



« CHIMIE ET ENERGIE SOLAIRE »

Organisateurs : **Christian AMATORE** et **Philippe SAUTET**,
Membres de l'Académie des sciences

Mardi 5 mai 2015 de 14h30 à 17h30

Académie des sciences – Grande salle des séances
23 quai de Conti, 75006 Paris

14h30 Introduction

Philippe SAUTET, *Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche au CNRS, Laboratoire de chimie, Ecole normale supérieure de Lyon*

14h35 Conversion de l'énergie solaire en carburant avec la « feuille artificielle » Solar-to-Fuels Conversion with the artificial Leaf

Daniel NOCERA, *Professor, Department of Chemistry and Chemical Biology at Harvard University in Cambridge, USA*

15h05 Questions / discussion

15h15 Lumière et énergie, la production d'électricité et de combustibles par photosynthèse artificielle

Michael GRAETZEL, *Professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Suisse, Laboratory of Photonics and Interfaces*

15h45 Questions / discussion

15h55 Mégabatteries et hydrogène : Stockage pour les énergies renouvelables »

Hubert GIRAULT, *Professor, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Suisse, Institute of chemical sciences and engineering,*

16h25 Questions / discussion

16h35 Débat / conclusion



Solar-to-Fuels Conversion with the artificial Leaf

Daniel NOCERA

The artificial leaf accomplishes a solar fuels process that captures the elements of photosynthesis – the splitting of water to hydrogen and oxygen using light from neutral water, at atmospheric pressure and room temperature. Solar-to-hydrogen efficiencies as high as 10% have now been achieved. To truly emulate photosynthesis, we have advanced our initial design of the artificial leaf by demonstrating a path to biomass and liquid fuels. A bio-engineered bacterium has been developed to convert carbon dioxide, along with the hydrogen produced from the artificial leaf, into biomass and fusel alcohols. In this hybrid microbial | artificial leaf system, unprecedented solar-to-biomass and solar-to-liquid fuels yields have been achieved.

Lumière et énergie, la production d'électricité et de combustibles par photosynthèse artificielle

Michael GRAETZEL

Le plus grand défi que doit sans doute relever la société mondiale est de trouver comment remplacer les sources d'énergies fossiles, qui s'épuisent lentement mais sûrement, par des énergies renouvelables tout en prévenant les effets néfastes des systèmes actuels d'approvisionnement en énergie sur le climat, l'environnement et la santé. La qualité de la vie humaine tient dans une large mesure à la disponibilité de sources d'énergie propres. La consommation mondiale d'électricité devrait doubler ces trente prochaines années en raison de l'essor démographique et de la demande accrue d'énergie des pays en développement. Ce qui va accélérer l'épuisement des réserves d'énergies fossiles, tout en aggravant encore la pollution et l'effet de serre. Ce tarissement des ressources va creuser un énorme déficit énergétique de 14 TW d'ici 2050, soit l'équivalent de la consommation totale actuelle, ce qui pourrait susciter une crise d'envergure planétaire. L'énergie solaire est appelée à prendre une place essentielle dans la production d'énergie de demain. Mais capter l'énergie solaire et la convertir en électricité ou en combustibles chimiques, comme l'hydrogène, et cela à bas prix et en utilisant des matières premières disponibles en abondance, reste un défi colossal. En s'inspirant des processus de photosynthèse des plantes vertes, nous avons conçu des photosystèmes recourant à de minuscules particules de pigment d'une taille comprise entre 2 et 100 nanomètres (1 nm = un millionième de millimètre) qui -une fois recouvertes d'une couche de colorant - permettent de capter efficacement l'énergie solaire et de la convertir en électricité.



Comme la chlorophylle dans une feuille de plante verte, un colorant absorbe la lumière solaire et génère une charge électrique recueillie dans une structure nanométrique de dioxyde de titane (TiO_2) portant le sensibilisateur. Les nanoparticules de TiO_2 font fonction d'accepteur d'électrons, et dirigent les électrons vers le circuit extérieur, où leur passage produit de l'énergie électrique. Ces bons résultats et l'excellente stabilité à long terme des cellules ont conduit aux premières applications commerciales ; la production industrielle de modules à cellules Graetzel est actuellement de l'ordre de plusieurs dizaines de MW/an. Récemment ces cellules à colorant ont donné naissance à une nouvelle génération très prometteuse de dispositifs photovoltaïques utilisant des perovskites pour capter la lumière du soleil. Ces matériaux montrent des propriétés extraordinaires qui ont permis d'atteindre en très peu de temps des rendements de conversion au-dessus de 20%. Nos idées novatrices ont aussi été utilisées pour la production solaire de combustibles comme l'hydrogène extrait de l'eau, ou encore le stockage de l'électricité en accumulateurs lithium-ion de grande puissance.

Mégabatteries et hydrogène : Stockage pour les énergies renouvelables

Hubert GIRAULT

L'évolution du marché électrique avec des cours fluctuants et le développement de productions distribuées d'origine solaire renforcent plus que jamais les besoins de stockage décentralisé de l'énergie électrique. Depuis quelques années, des mégabatteries dont les puissances dépassent le mégawatt, se profilent comme une alternative économiquement compétitive pour équilibrer le réseau électrique basse et moyenne tension et pour le stockage journalier de l'énergie photovoltaïque.

Après une présentation rapide des différents types de mégabatteries, nous présenterons nos travaux sur la production d'hydrogène à partir de vanadium (II) en milieu acide sulfurique sur un catalyseur de carbure de molybdène. Le concept de cette approche est d'absorber les excès temporaires de production électrique et de maintenir l'état de charge d'une batterie redox au vanadium en conditions optimales en stockant ces excès sous forme d'hydrogène. En particulier, nous introduirons les bases des batteries redox, de la catalyse redox et le réacteur pilote développé pour cette production.

Finalement, nous présenterons des résultats préliminaires sur le développement de cellules photo-ioniques pour la conversion directe de l'énergie solaire en énergie redox. Le principe de ces cellules est basé sur des systèmes liquides biphasiques. Un colorant cationique aqueux (e.g. Azurène) est photo-excité et réduit par un donneur d'électrons aqueux tel que la forme réduite du colorant soit extraite dans la deuxième phase organique. Les photo-produits sont physiquement séparés stockant ainsi une partie de l'énergie solaire. Ces photo-produits peuvent être alors utilisés dans une cellule électrochimique pour capturer l'énergie de la réaction inverse et produire de l'électricité à la demande.