



La lettre du Collège de France

30 | décembre 2010
La Lettre n° 30

Fête de la science 2010

Guillaume Muller et Frédéric Colbeau-Justin



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/lettre-cdf/840>
DOI : 10.4000/lettre-cdf.840
ISBN : 978-2-7226-0113-0
ISSN : 2109-9219

Éditeur

Collège de France

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2010
Pagination : 19-21
ISSN : 1628-2329

Référence électronique

Guillaume Muller et Frédéric Colbeau-Justin, « Fête de la science 2010 », *La lettre du Collège de France* [En ligne], 30 | décembre 2010, mis en ligne le 01 février 2011, consulté le 17 août 2022. URL : <http://journals.openedition.org/lettre-cdf/840> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/lettre-cdf.840>

Ce document a été généré automatiquement le 17 août 2022.

Tous droits réservés

Fête de la science 2010

Guillaume Muller et Frédéric Colbeau-Justin



© P. Imbert, Collège de France

- 1 À l'occasion de la semaine nationale de la Fête de la Science, les doctorants et post-doctorants du laboratoire Chimie de la matière condensée de Paris ont entrepris d'organiser un événement intitulé, comme en 2009, « Faites de la Science au Collège de France ». Ils ont ainsi mis en place plusieurs stands permettant d'illustrer et d'expliquer, par le biais d'expériences ludiques et visuelles, différents concepts de physique et de chimie.
- 2 Sept classes du lycée Le Corbusier d'Aubervilliers étaient invitées les 21 et 22 octobre. Les lycéens ont fait montre d'un réel intérêt pour les expériences et ont apprécié la dimension interactive des présentations : « Faites de la Science » était bien une invitation à participer, et les spectateurs pouvaient mettre la main à diverses expériences.
- 3 Les thèmes abordés allaient de la physique fondamentale à la chimie douce en passant par la cuisine moléculaire, les énergies du futur et les nanotechnologies.

Stands inspirés des cours de Jacques Livage « chimie douce » et « couleur et lumière »

Chimiluminescence

Comment peut-on créer de la lumière à partir d'une réaction chimique ?

- 4 Lors de la réaction entre deux molécules chimiques, une nouvelle molécule dite « excitée » est obtenue. Cette molécule dans un état instable va retourner à son état dit « fondamental » en émettant une lumière qui peut être visible. Nous appelons ce phénomène la chimiluminescence puisque cette lumière provient d'une réaction chimique. Par exemple, le luminol et l'eau oxygénée en réagissant ensemble créent une molécule qui, en se désexcitant, émet une intense lumière bleue. Cette réaction peut être accélérée en présence d'un catalyseur comme un sel de fer. Un principe analogue basé sur la chimiluminescence est aussi utilisé dans les bracelets lumineux ou les bâtons de sécurité routière qui, en se cassant, permettent le mélange de deux réactifs et ainsi la création de lumière.

Sol-gel coloré

Comment créer du verre coloré à basse température ?

- 5 Le verre est traditionnellement élaboré à partir de silice fondue au dessus de 1000°C. Cependant, en s'inspirant de la nature, des chercheurs ont développé une voie de synthèse pour produire du verre à basse température. Cela permet non seulement de consommer moins d'énergie mais en plus de créer toute une nouvelle gamme de matériaux hybrides inorganiques / organiques originaux. En effet, la matière organique brûle à 400°C et ne résiste pas au processus standard de fabrication du verre. Cette nouvelle voie de synthèse, appelée « sol-gel » comprend deux étapes : l'hydrolyse et la condensation. En présence d'eau, les précurseurs de silice $\text{Si}(\text{OR})_4$ s'hydrolysent pour former des espèces $\text{Si}(\text{OH})_4$ réactives qui, à travers des réactions successives de polycondensation, conduisent à la formation de gels. Les applications de ces matériaux sont nombreuses, on peut citer les verres colorés (les lasers à colorants solides), les revêtements fonctionnels sur des vitres et pour la micro-optique et micro-électronique, les capteurs et les bio-capteurs, etc.

Jardins minéraux

Comment cultiver des jardins chimiques ?

- 6 C'est ce que la chimie se propose de réaliser en faisant croître, de manière étonnante, des architectures semblables à s'y méprendre au vivant. La pousse de ces minéraux peut s'expliquer par deux phénomènes chimiques différents : l'osmose et la chimie sol-gel. Dans ce dernier cas, l'insertion d'une solution de cation métallique (fer, cuivre, cobalt, etc.) dans une solution basique de silicate de sodium va entraîner localement une modification de pH. Le silicate de sodium, très sensible au pH, se condense autour du cation qui se retrouve bloqué dans un réseau de silice. On est ainsi capable de contrôler la croissance de structures minérales qui ressemblent à des arbres. De plus,

suivant le cation utilisé, ces plantes minérales peuvent avoir des couleurs différentes : orange pour le fer, bleu pour le cuivre, etc.

Cuisine moléculaire

Quand la chimie se mêle à la cuisine.

- Comment créer des perles liquides aromatisées ?

- 7 L'alginate est issu d'algues brunes séchées, lavées et broyées. Il est composé de longs brins de polysaccharides. L'alginate de sodium possède des groupements chargés négativement (COO^-). Lorsqu'on mélange dans l'eau de l'alginate et des ions calcium Ca^{2+} , un ion Ca^{2+} va relier entre eux deux brins d'alginate en s'accrochant aux groupements COO^- . Le liquide devient alors plus épais et plus dur : formant un gel de même texture que la confiture. En mélangeant par exemple de l'alginate à du sirop de menthe et en versant de petites gouttes de ce mélange dans une solution de calcium, on obtient des perles au sirop de menthe constitué d'un milieu liquide et d'une coque gélifiée.

- Comment faire des meringues à l'azote liquide ?

- 8 Lorsqu'on les fouette, on introduit des bulles d'air dans l'eau des blancs d'œuf. Plus on fouette, plus les bulles d'air sont petites et plus la neige est ferme. Les protéines contenues dans le blanc d'œuf se déploient par l'action du fouet et forment un film à la surface de la bulle. Ce film stabilise les bulles et les empêche de fusionner. Que se passe-t-il si l'on plonge la préparation à base de blanc d'œuf battu en neige dans l'azote liquide ? La température de l'azote liquide est de -196°C , bien en dessous de la température ambiante. À cette température, le blanc d'œuf gèle instantanément. L'extérieur des meringues en contact direct avec l'azote se rigidifie formant avec le temps une meringue à l'azote liquide.

La matière hydrophile et hydrophobe

Comment modifier le caractère hydrophile / hydrophobe d'une surface ?

- Par la texturation de surface. La feuille de lotus est un exemple de surface hydrophobe (qui n'aime pas l'eau). Sa surface est recouverte d'innombrables reliefs micrométriques qui sont autant de minuscules plots : la goutte d'eau se dépose sur le sommet des plots sans jamais toucher la surface interne de la feuille, comme sur un tapis de fakir. Ainsi, les gouttes d'eau perlent et roulent sur la surface sans la mouiller. Pour créer un matériau hydrophobe, il suffit de copier cette surface en laboratoire. Il suffit de recréer sur un matériau adéquat ce type de texture par un processus de nano-impression, comme un tampon qui imite la surface de la feuille de lotus.
- Par ajout de groupement chimique en surface : il existe des groupements chimiques hydrophiles et d'autres hydrophobes. Par exemple, la surface du verre et du sable présentent des groupements hydroxyles OH qui sont hydrophiles : la goutte s'étale donc. Au contraire, à la surface des poêles Tefal, on trouve des groupements CF_3 hydrophobes : donc la goutte est sphérique et roule. Si on veut rendre le verre ou le sable plus hydrophobe, on peut donc ajouter en surface des groupements chimiques hydrophobes, tels que des CF_3 . On obtient alors du sable « magique » : il ressort sec d'un béccher plein d'eau, et permet de faire sous l'eau des sculptures en trois dimensions.

Les nanotechnologies

Quelle est l'échelle de taille des nanoparticules ? Comment les fabriquer ? à quoi servent-elles ?

- 9 Les nanoparticules sont des objets de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres (10⁻⁹ m). Contrairement à ce qu'on peut lire parfois, il ne s'agit pas de l'infiniment petit : les atomes et les électrons sont beaucoup plus petits encore.
- 10 Il existe deux grandes voies de synthèse des nanoparticules. La première est l'approche descendante appelée *top-down* : on broie un matériau massif pour obtenir des particules de taille nanométrique. La seconde est l'approche ascendante dite *bottom-up* : on « colle » des petites molécules les unes aux autres jusqu'à l'obtention des nanoparticules.
- 11 L'oxyde de titane, TiO₂, sous forme de nanoparticules est le photocatalyseur le plus utilisé aujourd'hui, c'est un semi-conducteur capable d'absorber des rayonnements ultraviolets. À la surface du photocatalyseur se produisent des réactions de dégradation de molécules organiques adsorbées. Il suffit donc d'illuminer TiO₂ avec de la lumière UV pour dégrader toutes sortes de molécules organiques en CO₂ et H₂O. Ce principe est utilisé pour dépolluer l'eau ou l'air sous l'action, soit d'une lampe UV, soit de la lumière du soleil. C'est sur ce principe que sont développées les vitres auto-nettoyantes.
- 12 La magnétite, composée d'oxyde de fer Fe₃O₄, peut être mélangée à un liquide organique (l'octane) et du fait de ses propriétés magnétiques, en approchant un aimant de ce fluide, on peut donner au ferrofluide toute une gamme de morphologies. On voit apparaître des pics caractéristiques de l'influence du champ magnétique produit par l'aimant. Les ferrofluides ne sont pas seulement spectaculaires : l'an dernier, une équipe a proposé de les utiliser dans la lutte contre le cancer pour mieux cibler les zones infectées.

Le magnétisme

Qu'est ce que le magnétisme ?

- 13 Le magnétisme est une propriété électronique. Les électrons possèdent une charge négative et leur mouvement de rotation induit un faible champ magnétique. Lorsque les électrons sont animés de mouvements stochastiques non coordonnés, ces petits champs magnétiques s'annulent entre eux. Par contre, quand les électrons présentent un mouvement collectif, les petits champs s'additionnent pour donner un grand champ magnétique permanent : c'est ce qui se passe dans le cas des aimants. Les expériences réalisées sur le stand permettent de visualiser le champ magnétique. Avec des aimants et de la limaille de fer, il est possible de voir les « lignes de champs » qui sont issues du champ magnétique.
- 14 Il existe dans la nature des matériaux qui ne sont pas des aimants mais qui réagissent sous l'influence d'un aimant. Dans leur état normal, les électrons de ces matériaux ont des mouvements incohérents. En revanche, s'ils sont disposés à proximité d'un champ magnétique, les électrons s'organisent et produisent un champ magnétique, qui disparaît quand on éloigne l'aimant. C'est le cas du fer, du cobalt mais aussi du dioxygène. Une expérience consiste à liquéfier de l'oxygène grâce à de l'azote liquide.

Quand on approche un aimant des gouttes d'oxygène, elles sont attirées par l'aimant ! Le magnétisme ne dépend pas de l'état de la matière, c'est un phénomène purement électronique.

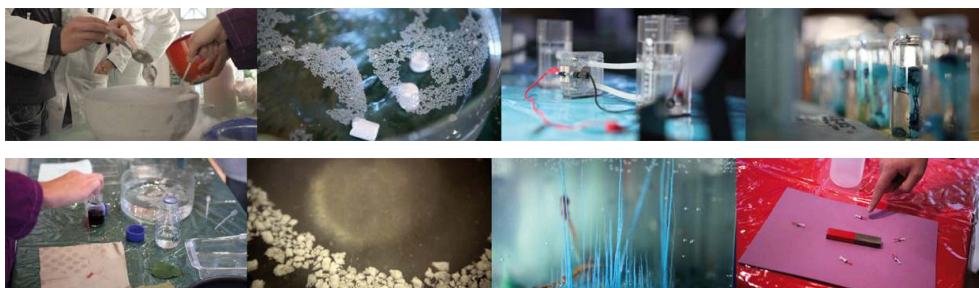
Les énergies du futur

Quelles sont-elles ?

- 15 On cherche pour le futur des énergies renouvelables. De nombreuses sources d'énergie renouvelable sont à notre disposition : l'énergie solaire, éolienne, géothermique, l'hydraulique ainsi que l'énergie de la biomasse sont les plus importantes.

Comment peut-on capter l'énergie, la stocker, la réutiliser ?

- 16 Dans le cas de l'énergie solaire, on peut produire de l'électricité à partir d'une cellule photovoltaïque. Cette cellule est constituée de deux couches de silicium où on a introduit du bore pour la couche électroniquement positive et du phosphore pour la couche électroniquement négative : c'est ce qu'on appelle une jonction PN. Cette jonction permet de séparer les charges et utilise l'énergie du soleil (rayonnement ultraviolet) pour faire circuler les charges (électrons) passant dans un circuit électrique.
- 17 L'électricité produite est alors soit stockée dans des batteries, soit transformée en un vecteur gazeux, le dihydrogène (H_2). Cette deuxième solution de stockage est réalisée par électrolyse, un procédé qui forme du dihydrogène et du dioxygène grâce à l'énergie électrique apportée par une énergie renouvelable (comme le soleil). Quand ensuite on a besoin à nouveau d'énergie électrique, on inverse le processus en utilisant une pile à combustible qui libère l'énergie chimique contenue dans les gaz en énergie électrique.
- 18 Le cycle de l'énergie est alors réalisé, de sa source renouvelable à son utilisation en passant par son stockage.



© P. Imbert, Collège de France

L'association des CHADOC (CHercheurs Associés et DOctorants du Collège de France) a tenu le 27 octobre dernier son assemblée générale annuelle, au cours de laquelle a été institué un nouveau bureau. L'association souhaite répondre aux besoins des jeunes chercheurs en développant un réseau social (activités conviviales, site Internet pour le réseau des anciens) et en soutenant des projets scientifiques. Elle a institué la possibilité d'un soutien financier et logistique pour la tenue de séminaires, colloques ou conférences dont l'initiative serait prise par un jeune chercheur.

À cette fin, l'association dispose d'un budget de fonctionnement autonome. Elle

s'efforce de développer des financements extérieurs afin de soutenir ses projets et d'assurer sa pérennité.

Matthieu Vernet

Président des CHADOC

association.chadoc@college-de-france.fr



de gauche à droite : Cécile Galanth, Thomas Fontecave, Benjamin Le Ouay, Tamar Saison, Matthieu Vernet, Guillaume Muller, Frédéric Colbeau-Justin, Céline Redard, Katia Juhel

© P. Imbert, Collège de France

RÉSUMÉS

« Faites de la Science », événement organisé par Guillaume Muller et Frédéric Colbeau-Justin, laboratoire de Chimie de la matière condensée de Paris, du 21 au 23 octobre 2010

AUTEURS

GUILLAUME MULLER

Doctorant, laboratoire de Chimie de la matière condensée de Paris

FRÉDÉRIC COLBEAU-JUSTIN

Doctorant, laboratoire de Chimie de la matière condensée de Paris