

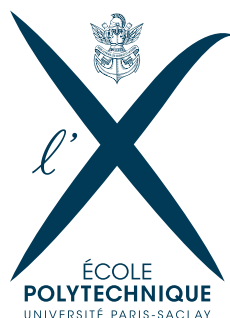


LES JEUDIS DE LA RECHERCHE DE L'X

1^{ER} OCTOBRE 2015

ÉNERGIES ET TRANSPORTS

Des enjeux primordiaux pour le 21^e siècle



LA RECHERCHE À L'X

Patrick Le Quéré, directeur adjoint de l'enseignement et de la recherche

L'École polytechnique s'appuie sur un centre de recherche de pointe qui rassemble 22 laboratoires, dont 21 unités mixtes de recherche avec le CNRS.

Un centre de recherche dynamique et reconnu

Regroupant 1600 personnels de recherche, le centre de recherche de l'X allie l'approfondissement des aspects les plus fondamentaux de la recherche pour le progrès des connaissances au développement de grands domaines plus appliqués qui répondront aux enjeux scientifiques, technologiques et sociétaux du 21^e siècle.

Une stratégie de recherche organisée autour de 8 thématiques

L'École polytechnique a défini 8 thématiques dans sa stratégie de recherche. Ces thématiques de recherche répondent à des enjeux sociétaux et technologiques par le biais de projets transverses et multidisciplinaires, auxquels sont associés les laboratoires de l'École :

- Nanosciences, matériaux innovants et procédés efficaces
- Énergies, transports et environnement
- Bio-ingénierie, biologie et santé
- Matière et lumière en conditions extrêmes
- Structures et lois universelles
- Concepts et méthodes pour la société numérique
- Modélisation et optimisation des systèmes complexes
- Marchés, innovation et relations science et société

Chaque Jeudi de la Recherche de l'X explore une de ces thématiques.

« Énergies et Transports » à l'École polytechnique

Énergies et Transports sont deux défis majeurs pour lutter contre le réchauffement climatique. Les laboratoires de l'École mettent à profit leurs compétences pour répondre aux enjeux décisifs du 21^e siècle liés à l'énergie et aux transports. Résolument interdisciplinaire, cette thématique couvre l'ensemble de la chaîne de valeur de l'évaluation de la ressource d'énergie, des différentes sources de production, de leur stockage jusqu'à leur distribution dans les réseaux électriques, ainsi que le perfectionnement des moyens de transport, le développement de matériaux pour les transports, l'optimisation de la gestion des trafics routiers et aériens. Ces domaines font aussi appel à la chimie, aux modélisations informatiques et mathématiques, à la chimie, aux nanosciences, aux sciences de gestion, à la physique atomique...

L'École est fortement impliquée dans cette thématique : en témoignent par exemple des chaires d'enseignement et de recherche ou encore son engagement au sein de l'Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF). Cet organisme a pour ambition de devenir l'un des principaux centres mondiaux de recherche, d'innovation et de formation dans le domaine de l'énergie solaire. Récemment, l'École développe un projet holistique et transdisciplinaire

sur la production d'énergies renouvelables : de l'évaluation des ressources énergétiques et de la prévision, à des stratégies de stockage, de production, de transport et de distribution, comprenant aussi l'analyse socio-économique globale.

Les exposés de Christophe Clanet, Michel Rosso et Leo Liberti vous permettront de découvrir les défis de recherche pour accompagner la révolution énergétique du 21^e siècle pour la production d'énergie et les transports.

Nous espérons que ce nouveau « Jeudi de la recherche de l'X » vous permettra de découvrir ou d'approfondir vos connaissances dans le domaine des « Énergies et Transports » grâce aux scientifiques de notre centre de recherche, véritable moteur de l'École polytechnique.

Patrick Le Quéré,

Directeur adjoint de l'enseignement et de la recherche

Christophe Clanet



Christophe Clanet est directeur du Laboratoire d'Hydrodynamique (LadHyX - Unité Mixte de Recherche de l'École polytechnique en co-tutelle avec le CNRS). Sa recherche porte sur la physique des milieux déformables, fluides et élastiques.

Le Laboratoire d'Hydrodynamique s'intéresse aux économies d'énergie à travers ses recherches théoriques, numériques et expérimentales en mécanique des fluides. Dans le domaine des transports, des recherches sur la traction des navires par les cerfs-volants sont menées en collaboration avec le navigateur Yves Parlier dans le cadre du projet « Beyond The Sea » retenu par l'Ademe. D'autres pistes sont également en cours d'étude au Laboratoire d'Hydrodynamique telles que l'utilisation de l'énergie des vagues pour se propulser à l'instar des dauphins ou encore celle de la houle.



Des cerfs-volants pour tracter les navires

Un complément intéressant aux énergies fossiles

Christophe Clanet



Le transport maritime représente 50% de la consommation d'hydrocarbures au monde. La traction de navires par le vent permettrait ainsi d'en réduire l'impact sur l'environnement. Le principe est d'utiliser des cerfs-volants inspirés des kitesurfs pour récupérer l'énergie éolienne. Des voiles de 100 à 1000 m² permettraient de propulser des gros navires et d'économiser jusqu'à 20% de carburant.

Plusieurs questions scientifiques se posent pour concevoir un cerf-volant de si grande taille. La première problématique concerne son stockage et son déploiement. Il faut qu'il soit compact tout en étant très rigide et léger une fois en l'air. Christophe Clanet et son équipe ont modélisé puis testé les lois d'ouverture et de fermeture de ces structures gonflables. De nombreux paramètres doivent être pris en compte : le nombre de plis, la pression d'air à appliquer pour le gonflement de la structure, le schéma de déploiement afin que les lignes ne s'emmêlent pas....

Le second défi consiste à obtenir le maximum de traction tout en restant stable. Pour créer le meilleur kite, les chercheurs ont fait voler des prototypes en soufflerie en faisant varier différents paramètres. Les scientifiques ont également démontré qu'il faut empiler les kites et leur impulser un mouvement contrôlé par un pilote automatique afin de les rendre plus stables et d'augmenter la force de traction.

Afin d'appliquer ces résultats à l'échelle réelle, les chercheurs ont démontré la similitude de comportement de la voile géante entre les tests réalisés en laboratoire et grandeur nature. Grâce à ces recherches, une première structure de 20 m² a été testée avec succès sur un chalutier de pêche. Ces bateaux seront particulièrement intéressés par les kites car leurs trajets vers les zones de pêche sont réguliers se prêtant ainsi à ce type de traction.

Michel Rosso



Michel Rosso est Directeur de Recherche au CNRS et chercheur au Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC - Unité Mixte de Recherche de l'École polytechnique en co-tutelle avec le CNRS). Il a dirigé ce laboratoire de 1994 à 2004.

Michel Rosso travaille notamment sur l'amélioration des batteries lithium. Après s'être attaqué au problème de la croissance dendritique dans les batteries à anode en lithium, il s'intéresse maintenant à un matériau nouveau à base de silicium méthylé, dont la très importante capacité énergétique et la bonne tenue en cyclage en font un candidat très prometteur pour les accumulateurs du futur.

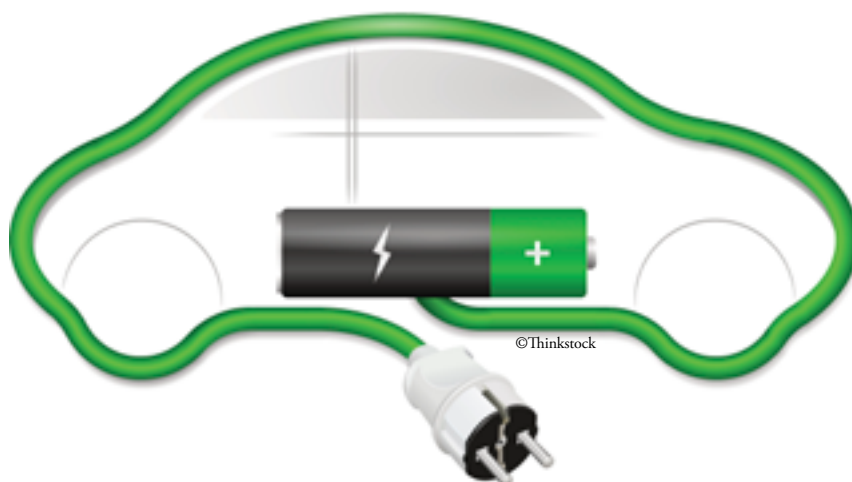
Le laboratoire PMC a été impliqué sur ce sujet dans une collaboration avec SAFT et, au travers d'un programme coordonné par ParisTech, avec Renault.



Véhicule électrique : bientôt les 500 kilomètres d'autonomie ?

Un nouveau matériau pour la durée de vie et l'autonomie des batteries

Michel Rosso



La demande de moyens de transport plus propres, le développement des sources d'énergie renouvelable, la très forte augmentation des systèmes électroniques portables nécessitent des moyens de stockage d'énergie toujours plus performants. Les batteries rechargeables répondent à ces conditions, notamment les batteries au lithium, qui sont les meilleures solutions actuelles de stockage compact d'énergie électrique. Des progrès sont pourtant encore nécessaires, notamment en matière de capacité de stockage de ces batteries, qui détermine directement l'autonomie du véhicule ou de l'appareil électrique qui les utilise.

Pour atteindre cet objectif, une des solutions consiste à augmenter la capacité des électrodes des batteries. Pour l'électrode négative, différents matériaux comme le silicium ont été proposés en remplacement du graphite principalement

utilisé dans les batteries commerciales. Mais une limitation sévère du silicium est liée aux variations de volume très importantes qui accompagnent les cycles de charge/décharge des batteries et qui conduisent à une détérioration rapide des matériaux.

L'équipe du Laboratoire de Physique de la Matière Condensée travaille sur des alliages silicium-carbone amorphes : dans ces alliages le carbone est inséré sous forme de groupements méthyle CH_3 . Ce matériau est moins dur que le silicium pur, ce qui lui permet de mieux résister aux variations de volume dues à l'insertion de lithium. En comparaison avec le silicium pur, l'amélioration est double : une meilleure tenue en cyclage des électrodes, et une plus grande stabilité de leur surface, d'où une plus longue durée de vie de ces électrodes.

Leo Liberti



Mathématicien, Leo Liberti a réalisé sa thèse à l'Imperial College de Londres en 2004. Après un postdoctorat au Politecnico di Milano, il a rejoint le Laboratoire d'Informatique de l'X (LIX, Unité Mixte de Recherche de l'École polytechnique en co-tutelle avec le CNRS). Professeur chargé de cours, il a créé l'équipe System Modelling and Optimization (SYSMO). Il a été porteur de la Chaire Microsoft Optimization and Sustainable Development (OSD), et vice-président du département d'enseignement en informatique de l'X (DIX). En 2012, il est recruté par le laboratoire T.J. Watson d'IBM Research à Yorktown Heights, New York, et devient directeur de recherche au CNRS en 2015.

Leo Liberti travaille dans le domaine de la recherche opérationnelle, un champ à la frontière entre les mathématiques et l'informatique, concerné par les problèmes d'optimisation et leur solution. En particulier, Leo Liberti applique ces techniques à la production et la gestion de l'énergie, du placement de senseurs dans les smart grids, à l'ingénierie des réservoirs de pétrole, et à l'ordonnancement des bassins hydrauliques ou des centrales nucléaires.

Leo Liberti est éditeur en chef de la revue internationale 4OR et éditeur associé de plusieurs autres revues. Il contribue à animer les communautés scientifiques de la programmation non linéaire mixte et de la géométrie des distances.



Électricité : comment un grid devient smart

L'informatique, une clé pour développer le réseau électrique du futur

Leo Liberti



L'ambition des réseaux électriques du futur est de développer un système global de communication qui va permettre aux différents équipements installés sur le réseau de communiquer entre eux. L'École polytechnique mène des recherches dans ce domaine, notamment, à travers le projet SOGRID, financé par l'Ademe et réunissant dix partenaires académiques et industriels dont ERDF et STMicroelectronics. Ce consortium développe une puce électronique de nouvelle génération qui sera déployée sur le réseau électrique pour construire une chaîne de communication globale liant l'ensemble des équipements.

En parallèle des recherches menées par une équipe du Laboratoire d'Informatique de l'X sur les protocoles de communication, Leo Liberti et son équipe modélisent l'emplacement optimal des capteurs sur différentes parties du réseau électrique. Ces capteurs ainsi disposés permettront d'observer la tension et le courant sur n'importe quelle partie du réseau.

Les différents échanges avec les industriels leur ont permis de traduire les contraintes techniques sous forme mathématique. Ils ont modélisé

le réseau électrique par des nœuds et des liens afin de déterminer l'emplacement optimal de chaque dispositif intelligent, chaque élément permettant de déduire la tension et le courant sur tout le réseau. La question essentielle est celle du nombre et de l'optimisation de la position des capteurs qui assurent l'observabilité du réseau.

En simplifiant le réseau à trois points, si on observe les deux premiers points, il est possible de déduire ce qui se passe au niveau du troisième. Il en va de même pour les réseaux électriques mais avec un nombre de points énorme.

Pour résoudre ce problème, les chercheurs ont utilisé la recherche opérationnelle, méthode capable de trouver une théorie sous-jacente à pratiquement tous les problèmes d'optimisation en faisant à la fois appel à la programmation et aux algorithmes. Les chercheurs ont prouvé que ce problème est difficile à résoudre mathématiquement, mais ils ont réussi à développer une nouvelle technique, défi à la fois très excitant et mathématiquement attrayant. Cet apport au projet SOGRID devrait bientôt être testé sur une partie du réseau électrique français.

Contacts

Cécile Mathey

01 69 33 38 70 - 06 30 12 42 41
cecile.mathey@polytechnique.edu

Alice Tschudy

01 69 33 33 40 - 06 66 81 76 35
alice.tschudy@polytechnique.edu





ÉCOLE POLYTECHNIQUE
91128 PALAISEAU CEDEX
www.polytechnique.edu