiser des colorants au laboratoire de chimie.

La fixation des colorants sur les fibres protéiques de la laine nous amène à réfléchir sur les interactions physico-chimiques mises en jeu. Ce sont les forces d'attractions électrostatiques qui prédominent ici.

Les partenaires culturels et scientifiques jouent un rôle important dans la cohérence de ce projet. L'Historial de la Grande Guerre de Meaux et la Bibliothèque de documentation internationale contemporaine permettent aux professeurs d'histoire de s'appuyer sur des données précises afin d'élaborer avec les élèves un travail rigoureux d'historien.

L'étude d'œuvres littéraires (lettres, romans, bandes dessinées) a permis aux élèves de mesurer comment les artistes ont lutté contre l'horreur de cette guerre, avec le souci de laisser un témoignage pour les générations futures.

Évaluation

« *Mettre en projet, c'est avant tout mobiliser chez les élèves la capacité de projection (« Je choisis ») plutôt que*

celle de reproduction (« J'exécute une démarche programmée ») » [4].

Une telle démarche génère un paradoxe apparent : laisser leur créativité s'exprimer et leur faire acquérir les capacités exigibles. Travailler sur la teinture, c'est fixer des matières colorantes sur des fibres textiles. Ce sujet est technique, scientifique et créatif. Il permet de traiter tout au long de l'année l'ensemble des notions et contenus du programme : étudier les champs d'application de la chimie et l'évolution d'une technique ; synthétiser ou extraire des colorants (organiques ou minéraux) ; préparer des solutions, analyser les bains de teinture (dosage par étalonnage et par titrage)...

Le défi pédagogique consiste à placer le projet au centre du module chimie et développement durable : ne pas séparer les heures dédiées au projet du reste des enseignements.

Les séances se déroulent chaque semaine au laboratoire. Les élèves travaillent en équipe de trois ou quatre pendant 2 h. Les objectifs sont planifiés. Lorsqu'une nouvelle technique physico-chimique est mise en œuvre par un groupe, on marque un temps d'arrêt pour qu'il communique aux autres sur son travail et sur l'avancement de ses recherches. L'évaluation se fait par compétences au fil de l'année.

Pour atteindre un objectif aussi ambitieux, il faut dès les premières séances rendre les élèves autonomes au laboratoire et dans leurs recherches : les responsabiliser (« *Je compte sur toi* »), leur faire confiance et laisser leur créativité s'exprimer ; découvrir le projet avec eux ; ne pas chercher forcément à atteindre l'objectif initial ; solliciter des partenaires scientifiques et culturels puis valoriser l'aventure humaine.

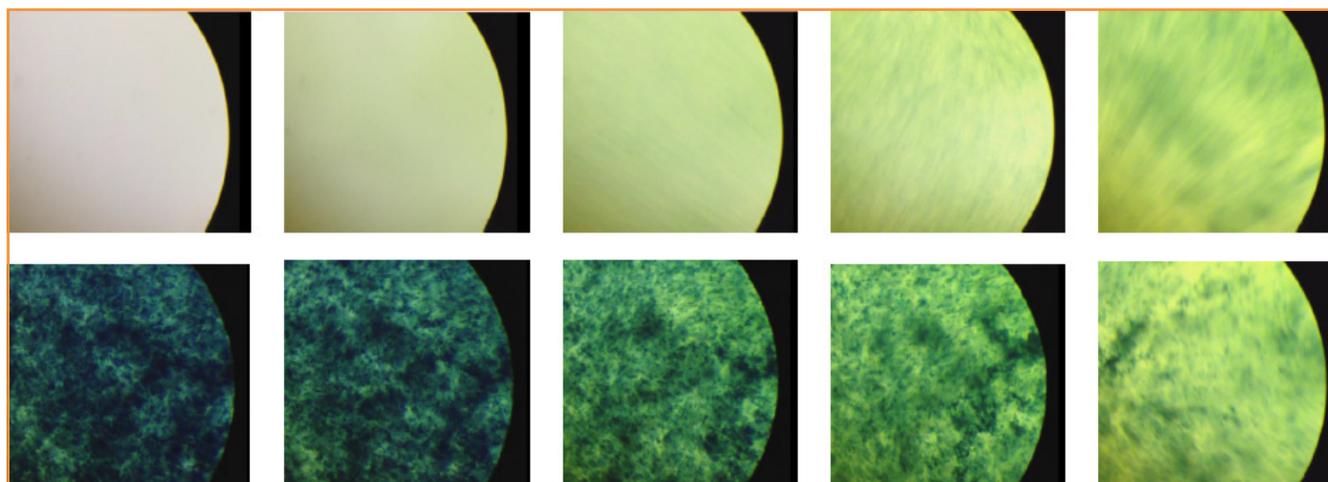
Indigo blue

Contexte

En octobre 2015, les élèves de 1^{ère} STL-SPCL se lancent pendant trois mois dans la réalisation du film *Indigo Blue* [5]. Communiquer en chimie : un enjeu scientifique et pédagogique. La synthèse du bleu indigo est filmée à l'échelle microscopique avec créativité et rigueur ; le chimiste utilise le microscope du biologiste dans une approche interdisciplinaire. Que nous révèlent ces images à l'échelle du micromètre ?

Travail scientifique

Le jeune cinéaste mexicain Javier Rivera Gonzales [6] est un esthète de l'image. Il est pendant trois mois assistant



Formation d'agrégats de bleu indigo filmée au microscope.

d'espagnol au lycée Galilée. Fasciné par les évolutions des couleurs au cours de la synthèse de ce pigment, il filme et initie les élèves à ces captures d'images avec un appareil photo Canon 7D.

Les élèves rencontrent aussi une photographe parisienne, Geneviève Anhoury [7], qui pour son travail sur la pourriture utilise un cellscope (grossissement $\times 80$) emprunté au Fletcher Lab de l'Université de Berkeley en Californie. Les images du film ont été sélectionnées après des dizaines d'essais de capture. En effet, la cinétique de cette synthèse dépend directement des concentrations des réactifs. Le 2-nitrobenzaldéhyde est solubilisé dans l'acétone (solution à $x\%$). Une goutte de ce liquide jaune clair est déposée sur la lame du microscope. Une goutte de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium à $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ est ensuite ajoutée. La vitesse de formation du bleu indigo dépend de la valeur de x . Pour $x = 2$, le rendu est très esthétique : en moins de 10 secondes apparaissent des agrégats bleus de pigment, insolubles dans l'eau à température ambiante.

Interdisciplinarité

Le projet *Indigo Blue* [8] s'inscrit dans la progression du travail du module chimie et développement durable (CDD) et vise à créer du lien avec l'enseignement du module CBSV (chimie, biochimie, sciences du vivant). Les professeurs de sciences de la vie utilisent le microscope pour travailler à l'échelle du micromètre. Au laboratoire de chimie, l'observation des transformations chimiques se fait à l'œil nu. L'idée est simple et tellement innovante : observer la synthèse du bleu indigo au microscope.

Le scénario du film est rédigé par les élèves qui travaillent en équipe avec l'aide d'un professeur de français. Le film ne dure que 4 min et cette vidéo doit être comprise par un public non initié : les mots sont comptés et bien choisis.

L'enseignement technique en langue vivante (ETLV) prend tout son sens pendant le tournage : l'anglais est le seul mode de communication entre les élèves et le réalisateur Javier Rivera. De plus, l'enregistrement des voix pour la version anglaise du film nécessite un travail de répétition minutieux en phonétique, encadré par le professeur d'anglais.

Évaluation

Les séances sont évaluées par compétences (« communiquer », « être autonome, faire preuve d'initiative... »). Ce projet se prête à ce mode d'évaluation ; il valorise la créativité de certains d'entre eux, leur capacité d'adaptation et leurs qualités relationnelles.

Conclusion et perspectives

La pédagogie de projet est stimulante pour tous les acteurs impliqués dans l'aventure. « Uniformes des poilus » et « Indigo Blue » donnent du sens aux différentes disciplines qui se répondent au fil des projets et créent du lien entre les

modules du programme de STL-SPCL [9]. Les élèves ont ressenti une grande fierté en montrant les réalisations à leurs familles et en les diffusant sur Internet. Pour certains d'entre eux, ces projets ont été un facteur déclenchant de motivation pour une poursuite d'études en chimie.

La chimie est un espace de création sans limite ; elle interagit avec toutes les disciplines. Ces deux projets illustrent en couleur un travail interdisciplinaire physique-chimie-histoire-SVT qui pourrait s'étendre à bien d'autres domaines à la manière des ouvrages de la collection « Chimie et... » proposés par la Fondation de la Maison de la Chimie et EDP Sciences [10].

Références

- [1] Vigie M., Pinard L., Un projet exemplaire, *Les Galiléens*, 2014, p. 2, http://eduscol.education.fr/rnchimie/jirec/jirec2015_journal_les_galileens_minc.pdf
- [2] Salpin F., *Laine et colorants : fixation, quantification et vieillissement : étude par spectrométrie Raman*, thèse de doctorat, Université Paris 6, 2008.
- [3] Minc F., *Le projet en 1^{ère} STL-SPCL*, Atelier au JIREC 2015, http://eduscol.education.fr/rnchimie/jirec/jirec2015_le_projet_en_premiere_stl_spcl_minc.pdf
- [4] *Bulletin officiel* spécial n° 3 du 17 mars 2011, 1^{ère} STL-SPCL Enseignements de spécialité module chimie et développement durable, partie « Projet », 2011.
- [5] Minc F., Rivera J., Anhoury G., *Indigo Blue*, 2015, <https://www.youtube.com/watch?v=yPDHcBPIYXQ>
- [6] Javier Rivera Gonzales, cinéaste mexicain (javierrg26@icloud.com).
- [7] Geneviève Anhoury, artiste photographe réalisatrice (www.universcience.tv/rechercher-Genevi%C3%A8ve+Anhoury.html).
- [8] Minc F., *Indigo Blue*, Atelier au JIREC 2015, http://eduscol.education.fr/rnchimie/jirec/jirec2015_indigo_blue_minc.pdf
- [9] *Bulletin officiel* spécial n° 3 du 17 mars 2011, 1^{ère} STL-SPCL Enseignements de spécialité module chimie et développement durable (CDD), Chimie biochimie sciences du vivant (CBSV), Enseignement technologique en langue vivante (ETLV), 2011.
- [10] Collection « Chimie et... », M.-T. Dinh-Audouin, D. Olivier, P. Rigny (coord.), EDP Sciences, <http://laboutique.edpsciences.fr/collection/12/Chimie%20et>.

Bibliographie

- Valeur B., *La couleur dans tous ses éclats*, Belin, 2011.
- Valeur B., *Lumière et luminescence : ces phénomènes lumineux qui nous entourent*, Belin, 2005.
- Cardon D., Du Chatenet G., *Guide des teintures naturelles*, Éditions Delachaux et Nestlé, 2011.
- Cardon D., *Le monde des teintures naturelles*, Belin, 1999.
- Capon M., Courilleau V., Valette C., *Chimie des couleurs et des odeurs*, Éditions Culture et Techniques, 1996.
- Bureau C., Defranceschi M., *Des teintures égyptiennes aux micro-ondes*, Ellipses, 1998.



Freddy Minc

est professeur en BTS chimiste et en classe préparatoire aux grandes écoles ATS Bio au lycée Galilée*.

Il a reçu le **prix de la division Enseignement-Formation 2016**.

* Lycée Galilée, 79 avenue Chandon, F-92230 Gennevilliers.
Courriel : freddy.minc@ac-versailles.fr