

La couleur, un enseignement transdisciplinaire

Nathalie Blanc, Geneviève Canicave, Edith Amadéi-Giuseppi,
Danielle Cachau-Herreillat, Maurice Comtat, Katia Fajerweg et Florence Boulc'h



Les 30^e JIREC se sont déroulées au bord de la Méditerranée à Carry-le-Rouet. Photo : G. Canicave, DR.



Ces journées ont regroupé 130 enseignants de l'enseignement secondaire et supérieur. Photo : G. Canicave, DR.

Les 30^e JIREC

Les 30^e Journées de l'innovation et de la recherche pour l'enseignement de la chimie (JIREC) se sont déroulées à Carry-le-Rouet, entre Marseille et la Camargue, du 25 au 28 mars 2014. Elles ont réuni 130 personnes dont 50 enseignants du secondaire présents grâce aux plans académique et national de formation. La journée de mercredi a été de plus retransmise, grâce au Comité Ambition Chimie et à l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie (UdPPC), dans douze académies, permettant ainsi à 140 personnes de participer à distance à ces journées.

Le thème de la couleur Recherche pour un nouvel enseignement de la chimie

Les cours de chimie constituent au lycée et à l'université une source de difficultés pour de nombreux élèves et



Jean-Marc Pons (directeur de l'UFR Sciences de l'Université d'Aix-Marseille), Pierre Rigat (IA-IPR de l'Académie d'Aix-Marseille), Marie-Blanche Mauhourat (inspectrice générale de l'Éducation nationale), Jean-Charles Mougeneil (président de la division SCF Enseignement-Formation) et Philippe Knauth (président de la section régionale de la SCF) ont ouvert ces 30^e JIREC. Photo : G. Canicave, DR.

étudiants. Lors des JIREC organisées en 2009 à Mulhouse, Mireille Houart nous avait exposé le fait que l'une de ces difficultés est transversale [1]; il s'agit des passages omniprésents entre les trois niveaux de savoir : macroscopique, microscopique et symbolique. Établir les liens entre les trois niveaux de savoir n'est ni évident ni automatique pour les étudiants, alors que cette démarche constituerait une condition pour une compréhension en profondeur des concepts clés en chimie. Au cours des années 1990, Gabel et Johnstone avaient vivement interpellé la communauté des enseignants de chimie à ce sujet en développant le triangle des niveaux de savoir [2-3] (figure 1). Les recherches en didactique encourageaient ainsi vivement les enseignants de chimie à équilibrer leurs cours entre le niveau macroscopique et le niveau symbolique, à savoir entre une approche descriptive et un développement théorique. Cependant, le triangle développé par Johnstone et Gabel souligne-t-il suffisamment les changements que nous devons apporter à notre enseignement pour aider les étudiants à comprendre les cours de chimie et pour ainsi les motiver à nouveau à s'orienter vers des études scientifiques ? Mahaffy affirme le contraire et soutient que les enseignants de chimie doivent mettre l'accent sur une nouvelle dimension au sein de leurs cours [4]. Il a proposé d'étendre le triangle des niveaux de savoir à un tétraèdre, où le quatrième sommet, nommé l'*élément humain*, représente l'ensemble des contextes humains nécessaires pour apprendre la chimie (figure 1).

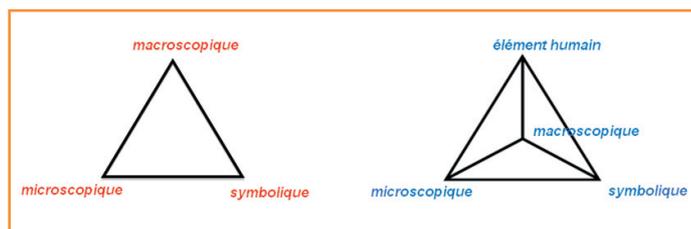


Figure 1 - Au cours des années 1990, Johnstone et Gabel ont développé ce triangle (à gauche) afin de mettre en évidence les trois niveaux de savoir présents au sein d'un enseignement de chimie. En 2006, Mahaffy ajoute au triangle de Johnstone et Gabel une quatrième dimension qu'il nomme *élément humain* (à droite).

À travers cet *élément humain*, Mahaffy souhaite mettre l'accent sur deux nouvelles dimensions de l'enseignement de la chimie. Il s'agit d'une part des changements fondamentaux des contours de la chimie définis maintenant par de nouvelles interfaces et de nouveaux domaines de recherche, d'autre part des changements dans notre compréhension de la façon dont les élèves apprennent. Ainsi, il souhaite sensibiliser les enseignants aux connaissances sociales, historiques, philosophiques et artistiques qui sont liées à notre compréhension des concepts chimiques que nous enseignons aux étudiants. Au sein de son article, Mahaffy illustre l'enseignement tétraédrique de la chimie à partir de différents exemples : la chimie moteur de la vie moderne ; la chimie de notre écosystème planétaire ; les chimistes créateurs ; la chimie de la vie. Dans ce contexte, nous avons choisi de centrer ces JIREC sur l'enseignement de la chimie de la couleur. En effet, la couleur est par essence une notion transdisciplinaire. Enseigner la couleur implique donc de permettre le dialogue entre différentes disciplines et de mettre en évidence l'apport mutuel de la physique, de l'histoire, de la philosophie et des arts à la compréhension de la nature chimique de la couleur.

30^e JIREC : programme des conférences et des échanges pédagogiques

Les conférences suivies d'un astérisque* font l'objet d'une contribution dans ce numéro. Plusieurs d'entre elles sont disponibles sur le site de la Société Chimique de France (www.societechimiquedefrance.fr/1/enseignement-formation.html).

Conférences thématiques

*La genèse des couleurs : dialogue lumière matière**, par Bernard Valeur (Conservatoire des Arts et Métiers, Paris).

*Comprendre le geste du peintre dans son atelier : approches croisées entre chimie et histoire de l'art**, par Philippe Walter (Université Pierre et Marie Curie).

*La couleur des verres et des céramiques : comment jouer avec le feu et la lumière pour colorer les verres et les céramiques**, par Jacques Livage (Collège de France).

Bleu(s), blue(s), chimie, art et société, par Michel Verdaguer (Université Pierre et Marie Curie) (article à venir).

La couleur des pierres, par Bertrand Devouard (Université d'Aix-Marseille).

Innovations et échanges pédagogiques

*Le recours à l'histoire dans l'enseignement des sciences : exemple des couleurs de l'arc-en-ciel**, par Olivier Morizot et Philippe Abgrall (Université d'Aix-Marseille).

*Introduction à la chimie inorganique : théorie du champ cristallin ou théorie des orbitales moléculaires ?**, par François Volatron (Université Pierre et Marie Curie).

L'apprentissage par problèmes : sensibilisation et partage d'expériences, par Aurélien Maurel-Pantel et Juliette Payan (Université d'Aix-Marseille).

*Des environnements numériques pour encadrer la résolution de problèmes expérimentaux et la conception d'expérimentations**, par Isabelle Girault (Université Joseph Fourier Grenoble).

*Enseigner la chimie organique : pour qui, pourquoi et comment ?**, par Xavier Bataille (ENCBP, Paris).

*Les dispositifs de promotion de la réussite en 1^{ère} année à l'Université de Namur**, par Valérie Wathelet (Université de Namur).

*Chimie et couleurs de l'huile d'olive**, par Nathalie Blanc et Geneviève Canicave (Lycée Jean Perrin Marseille).

*Les orbitales moléculaires avec OrbiMol**, par François Volatron, Bénédicte de Bonneval et Patrick Chaquin (Université Pierre et Marie Curie/Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Conférences nocturnes

*Les scientifiques provençaux**, par Maurice Comtat (Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Couleur et musique : de la synesthésie à l'expression artistique, par Bernard Valeur (Conservatoire des Arts et Métiers, Paris).

• www.jirec.fr

De plus, à travers la notion d'*élément humain*, Mahaffy interroge les enseignants à propos de leurs approches pédagogiques. Fort des recherches récentes en didactique de la chimie, il met ici l'accent sur les apprentissages actifs tels que les études de cas, les apprentissages par projets et les résolutions de problèmes. Ainsi, ce tétraèdre symbolise un enseignement qui situe les substances chimiques, les concepts microscopiques et les représentations symboliques dans le contexte authentique des êtres humains qui créent ces substances, de la culture qui les utilise et de l'étudiant qui tente de les comprendre. Cette nouvelle représentation à quatre dimensions nous aide à concevoir un enseignement intégrant le contenu et le contexte, au lieu de mettre l'accent sur l'un au détriment de l'autre.



L'ensemble des conférences a retenu l'attention des participants.
Photo : G. Canicave, DR.

Les conférences thématiques

Bernard Valeur a introduit ces journées en présentant des éléments essentiels du dialogue qui existe entre la lumière et la matière afin de distinguer les couleurs qui sont intimement liées à la nature chimique des objets (pigments, colorants, matériaux luminescents) et celles qui résultent de phénomènes physiques (couleurs par dispersion, par diffusion, par interférences et par diffraction) [5]. Philippe Walter nous a ensuite démontré à quel point associer sciences et histoire de l'art ouvrait des horizons nouveaux quant à la compréhension des œuvres et des artistes [6]. En effet, l'étude physico-chimique de la Joconde a permis d'analyser la manière singulière dont Léonard de Vinci utilisait la technique de *sfumato* [7]. Enfin, Jacques Livage nous a exposé le parallèle qui existe entre l'histoire du verre et de la céramique et l'évolution de la société. Sa démonstration s'étendait depuis le Paléolithique par l'étude des couleurs des fresques de Lascaux jusqu'au XXI^e siècle en référence aux verres dits intelligents. Nous souhaitons ici, à travers ces conférences et en écho à l'*élément humain* développé par Mahaffy, souligner l'apport de disciplines telles que la physique, l'histoire de l'art et la sociologie à la compréhension de notions propres à notre discipline.

Les innovations et les échanges pédagogiques

Parallèlement à ces conférences thématiques et en écho aux propos de Mahaffy, nous avons donné une large place aux innovations pédagogiques au sein de ces journées en tentant de répondre aux questions suivantes :

- L'introduction à la chimie inorganique : théorie du champ cristallin ou théorie des orbitales moléculaires ?
- Pourquoi recourir à l'histoire dans l'enseignement des sciences ?
- Pouvons-nous résoudre des problèmes expérimentaux par des environnements numériques ?
- Comment promouvoir la réussite en première année universitaire ?

Ces conférences ont été suivies d'ateliers d'échanges pédagogiques afin de mettre en évidence les difficultés rencontrées lors de la mise en place de ces enseignements et de présenter des ressources sur ces sujets. Vous trouverez dans les pages suivantes une description succincte des idées développées au sein de ces ateliers.

Les ateliers expérimentaux

Nous avons fait de ces journées un temps fort de partage d'activités expérimentales centrées sur la couleur. À cet effet, une salle était dédiée aux participants désireux de présenter des démonstrations expérimentales, de manipuler et d'assister à des manipulations destinées aux travaux

Le prix de la division SCF Enseignement-Formation

Le prix 2014 a été attribué à **Jacques Livage**, un pionnier dans le domaine de la chimie douce. Ses travaux ont notamment pour but de s'inspirer des procédés de biominéralisation afin d'obtenir des matériaux de type verre dans des conditions particulièrement douces par rapport aux procédés classiques d'obtention. Ses contributions à l'enseignement sont également importantes. À la fin des années 1970, il fonde, avec Jean Rouxel, l'École d'été Galerne consacrée à la chimie douce, puis crée la filière Matériaux à Jussieu. En 2001, nommé professeur au Collège de France sur la chaire de la matière condensée, Jacques Livage présente de nombreuses conférences, dont une série sur le thème de la couleur.



Le prix de la division SCF Enseignement-Formation 2014 remis à Jacques Livage par Patrick Chaquin et Jean-Charles Mougengel (photo : G. Canicave, DR).

pratiques. Chacune de ces expériences est brièvement décrite dans les pages suivantes. Les fiches détaillées de ces ateliers seront prochainement publiées dans le *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie (Le Bup)*.

La table ronde

Enfin, les journées se sont conclues par une table ronde centrée sur les MOOC (« massive open online course », ou cours en ligne ouvert à tous). En effet, le développement des réseaux de communication offre aujourd'hui des formations ouvertes au plus grand nombre. Ainsi, des formations en ligne basées sur des vidéos, des recommandations de lecture et des tests de positionnement permettent aux apprenants, outre l'accès à ces ressources, de partager et

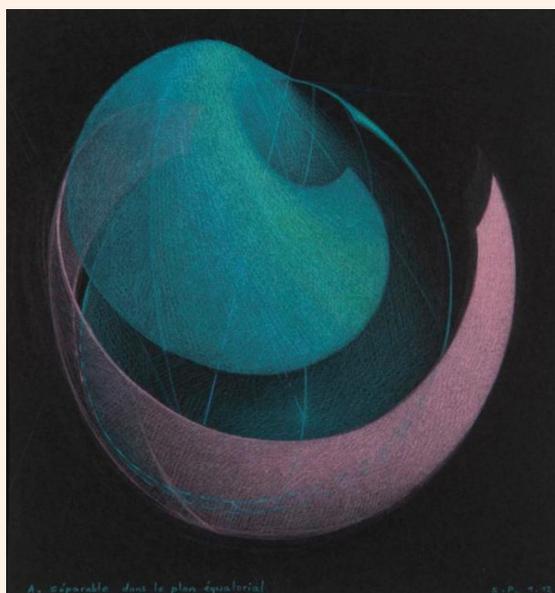


Tout au long de ces journées, une salle était dédiée aux participants désireux de présenter des démonstrations expérimentales et d'assister à des manipulations. Photo : G. Canicave, DR.



Les JIREC sont depuis leur création caractérisées par des moments de convivialité et d'animation qui permettent aussi de nombreuses discussions relatives à l'enseignement entre les participants. Photo : G. Canicave, DR.

L'affiche des JIREC



Série *The Myth of Interiority (A)/Séparable (1)*.
Crayons de couleurs sur papier noir, 28 x 29 cm, 2012.
Collection Galerie Sintitulo, Mougins (photo : Claude Almodovar, DR).

L'affiche des JIREC a été réalisée à partir d'un tableau de Sylvie Pic à propos duquel l'artiste écrit ces quelques lignes : « *Dans mon travail, à part des bleus profonds et des bruns denses, j'utilise très peu la couleur, mon souci fondamental étant la forme. Celle qui apparaît sur ce dessin, que j'ai baptisée Möbius' shell, n'est qu'une extension du célèbre anneau de Möbius et topologiquement identique à lui. La fonction de la couleur est ici analytique : vert et rose presque complémentaires servent à faire ressortir la bande de Möbius qui structure la forme. Enlever cette bande (rose) ne sépare pas le reste de la forme (verte) en deux morceaux. Parce qu'elle est unilatère, elle reste continue.* »

d'échanger au sein d'une communauté pour construire leur savoir. Cependant, cette approche pédagogique soulève de nombreuses questions. Nous vous invitons à lire dans les pages suivantes les propos de Patrice Thiriet à ce sujet en tant que responsable du MOOC FOVEA de l'Université Claude Bernard de Lyon.

La présentation de ces journées ne serait pas complète sans l'évocation de leur convivialité, à l'image de l'apéritif

Le thème de la couleur et la licence « Sciences et Humanités »

Nous avons choisi le thème de la couleur en écho à l'unité d'enseignement *Optique, Vision, Couleurs* développée au sein de la licence Sciences et Humanités mise en place à l'Université d'Aix-Marseille en septembre 2012 [8-11].



Ce tableau a été réalisé par Lucie Muller dans le cadre de ce cours qui se déroule en trois temps avec :

- une approche historico-sociologique de la couleur bleue qui a pour objectif de mettre en lumière comment une couleur est une construction sociale et culturelle ;
- une approche historico-chimique des pigments bleus à l'issue de laquelle les étudiants conçoivent un protocole expérimental destiné à préparer un pigment ;
- une approche artistique dans l'idée d'utiliser ces pigments et d'expérimenter la matérialité de la couleur.

Le tableau de Laura Beullier a été choisi pour réaliser la couverture de ce numéro.

provençal, du concours de pétanque et de la soirée dans la calanque de Niolon.

À l'heure où nous mettons ce numéro en page, les JIREC 2015 « Parler, écrire, communiquer, formuler sa pensée en chimie » viennent de se terminer et donneront lieu à un nouveau numéro.

Les prochaines Journées pour l'Innovation et la Recherche dans l'Enseignement de la Chimie (JIREC 2016)

se dérouleront à Lyon **du lundi 11 janvier à 19 h au jeudi 14 janvier 2016 à 13 h.**

Le fil conducteur de ces **JIREC 2016** est centré sur la thématique « **Chimies et vérités** ». Seront ainsi abordées les problématiques pédagogiques liées à l'incertitude de mesure, la notion de modèle en chimie, la vulgarisation scientifique, la simulation, rassemblant des réflexions allant des sciences dures aux sciences humaines.

Remerciements

Florence Boulc'h remercie très chaleureusement Geneviève Canicave, Nathalie Blanc et Edith Amadéi pour leur aide précieuse à l'organisation de ces JIREC. De même, elle remercie très amicalement Danielle Cachau-Herreillat et Maurice Comtat pour la touche personnelle qu'ils ont su apporter à ces journées. Elle dédie cet article à Françoise Rouquerol qui l'amenait, voilà déjà dix ans, à ces premières journées.

Les auteurs remercient la division SCF Enseignement-Formation pour son engagement dans la réussite de ces journées et tout particulièrement Bénédicte de Bonneval, Patrick Chaquin, Jérôme Randon, Marie Guitou et Gilberte Chambaud. Ils remercient également l'Université d'Aix-Marseille et les sociétés Bruker, De Boeck et Dunod pour leur soutien financier, ainsi que les rapporteurs des différents articles pour leurs commentaires et suggestions, et enfin l'ensemble des participants et des conférenciers pour leur contribution à la réussite de ces journées.

Références

- [1] Houart M., La communication pédagogique en cours magistral de chimie : peut-on améliorer son efficacité ?, *L'Act. Chim.*, **2010**, 341, p. 29.
- [2] Johnstone A.H., Thinking about thinking, *Intl. J. Chem. Educ.*, **1991**, 36, p. 7.
- [3] Gabel D., Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding, *J. Chem. Educ.*, **1993**, 70, p. 193.
- [4] Mahaffy P., Moving chemistry education into 3D: a tetrahedral metaphor for understanding chemistry. Union Carbide Award for chemical Education, *J. Chem. Educ.*, **2006**, 83, p. 49.
- [5] Valeur B., *La couleur dans tous ses éclats*, Belin, **2011**.
- [6] *La chimie et l'art. Le génie au service de l'homme*, M.-T. Dinh-Audouin, R.A. Jacquesy, D. Olivier, P. Rigny (coord.), EDP Sciences, Collection L'Actualité Chimique-Livres, **2010**.

- [7] Walter P., Cardinali F., *L'Art-Chimie, Enquête dans le laboratoire des artistes*, Éditions Michel de Maule/Fondation de la Maison de la Chimie, Paris, **2013**.
- [8] <http://licencesh.hypotheses.org>
- [9] Boulc'h F., Andrieux M., Morizot O., Audureau E., Anglade M., Hagel G., La transdisciplinarité ou l'art d'enseigner la chimie du bleu, *L'Act. Chim.*, **2013**, 374, p. 30.
- [10] Boulc'h F., Briend J.Y., Enseigner la chimie de manière créative, *L'Act. Chim.*, **2014**, 385, p. 18.
- [11] Morizot O., Audureau E., Briend J.Y., Hagel G., Boulc'h F., Introducing the *human element* in chemistry by synthesizing blue pigments and creating cyanotypes in a first-year chemistry course, *J. Chem. Educ.*, **2015**, 92(1), p. 74.

Alerts & Events
Videos & Blogs
News & Articles

Join - register - benefit
with 300.000+ users on the platform!

Easy - fast - exciting
updated every day for you and your work!

Spot your favorite content:
ChemistryViews.org

ChemPubSoc Europe WILEY-VCH



N. Blanc



G. Canicave



E. Amadéi-Giuseppi



D. Cachau-Herreillat



M. Comtat



K. Fajerweg



F. Boulc'h

Nathalie Blanc et **Geneviève Canicave** sont enseignantes, **Edith Amadéi-Giuseppi**, agrégée de chimie (BTS chimie), au lycée Jean Perrin de Marseille¹.

Danielle Cachau-Herreillat est maître de conférences retraitée de l'Université de Montpellier II².

Maurice Comtat est professeur émérite, Laboratoire de Génie chimique, Université Toulouse III-Paul Sabatier³.

Katia Fajerweg est maître de conférences au Laboratoire de Chimie de Coordination (LCC), Université Toulouse III-Paul Sabatier⁴. Elle assure la coordination des dossiers JIREC publiés dans l'*Actualité Chimique* depuis les JIREC de 2007 et est également chargée de la rubrique « Enseignement et formation ».

Florence Boulc'h (auteure correspondant) est maître de conférences au Laboratoire MaDiREL, Université d'Aix-Marseille⁵. Elle était responsable de l'organisation des JIREC 2014.

¹ Lycée Jean Perrin, 74 rue Verdillon, F-13010 Marseille.

Courriels : nathalie.blanc@ac-aix-marseille.fr ; canicavegenevieve@yahoo.fr ; edithamadei@gmail.com

² Courriel : d.cachau@aliceadsl.fr

³ Laboratoire de Génie chimique, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse.

Courriel : comtat@chimie.ups-tlse.fr

⁴ LCC CNRS, 205 route de Narbonne, F-31077 Toulouse.

Courriel : katia.fajerweg@lcc-toulouse.fr

⁵ Université d'Aix-Marseille, Laboratoire MaDiREL, UMR 7246, Avenue Escadrille Normandie Niemen, F-13397 Marseille.

Courriel : florence.boulch@univ-amu.fr