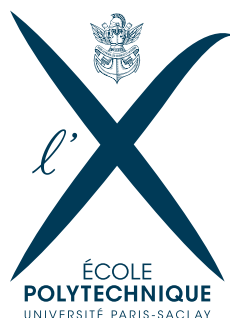




# LES JEUDIS DE LA RECHERCHE DE L'X

2 JUIN 2016

**CONCEPTS ET MÉTHODES  
POUR LA SOCIÉTÉ NUMÉRIQUE**



# 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<sup>e</sup> 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.

## **« Concepts et méthodes pour la société numérique » à l'École polytechnique**

La transition numérique est en marche : comme l'imprimerie ou l'électricité en leur temps, cette révolution touche tous les aspects de notre vie quotidienne, de l'économie à la culture en passant par la santé ou la mobilité...

De plus en plus de données sont disponibles, dont l'utilisation soulève de nouvelles questions de contrôle, de propriété, d'accès sécurisé, d'analyse, d'usage, voire d'éthique. Nous utilisons le numérique quotidiennement, notamment au travers d'Internet, mais ses coulisses nous sont le plus souvent inconnues. Traitement instantané des données, sécurité des transactions, extraction des connaissances enfouies, apprentissage automatique, fiabilité des logiciels, interfaces homme-machine, autant de défis et enjeux que les chercheurs de l'École polytechnique explorent et cherchent à faire progresser, en proposant de nouveaux concepts, en améliorant les algorithmes existants, en les adaptant aux nouvelles architectures.

Stéphanie Allassonnière, Maks Ovsjanikov et Thomas Clausen lèveront le voile sur des activités de recherche visant à améliorer le diagnostic par une meilleure utilisation des images médicales, faciliter l'accès aux documents multimedia et aux objets 3D, ou

encore concevoir des protocoles de communication nécessités par l'explosion de l'Internet des Objets.

**Patrick Le Quéré,**

*Directeur adjoint de l'enseignement et de la recherche*

## Stéphanie Allasonnière



Stéphanie Allasonnière est ancienne élève de l'École normale supérieure de Cachan (ENS) et agrégée de mathématiques. Elle réalise son doctorat entre le Centre de Mathématiques et leurs Applications (CMLA) de l'ENS Cachan et l'Université Paris 13, où elle développe des modèles statistiques pour l'estimation d'atlas d'images utiles à la médecine (patients virtuels de référence). Elle effectue ensuite, en 2007, une année de post-doctorat à l'Université Johns-Hopkins de Baltimore.

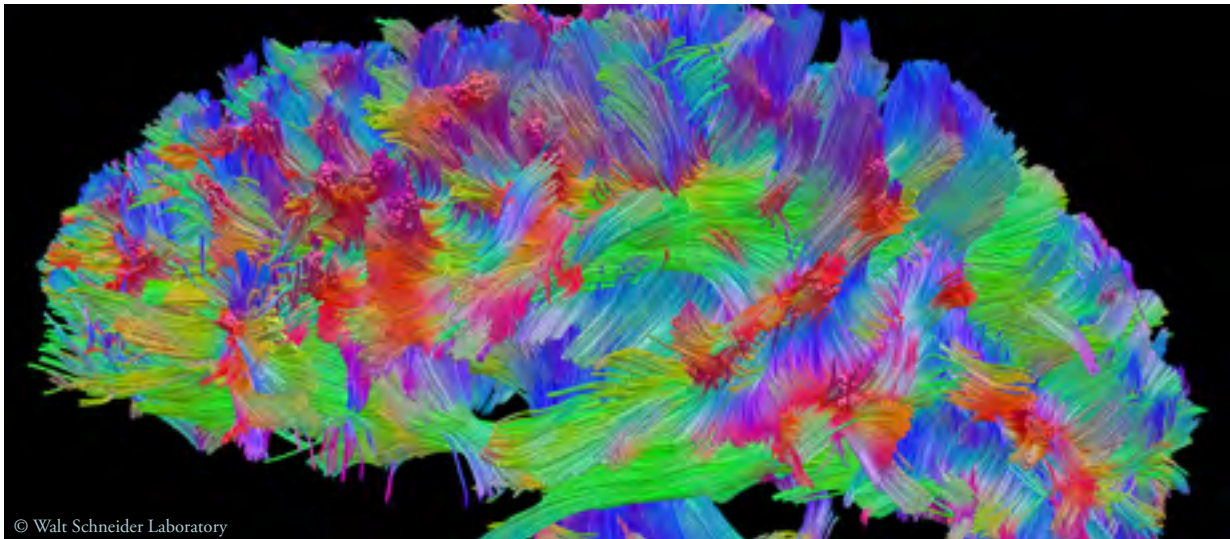
Stéphanie Allasonnière rejoint l'École polytechnique en 2008, en tant que Professeur chargé de cours au Centre de Mathématiques Appliquées (CMAP, École polytechnique / CNRS). Elle reçoit le Prix Excellencia dans la catégorie « Recherche » en 2010 et obtient son habilitation à diriger des recherches en 2013.

Aujourd'hui, Stéphanie Allasonnière développe des modèles et des algorithmes stochastiques pour l'analyse et l'interprétation de données médicales issues, entre autres, d'IRM ou d'échographies fœtales. Le but de ses travaux est d'améliorer la compréhension des pathologies telles que les maladies neurodégénératives, de fournir une aide au diagnostic précoce et d'encourager la médecine personnalisée.



# L'anatomie numérique : une aide au diagnostic médical

Stéphanie Allassonnière



Dans les hôpitaux, l'utilisation de machines d'imagerie médicale de plus en plus performantes et la numérisation des dossiers patients ouvrent la voie à des outils d'aide au diagnostic uniquement basés sur ces données. L'analyse statistique de données est donc devenue un réel besoin. Il s'agit pour les informaticiens et mathématiciens de décrypter les mécanismes pathologiques, leurs causes, leurs évolutions, leurs effets sur l'anatomie et le fonctionnement des organes. Le but n'est pas de remplacer les médecins, mais d'aider les spécialistes à poser leur diagnostic et à proposer des suivis de traitements plus efficaces.

Pour cela, il est nécessaire de dégager les points communs entre différents patients atteints d'une même pathologie, de comprendre comment leurs tissus sont affectés et d'identifier d'éventuelles corrélations entre les symptômes exprimés.

La notion d'anatomie numérique, ou « computational anatomy », a émergé il y a une vingtaine d'années au sein de la communauté scientifique. La méthode consiste d'abord à caractériser les

formes anatomiques ou les organes, à en proposer des modèles mathématiques et à en extraire les invariants, notamment « une moyenne » représentative de la population étudiée. Celle-ci est ensuite analysée en termes de variabilité, car chaque individu, même sain, est unique ! Cette variabilité est prise comme une caractéristique de la population considérée.

Les études d'anatomie numérique sont menées sur plusieurs populations, afin de pouvoir classifier de nouveaux individus, adapter une thérapie, pronostiquer l'issue d'un traitement et ainsi, développer une médecine personnalisée. Une difficulté majeure est cependant rencontrée par les informaticiens et mathématiciens qui réalisent ces études. Elle réside principalement dans la nature des données examinées, leur hétérogénéité et la répétabilité des examens médicaux qui varient d'un patient à l'autre. La modélisation et l'analyse statistique de ces données constituent le cœur de l'activité d'une équipe de recherche au Centre de Mathématiques Appliquées (CMAP) commun à l'École polytechnique et au CNRS.

## Maks Ovsjanikov



Maks Ovsjanikov est diplômé d'un doctorat d'ingénierie mathématique et informatique de l'Université de Stanford, qui lui remet, en 2011, un prix d'excellence pour ses travaux. Il rejoint ensuite le pôle de recherche du groupe Google, pour travailler sur des projets d'analyse d'images et de formes en trois dimensions.

Depuis 2012, Maks Ovsjanikov est maître de conférences au Laboratoire d'Informatique de l'École polytechnique (LIX, École polytechnique / CNRS). Il est également titulaire d'une chaire d'excellence du CNRS et de la chaire professorale Jean Marjoulet de l'École polytechnique. Dans ce cadre, il s'investit sur l'analyse et le traitement de données multimédias, images, vidéos et modèles en trois dimensions, dont le nombre est en pleine croissance depuis la généralisation des modes d'acquisition numériques.

Vision par ordinateur, traitement des modèles géométriques en trois dimensions et apprentissage automatique, Maks Ovsjanikov est l'auteur de plus de 30 publications et 4 brevets déposés à l'échelle internationale. En 2014, ses recherches ont été récompensées par le Prix Eurographics dans la catégorie « Jeune chercheur ».



# Expliquer la géométrie 3D aux ordinateurs

Maks Ovsjanikov



**A**u cours des dernières décennies, les méthodes d'acquisition et de traitement des données en trois dimensions se sont multipliées. Les scanners 3D, tels que Microsoft Kinect, Intel RealSense ou Google Tango, ont déjà envahi le marché. Proposés à des tarifs très abordables, ces appareils sont capables de numériser les objets sous la forme d'images de synthèse en trois dimensions. Aussi, d'autres technologies, comme l'impression 3D ou la réalité virtuelle (Oculus Rift ou HTC vive) permettent d'utiliser l'information 3D de manière originale, pour créer des objets de toutes pièces ou simuler un environnement réel ou imaginaire.

Dans ce contexte, les chercheurs du Laboratoire d'Informatique de l'École polytechnique (LIX, École polytechnique / CNRS) travaillent sur l'élaboration d'outils pour l'exploitation et le traitement des données en trois dimensions. Leur objectif est de développer de nouvelles méthodes informatiques pour identifier les similitudes et différences entre divers modèles au sein

de grandes bases de données. Ceci permettra notamment d'effectuer des recherches sur le web à partir de la géométrie 3D des objets, comme on effectue aujourd'hui des recherches à partir de texte et de mots clés. Pour cela, il est nécessaire d'expliquer la géométrie 3D aux ordinateurs, c'est-à-dire de trouver des représentations « compactes » et efficaces qui caractérisent au mieux les propriétés intrinsèques des modèles en 3D.

En parallèle, les chercheurs tentent également de développer des méthodes pour relier la géométrie 3D à des images en deux dimensions, du texte et de la vidéo. Ainsi, il sera peut-être possible un jour de prendre une photo avec un smartphone, de demander une analyse instantanée des propriétés de l'objet sur l'image et d'obtenir toutes les informations disponibles sur cet objet, quel que soit leur type. Le défi est de taille, mais les informaticiens et mathématiciens du LIX le relèvent au quotidien, en collaboration avec des équipes du monde entier.

## Thomas Clausen



Thomas Clausen est ingénieur civil et docteur en informatique de l'Université d'Aalborg au Danemark. Il intègre l'École polytechnique en 2004 en tant qu'enseignant chercheur au Laboratoire d'Informatique de l'X (LIX, École polytechnique / CNRS). Il est actuellement responsable de l'équipe « Networks », dont les travaux portent sur les réseaux informatiques et les télécommunications, en particulier sur les réseaux sans fil.

Thomas Clausen est également en charge de la chaire internationale « Internet of everything » de l'École polytechnique, parrainée par Cisco et le Ministère de la Défense. Cette chaire d'enseignement et de recherche lancée en 2014 est dédiée à l'internet de demain. Thomas Clausen coordonne aussi le cursus d'enseignement « Réseaux de communication avancés » de l'École polytechnique.

Thomas Clausen a publié plus de 70 articles, cités près de 10 000 fois, ainsi que 19 normes internationales IETF (Internet Engineering Task Force). Il a aussi contribué au développement du standard IEEE 802.11s et au routage du standard ITU-T G.9903 pour les réseaux G3-PLC, standard récemment adopté, sur lequel reposent les initiatives SmartGrid et ConnectedEnergy. Enfin, Thomas Clausen fait partie du conseil scientifique de Smartgrids France.





# L'internet du futur : un modèle à réinventer

Thomas Clausen



Développé dans les années 1960, l'internet a profondément modifié notre mode de vie en société et notre façon de partager l'information. Il est ainsi devenu un immense réseau, d'ampleur mondiale. Sa structure peut être modélisée sous la forme d'un « graphe », dont les nœuds représentent les routeurs et ordinateurs, et les arêtes entre ces nœuds, des liens de communication. Les informations sont propagées d'un nœud à l'autre du réseau grâce à un ensemble d'algorithmes de transfert de données.

Le fonctionnement des algorithmes s'appuie sur la structure du graphe modélisant le réseau. La croissance d'internet s'est cependant accompagnée d'une amplification conséquente du graphe le représentant. Celui-ci est devenu trop volumineux pour permettre aux algorithmes de le garder en mémoire et de s'achever avant qu'il ne change. De manière globale, il a été constaté que les modifications des connectivités du réseau s'effectuaient localement. La solution envisagée a donc été de représenter internet comme un réseau de « petits graphes », dont la

taille permet aux algorithmes connus de continuer à bien fonctionner.

Au cours de la dernière décennie, l'émergence de l'internet des objets (IoT) a néanmoins poussé l'internet dans ses retranchements. Le déploiement massif des appareils IoT est responsable de l'accroissement de la taille du réseau et les modifications qui s'y opèrent ne sont plus locales mais généralisées. Les algorithmes classiques, déployés sur des machines de plus en plus compactes, sont incapables de gérer des graphes d'une telle ampleur. Les outils du passé ne sont donc pas ceux qui nous permettront de suivre l'évolution d'internet demain.

Dans ce contexte, les chercheurs de l'équipe « Network » du Laboratoire d'Informatique de l'X (LIX, École polytechnique / CNRS) conçoivent de nouveaux paradigmes, de nouvelles architectures et approches, pour construire le réseau internet du futur. Ces solutions constituent par exemple les infrastructures de communication à la base des Smart Grids, réseaux de distribution d'électricité « intelligents ».

# Contact

---

**Cécile Mathey**

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







**ÉCOLE POLYTECHNIQUE**  
91128 PALAISEAU CEDEX  
[www.polytechnique.edu](http://www.polytechnique.edu)