



La lettre du Collège de France

31 | juin 2011
La Lettre n° 31

Chimie des matériaux hybrides

Extraits de la leçon inaugurale prononcée le 10 février 2011

Clément Sanchez



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/lettre-cdf/1181>

DOI : 10.4000/lettre-cdf.1181

ISBN : 978-2-7226-0151-2

ISSN : 2109-9219

Éditeur

Collège de France

Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2011

Pagination : 7

ISSN : 1628-2329

Référence électronique

Clément Sanchez, « Chimie des matériaux hybrides », *La lettre du Collège de France* [En ligne], 31 | juin 2011, mis en ligne le 25 novembre 2011, consulté le 17 août 2022. URL : <http://journals.openedition.org/lettre-cdf/1181> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/lettre-cdf.1181>

Tous droits réservés

Clément Sanchez

Chimie des matériaux hybrides

Extraits
de la leçon
inaugurale
10 février
2011

En chimie, le terme d'hybridation est associé au modèle des orbitales hybrides dont les plus simples, nommées sp^3 , sp^2 , sp , sont générées par la combinaison des orbitales atomiques 2s et 2p de la couche de valence du carbone. C'est sur cette base que Linus Pauling, prix Nobel en 1954, proposa le modèle de l'hybridation pour décrire les liaisons chimiques entre atomes.

Pour un chimiste, cette dénomination sp^n se traduit par l'image d'un tétraèdre, d'une molécule plane ou linéaire – les plus simples correspondent respectivement à la molécule de méthane, d'éthylène et d'acétylène. L'hybridation est donc utilisée pour décrire la liaison chimique, qui est bien le cœur de la chimie. Le concept d'hybridation est aussi pertinent pour concevoir et construire des matériaux permettant de marier deux mondes (organique-biologique et minéral) apparemment antagonistes.

Les composés organiques et minéraux ont des propriétés différentes. Les minéraux sont généralement denses, ont une bonne stabilité thermique et temporelle, et des propriétés mécaniques spécifiques : souvent durs et cassants, usinables à chaud. Les composés organiques sont peu denses, plus facilement déformables, thermiquement fragiles, etc. Certains d'entre eux peuvent s'auto-réparer, voire se répliquer. Ces différences, associées au fait que, pendant des siècles, la plupart des molécules organiques de synthèse n'ont pu être obtenues qu'à partir d'éléments biologiques, ont conduit au XVIII^e siècle à l'hypothèse d'une "force vitale" expliquant la formation de la matière organique au sein des êtres vivants. En 1828, en obtenant de l'urée, composé organique, par chauffage d'un composé minéral : l'isocyanate d'ammonium, Frederick Wöhler mit fin à la croyance vitaliste et créa un premier pont entre les deux mondes, minéral et organique. Cette découverte aurait pu unifier la chimie, mais les dichotomies établies entre chimie organique et chimie minérale, chimie moléculaire et chimie du solide furent longues à céder.

Pourtant, dans le monde vivant, la nature est souvent amenée à hybrider l'organique et le minéral : les métallo-enzymes sont au cœur de la photosynthèse et d'autres processus biologiques, et les matériaux du monde vivant – os, carapaces des crustacés, etc. – montrent que la nature ne nous a pas attendus pour créer des biomatériaux hybrides, des nanocomposites organo-minéraux très performants.

Les processus de biominéralisation observés dans la nature mettent en jeu des assemblages chimiques réalisés selon une construction ascendante, à partir d'entités moléculaires ou macromoléculaires, dans des conditions "douces" de température.

La chimie des matériaux hybrides prend sa source dans une chimie douce respectueuse de l'environnement.

Basée sur des réactions de polymérisation minérale réalisées à faible température à partir de précurseurs moléculaires, en milieux aqueux ou hydroalcooliques, elle exploite la souplesse et la versatilité de la chimie moléculaire et supramoléculaire et permet d'élaborer des matériaux sur mesure en suivant des approches de construction "légochimiques".

Ces matériaux hybrides envahissent déjà de nombreux domaines d'application (automobile, textile, emballage, construction, micro-optique, micro-électronique, revêtements fonctionnels, sciences environnementales et biomédicales...).

L'ensemble des stratégies couplant chimie douce, chimie supramoléculaire, hybridation organo-minérale ou bio-minérale, physicochimie au sens large, incluant matière molle, processus dynamiques et diffusionnels et ingénierie des procédés, ont créé un puissant courant de recherche, la chimie dite "intégrative", qui nourrit déjà une branche innovante de la science des matériaux. Je suis convaincu que ce domaine émergent et multidisciplinaire ira bien au delà d'une simple intégration, aussi bien au niveau des architectures accessibles que des applications résultantes. Il devrait, dans le futur, rendre accessibles d'inaccessibles étoiles.

Clément SANCHEZ

Directeur du laboratoire de Chimie de la matière condensée depuis 1999.
Directeur de l'UMR CNRS UPMC 7574, depuis 2005.
Prix Gay Lussac – Humboldt 2008, membre de l'Académie des sciences (2011).

