



Renforcer la recherche en Chimie dans les domaines de l'énergie et de l'environnement

Jean-Marie TARASCON est nommé titulaire de la nouvelle chaire

Chimie du solide et de l'énergie

- Leçon inaugurale, le jeudi 23 janvier à 18h00 -

La chimie, science de la synthèse et de la transformation de la matière, va jouer un rôle majeur dans les réponses que la science devra apporter aux préoccupations nouvelles de l'humanité, notamment face aux problématiques environnementales. Au regard de l'importance de cette discipline, qui possède des interfaces multiples avec la biologie, la physique ou encore les sciences de la terre, l'Assemblée des professeurs a créé une 3^{ème} chaire de Chimie* avec pour ambition de développer au sein de l'Institut de Chimie du Collège de France, un centre unique dans le domaine de la chimie pour l'énergie et l'environnement. Jean-Marie Tarascon, expert incontesté des questions de stockage électrochimique de l'énergie, a été nommé titulaire de cette nouvelle chaire.

Développer des solutions technologiques pour le stockage d'énergies

« Les énergies renouvelables sont intermittentes (le soleil ne brille pas sur commande) et il est donc nécessaire de les coupler à des systèmes de stockage d'énergie afin de générer l'électricité nécessaire sur demande. Ainsi, le défi majeur des vingt prochaines années ne sera pas seulement un problème de conversion de l'énergie, mais sera aussi celui de son stockage, étape indispensable pour mieux gérer les ressources en énergie de notre planète », rappelle Jean-Marie Tarascon.

Les travaux de recherches de Jean-Marie Tarascon portent sur de nouveaux concepts et de nouveaux matériaux - moins coûteux et satisfaisant des critères de développement durable - en vue de développer des « batteries propres ». Ses recherches l'ont fréquemment conduit hors des sentiers battus, en quête de nouvelles directions pour dépasser la barrière des approches conventionnelles et repousser les frontières et les limites de la science dans le domaine du stockage de l'énergie. Pionnier dans le développement de batteries à ions lithium, maintenant largement utilisées dans l'électronique portable, Jean-Marie Tarascon isole de nouveaux matériaux d'électrodes qu'il prépare via de nouveaux procédés de synthèse éco-compatibles. De plus, avec ses collègues du LRCS (*Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides*), ils ont récemment développé de nouvelles batteries « vertes » à électrode renouvelable, utilisant des matériaux organiques issus de la biomasse, sucres ou acides organiques.

Jean-Marie Tarascon dirige le Réseau sur le Stockage Electrochimique de l'Energie (RS2E), réseau de recherche et de transfert technologique français qui regroupe 15 laboratoires (CNRS/Universités), 3 établissements publics et 11 industriels. *« Face aux investissements colossaux réalisés par l'Allemagne, il y avait vraiment urgence à ce que la France entre dans la course », précise-t-il.*

Le Pr Jean-Marie Tarascon donnera sa leçon inaugurale, ***Chimie des solides et énergie : Exemples et futur d'une histoire millénaire***, le 23 janvier 2014. Ses cours auront lieu les lundis à 16h30, sur le thème : ***De l'atome à des matériaux pour l'énergie via la chimie du solide***, à partir du 03 février. L'ensemble de son enseignement sera disponible en audio, vidéo et en version anglaise sur le site de l'institution (www.college-de-france.fr).

*Le groupe de recherche de Jean-Marie Tarascon rejoindra les équipes déjà présentes sur le site Marcelin Berthelot, dans des laboratoires entièrement rénovés, des Professeurs Marc Fontecave (Chimie des processus biologiques) et Clément Sanchez (Chimie des matériaux hybrides).



Leçon Inaugurale le 23 janvier

Chimie des solides et énergie : Exemples et futur d'une histoire millénaire

« *L'histoire de l'humanité a toujours été liée à celle des matériaux et beaucoup d'espoirs reposent aujourd'hui sur la chimie du solide pour nous permettre de surmonter ce défi énergétique. Nous marcherons sur les pas des recherches sur l'élaboration de meilleurs matériaux pour le stockage et la conversion de l'énergie ; nous verrons en quoi les solutions de demain seront issues d'une construction collective de la science et de la technologie* », Jean-Marie Tarascon.

Première année d'enseignement du Pr Jean-Marie TARASCON

De l'atome à des matériaux pour l'énergie via la chimie du solide

Cours les lundis à 16h30, à partir du 03 février

Le développement de l'Humanité a toujours été lié à celui des matériaux. Ce postulat ne cesse de se vérifier aujourd'hui, puisque les technologies émergentes restent toujours tributaires de la capacité de la Chimie, parfois capricieuse, à fournir des matériaux plus performants et adaptés aux contraintes supplémentaires qu'on leur impose. Dans ce contexte, le mariage «**Chimie du Solide - Energie**» constitue un binôme essentiel pour répondre aux enjeux fondamentaux et appliqués liés à la transition énergétique. Ce cours tentera d'illustrer la démarche du chimiste du solide dans ce vaste domaine. Pour chacun des secteurs traités, liés soit à la collecte ou au stockage de l'énergie, il sera fait état des avancées et enjeux fondamentaux et appliqués liés au choix, à l'abondance et à l'élaboration-design des matériaux.

*L'ensemble de l'enseignement du Jean-Marie Tarascon sera disponible en audio, vidéo
et en version anglaise sur le site de l'institution : www.college-de-france.fr.*



Biographie

Jean-Marie TARASCON, spécialiste des matériaux et du stockage électrochimique de l'énergie, a commencé sa carrière aux États-Unis, d'abord à Cornell University (1980), puis à Bell Laboratory et à Bellcore jusqu'en 1994 où il découvre de nombreux matériaux à fonctionnalités variées et développe la batterie plastique à ions lithium. En janvier 1995, il rejoint l'université de Picardie Jules verne en tant que Professeur et prend, jusqu'en 2009, la direction du laboratoire de réactivité et de chimie des solides. Il a été professeur invité sur la chaire *Développement durable – Environnement, Energie et Société* pour l'année académique 2010/2011.

Jean-Marie Tarascon est à l'origine du réseau d'excellence européen ALISTORE-ERI – réseau qui regroupe aujourd'hui 20 laboratoires académiques et 18 industriels - qu'il a dirigé jusqu'en 2010 avant de prendre en 2011 la direction du nouveau réseau français sur le stockage électrochimique de l'énergie (15 laboratoires CNRS/Universités, 3 établissements publics et 11 industriels).

La carrière scientifique de Jean-Marie Tarascon s'est centralisée autour de la synthèse, de la caractérisation et de la détermination des relations structure/propriété des matériaux électroniques, supraconducteurs et batteries rechargeables pour diverses sortes de dispositifs électroniques. Initialement, ses travaux furent dédiés à des matériaux supraconducteurs pour minimiser les pertes d'énergie durant le transport. Ensuite ils évoluèrent vers la recherche de matériaux pour le stockage électrochimique avec cependant quelques excursions dans le domaine de composés ferroélectriques et de matériaux pour l'optique. Ses recherches se portent actuellement sur les nouveaux matériaux d'électrodes obtenus à partir de procédés éco-efficaces pour le développement de batterie à ions Li plus « vertes » et viables.

Ces travaux de recherche associent en permanence recherches fondamentales et technologiques. Sa passion pour l'aspect appliqué a conduit à des avancées technologiques notoires, telle que la batterie plastique à ions lithium. Il est l'auteur de plus de 70 brevets et a cosigné plus de 600 publications.

Jean-Marie Tarascon a reçu de nombreuses récompenses ; les dernières en date étant le prix ENI 2011 «Protection de l'Environnement», le prix "Pierre SÛE" en 2011 et le prix IALB de « L'international Automotive Battery Association » en 2013.



Recherches actuelles

« Chimiste du solide de formation, le dénominateur commun de toutes mes recherches depuis de nombreuses années repose sur le «design», l'élaboration et la mise en forme de nouveaux matériaux inorganiques et autres, en vue de développer des systèmes de transport (à base de supraconducteurs), conversion (cellules photovoltaïques) et stockage (batteries) d'énergie plus performants pour des domaines d'applications aussi variés que le transport, le bâtiment ou la médecine.

Les matériaux sont essentiels pour notre société. Déjà en 1960, l'agence Américaine pour les projets de recherche avancée de défense (DARPA), avait comme *leitmotiv* «**Technology is always limited by the materials available**». Cela ne cesse de se confirmer dans de nombreux domaines, et notamment dans le domaine de l'énergie qui me concerne plus particulièrement. La nouvelle donne environnementale a ajouté une contrainte supplémentaire, celle de concevoir de nouveaux matériaux (association entre un composé chimique et son procédé d'élaboration) capables de s'intégrer dans un **cycle de vie compatible avec la notion de développement durable**.

En dehors des notions de structure, de taille et de composition, ces recherches nécessitent donc, non seulement le «design» de nouveaux matériaux conçus sur la base d'éléments chimiques abondants et peu nocifs mais aussi le développement de nouvelles méthodes de synthèses éco-efficaces ayant une empreinte environnementale minimale pour les élaborer. C'est ce à quoi je consacre mes recherches qui se situent aux confins de plusieurs disciplines incluant une chimie du solide évolutive, une chimie hybride et biomimétique mariant des aspects biologiques, organiques et inorganiques; certains n'ayant pas encore été initiés.

Trouver de nouveaux composés est une chose, mais les transformer en matériaux utiles dans le contexte du développement durable, nécessite de nouvelles stratégies de synthèse. Pour ce faire, nous dévions aujourd'hui des méthodes **céramiques énergétivores**, utilisant des températures élevées pour assurer la diffusion des réactants nécessaires à la croissance de nouvelles phases, vers des méthodes basses températures connues sous le terme de «**chimie douce**» et faisant appel à des synthèses en solution revisitant des procédés bien connus tels que le procédé hydrothermal, solvothermal, voire en explorant de nouvelles routes à l'image de l'approche ionothermale ainsi que des approches bio-inspirées/biomimétiques comme celles décrites ci-après. Il va bien sûr de soi que ce côté synthèse doit être doublé d'un travail de compréhension pour raisons d'optimisation des fonctionnalités recherchées.

Nouveaux matériaux pour l'énergie

↳ **Synthèse ionothermale**: Ayant été l'un des pionniers dans l'introduction des liquides ioniques en synthèse inorganique comme **milieu réactionnel et agent de structuration**, je continue à en exploiter ses bienfaits qui ont déjà permis de mettre à jour une toute nouvelle famille de fluorosulfates comptant aujourd'hui plus de 20 membres à propriétés physiques et électrochimiques variées. L'extension de cette nouvelle approche de synthèse à d'autres types de matériaux polyanioniques à base de Fe ou de Mn mais sans fluor, pour des raisons d'environnement, fait partie de mes travaux actuels (*Nature materials* 2011).

↳ **Synthèse/approche bio-inspirée:** Si les liquides ioniques répondent à certains préceptes de la «chimie verte» et du développement durable ils ne permettent pas l'élaboration de matériaux massifs ou nanométriques à température ambiante comme on pourrait le souhaiter. Pour combler ce manque nous tentons aujourd'hui de développer, en collaboration avec mes collègues biologistes, la synthèse de matériaux inorganiques en milieu biologique, voire enzymatique, faisant ainsi appel à l'utilisation directe de bactéries, voire de virus génétiquement modifiés. (*Energie & Environmental science 2013*).

↳ **Alternative végétale :** Enfin, tous les processus énergétiques du vivant sont basés sur des couples redox impliquant des molécules organiques: pourquoi ne pourrions-nous pas faire en sorte qu'un jour elles servent aussi dans nos batteries? Nos premières excursions dans ce domaine datant de 2009, grâce à la confection de molécules **organiques renouvelables** présentant carboxylates électroactives vis-à-vis du Li, sont également poursuivies (*Journal of Electrochemical society 2013*).

Autres Systèmes électrochimiques à base de matériaux abondants

↳ **Batteries sodium-ion :** Les batteries Sodium-ion pourraient être une alternative séduisante au coût du Lithium qui est en constante progression et dont l'abondance des ressources terrestres, malgré les possibilités de recyclage, est questionnée. La recherche sur ces batteries sodium-Ion qui présentent une alternative intéressante pour les applications réseaux est en pleine émulation. Dans ce contexte, nos recherches portent également sur la conception des matériaux d'électrodes positives et négatives pour batteries capables d'insérer réversiblement des ions Na^+ (*Chemistry of materials 2013 + Journal of the American Chemical Society 2013*)

↳ **Batteries Li-air :** Le développement de nouvelles chimies telle que la technologie Li-air, dont la densité d'énergie théorique est de 10 à 15 fois supérieure à celle des accumulateurs Li-ion actuels mais pour lequel de nombreux verrous technologiques restent à lever, constitue également une autres de mes activités de recherche en cours.

Optimisation des matériaux d'électrodes actuels.

Des matériaux lamellaires à capacités exacerbés pour des batteries à ions lithium ont été rapportés, mais n'ont point pu être commercialisés pour des raisons de chute de potentiel lors du cyclage. Nous menons actuellement des recherches purement fondamentales sur ces nouveaux matériaux afin de déterminer les causes de leurs défaillances et d'y apporter des solutions. (*Nature materials 2013*).

En résumé, l'approche des problèmes énergétiques présentés ci-dessus se porte aussi comme un complément de l'activité de mes collègues au **collège de France** dont celle de M. Fontecave qui attaque le problème à partir de processus biologiques ou celle de C. Sanchez basée sur une Chimie hybride biomimétique pour des matériaux nanométriques multifonctions. »

Jean-Marie Tarascon