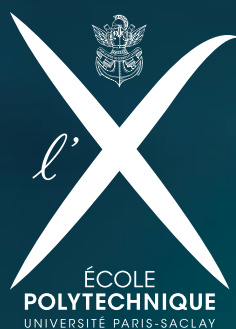


Rapport annuel  
2015





# SOMMAIRE

## RAPPORT ANNUEL 2015

04 Éditorial

### CHERCHER

- 08 Nanosciences, matériaux innovants et procédés efficaces
- 09 Énergies, transports et environnement
- 10 Bio-ingénierie, biologie et santé
- 11 Matière et lumière en conditions extrêmes
- 12 Structures et lois universelles
- 13 Concepts et méthodes pour la société numérique
- 14 Modélisation et optimisation des systèmes complexes
- 15 Marché, innovation, science et société

### FORMER

- 17 Trois cycles de formation tournés vers les attentes des entreprises
- 18 Cycle ingénieur : les compétences pluridisciplinaires et le leadership développés grâce aux projets et à la formation humaine
- 19 Perspectives 2016 : trois nouvelles formations
- 20 Un engagement sociétal
- 21 Quatre nouveautés en 2015
- 23 International : des partenariats stratégiques

### INNOVER & ENTREPRENDRE

- 26 L'École ouvre son premier centre intégré en faveur de l'entrepreneuriat et de l'innovation
- 27 L'École s'entoure d'un « Entrepreneurship advisory board »

### DÉVELOPPER

- 29 Développer la croissance : le rôle de la Fondation de l'X
- 30 Développer la communauté : l'Association des anciens élèves et diplômés de l'X



# ÉDITORIAL

Jacques Biot

Président de l'École polytechnique



## Quels ont été les faits marquants de cette année 2015 ?

*Le point culminant de l'année a été la visite des ministres de la Défense et de l'Économie, et du secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche à l'occasion d'un Conseil d'administration exceptionnel de l'École le 15 décembre. À la suite du rapport commandé par le Premier ministre et le ministre de la Défense à Bernard Attali, la stratégie ambitieuse de croissance et de développement de l'X a été confortée et élargie à de nouvelles ambitions, soutenues par un investissement complémentaire de 60 M € de l'État sur 5 ans.*

*Sans attendre ces annonces et tout au long de l'année, la stratégie de l'École approuvée par le Conseil d'Administration a été mise en œuvre avec détermination, dans le respect des objectifs. Nous avons mis en service 5800 m<sup>2</sup> de nouveaux laboratoires, et notre recherche a enchaîné les publications dans de prestigieuses revues scientifiques telles que Nature ou Science. Nous avons finalisé l'acquisition de notre filiale de formation continue avec le lancement en mars des premiers programmes certifiants sur les technologies de rupture, qui ont connu un grand succès auprès de la clientèle des entreprises. En matière d'entrepreneuriat, la venue en septembre du président de la République, François Hollande, a consacré l'ouverture du centre*

*LA FIBRE ENTREPRENEUR – Drahi - X Novation Center. Nous avons signé des accords internationaux stratégiques et poursuivi notre politique volontariste en faveur de l'Afrique, célébrée symboliquement par la visite du président Macky Sall à l'École.*

*Au plan institutionnel, la transformation de l'École, par décret en septembre 2015, en établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel « Grand établissement » (EPSCP-GE), a ouvert la voie à des rapprochements avec d'autres établissements, et nous avons ainsi finalisé l'association de ENSTA ParisTech à l'X selon l'article L.718-16 du code de l'Éducation.*

## Quels sont les principaux éléments du plan stratégique approuvé par les ministres ?

*Ce nouveau plan réaffirme l'ancrage de l'École polytechnique dans l'univers du ministère de la Défense. Au plan de la recherche, il nous permet de recruter une dizaine d'enseignants chercheurs de stature internationale. Il constitue un tournant important pour diversifier l'offre de formation et aligner ainsi l'École sur la concurrence des meilleures universités mondiales de sciences et technologies. Pour cela, nous ouvrirons à la rentrée 2017 un cycle Bachelor d'une durée de 3 ans, destiné aux étudiants*



français et internationaux. Nous mettons également en place une offre de formation professionnalisante de 2 ans en anglais, de niveau master. Les trois premiers parcours, dédiés aux objets connectés, à l'énergie et à l'étude des nouveaux marchés, seront ouverts dès la rentrée 2016. Enfin, notre plan stratégique ouvre la porte à l'association progressive et volontaire d'autres écoles d'ingénieurs ou d'universités sélectives, situées ou non sur le plateau de Saclay.

### En plus de ces cursus, vous proposez, depuis mars 2015, une offre de formation continue. Quelle est l'ambition de ces nouveaux programmes ?

La recherche de l'X est particulièrement tournée vers les technologies de rupture. Il est donc de notre responsabilité de favoriser leur diffusion au sein de l'industrie française, afin de permettre à cette dernière de rester compétitive et de maintenir ses parts de marché et ses emplois. Ces offres de formation participent également au développement de nos revenus, indispensables au financement de notre croissance.

### En matière d'entrepreneuriat, 2015 a été une grande année. Qu'attendre pour 2016 ?

Le bâtiment « LA FIBRE ENTREPRENEUR – Drabi - X Novation Center » rassemble sur 2500 m<sup>2</sup> l'ensemble des activités entrepreneuriales de l'École et concrétise ainsi notre ambition de faire du développement économique et de l'entrepreneuriat le 3<sup>e</sup> pilier de notre stratégie. Il constitue un espace unique d'expérimentation et de prototypage, d'enseignement, d'accélération, d'incubation et d'échange avec les investisseurs et avec les industriels. Son accélérateur X-Up a accueilli sa troisième promotion en avril 2016. Notre objectif est de recruter, à terme proche, 15 start-up accélérées tous les six mois, grâce à notre dispositif intensif de coaching et de mentoring. 2016 devrait aussi voir l'entrée en opération du fonds d'amorçage que l'École a suscité avec Partech au bénéfice de Paris Saclay.

### Comment se concrétise l'action de l'École en faveur de la mixité et de la diversité ?

L'École polytechnique s'engage depuis sa création en faveur de l'égalité des chances. L'année 2014 avait marqué un tournant dans cet engagement

avec la création du Pôle Diversité et Réussite et l'intensification d'initiatives autour de trois thématiques : la diversité sociale, le handicap et l'égalité femme-homme.

Nous avons poursuivi cette démarche en 2015 avec des programmes comme « Une grande école, pourquoi pas moi », « X-tremplin » ou « Mat's les vacances », afin de permettre à des jeunes de milieux défavorisés d'entreprendre avec succès des études supérieures. Nous avons mis en place des mesures destinées à promouvoir les filières de l'École polytechnique auprès des jeunes filles pour encourager les vocations scientifiques et lutter contre l'autocensure des jeunes filles qui hésitent à passer les concours des grandes écoles. Enfin, nous déployons des actions de sensibilisation auprès des élèves polytechniciens pour aborder la question du handicap, de la parité et de l'égalité des chances en tant que citoyen et futur professionnel.

## FAIRE DU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET DE L'ENTREPRENEURIAT LE 3<sup>e</sup> PILIER DE NOTRE STRATÉGIE.

### L'année a également été marquée par une consolidation de la politique internationale de l'École. Quelles sont ces grandes avancées ?

L'École polytechnique poursuit sa politique active d'alliances stratégiques avec les universités les plus réputées du monde. Sa reconnaissance par les pairs est illustrée par 30 doubles diplômes avec des universités internationales prestigieuses

(notamment Caltech, Columbia, ETH Zurich, KAIST, KTH, MIPT, NTU, NUS, Peking University, Politecnico di Milano, Shanghai Jiao Tong, TUM...).

Mais l'année 2015 est aussi le point de départ d'un effort spécifique à destination de l'Afrique. Nous avons rejoint en octobre le Réseau d'excellence des sciences de l'ingénieur de la francophonie (RESCIF) qui regroupe 14 universités technologiques francophones issues de pays développés et émergents. L'École a ouvert, en 2015, deux nouveaux centres d'examens en Afrique, l'un à Marrakech et l'autre à Dakar.

Par ces mesures, nous intensifions le rayonnement de la marque Polytechnique à l'international, reconnue en 2015 par deux distinctions majeures : la 10<sup>e</sup> place du QS « Graduate Employability Rankings » qui classe les universités les plus performantes en termes d'employabilité des étudiants du point de vue des recruteurs du monde entier, et la 29<sup>e</sup> place mondiale du top 800 des universités les plus internationalisées établie par le Times Higher Education.



# CHERCHER



*L'installation laser Apollon a été inaugurée le 29 septembre 2015. Ce projet scientifique est porté par le laboratoire d'utilisation des lasers intenses (LULI) de l'École polytechnique, en partenariat avec le CNRS et le CEA.*

“ L’année a été marquée par des avancées scientifiques majeures, la construction de nouveaux laboratoires et l’acquisition de nouveaux équipements comme le laser Apollon ou le microscope Nanomax à ultra-haute résolution. Le Centre de recherche a été notamment reconnu pour l’excellence de sa production scientifique par le classement CWTS de Leiden au niveau national (1<sup>ère</sup> place) et international (66<sup>e</sup> place).

La politique de valorisation de la recherche se poursuivra en 2016 autour des 8 thématiques du Centre de recherche avec le lancement d’initiatives interdisciplinaires menées en collaboration avec l’industrie, tout en maintenant une recherche fondamentale au plus haut niveau pour répondre aux enjeux scientifiques, technologiques et sociétaux du XXI<sup>e</sup> siècle.

par **Patrick Le Quéré**, directeur adjoint de l’enseignement et de la recherche de l’École polytechnique ”



# NANOSCIENCES

## MATÉRIAUX INNOVANTS ET PROCÉDÉS EFFICACES

La synthèse de nano-objets ou l'amélioration des procédés et des matériaux sont quelques-unes des voies de recherches explorées à l'École polytechnique pour concevoir de nouveaux matériaux intelligents ou des surfaces actives, des dispositifs et capteurs multifonctionnels, des biocapteurs miniatures autonomes, de nouveaux catalyseurs...

### LES NANOSCIENCES observées à l'échelle de l'atome

Pour répondre aux enjeux des nanosciences, l'École polytechnique, en collaboration avec le CNRS, s'est dotée d'un **microscope de dernière génération** : NanoMax. Ce microscope électronique en transmission (TEM) à ultra-haute résolution permet notamment d'observer et de caractériser in situ la croissance de nano-objets. Cet instrument unique au monde fait partie du Centre interdisciplinaire de microscopie électronique en transmission (CIMEX), composante de l'Equipex TEMPOS (Transmission electron microscopy at Palaiseau-Orsay-Saclay). En 2015, l'ensemble des équipements de CIMEX ont été regroupés dans de nouveaux locaux de recherche de l'École polytechnique, constituant ainsi un centre de microscopie à l'état de l'art.



### Samir Zard, un chimiste de talent



Samir Zard, expert en chimie radicalaire au Laboratoire de synthèse organique (LSO, École polytechnique, CNRS), a découvert, avec ses collaborateurs, près de quarante nouvelles réactions chimiques inédites qui ont révolutionné la synthèse des polymères.

Par exemple, sa technique de « polymérisation radicalaire contrôlée » produit de nouveaux polymères aux propriétés physico-chimiques inédites dont les champs d'applications sont immenses : adhésifs, cosmétiques, tensioactifs, émulsifiants, pharmacie, science des matériaux... Co-auteur de près de **300 publications et titulaire de 36 brevets**, ses travaux lui ont valu le prix de la *Liversidge Lectureship* 2015 et de l'*Arthur Birch lectureship*, attribués par la *Royal Society of New South Wales*, Australie.

### DES NANO-CAPTEURS de contraintes ultra-sensibles

Le laboratoire de Physique de la matière condensée (PMC, École polytechnique, CNRS) a obtenu des nano-capteurs extrêmement prometteurs en développant une technique innovante de dépôt de nanoparticules en totale rupture technologique avec l'existant. Les particules d'argent formées par photo-réduction sont dispersées dans une matrice de silice avec une précision inégalée. Cela assure la formation d'un réseau continu de particules et la transition isolant-métal, indispensables aux performances de ces capteurs. Ce **nouveau nanomatériau**, aux applications prometteuses, a été breveté par l'École polytechnique et le CNRS et fait l'objet d'une action de valorisation en cours avec le Labex CHARM3AT.

### VERS UNE 3<sup>e</sup> GÉNÉRATION de LED organique compétitive

Les nouvelles Diodes électroluminescentes organiques (OLEDs) sont une technologie innovatrice très prometteuse dans de nombreux domaines, mais elles sont encore trop onéreuses pour une commercialisation à grande échelle. Le Laboratoire de chimie moléculaire (LCM, École polytechnique, CNRS) et le Laboratoire des solides irradiés (LSI, École polytechnique, CEA, CNRS) ont déposé **deux brevets** pour une méthode simple de synthèse de molécules pour les OLEDs en utilisant des réactions cobalta-catalysées. Le cobalt étant bon marché cela permettra de baisser le coût de fabrication. Les recherches se poursuivent pour couvrir l'ensemble des étapes de fabrication, de la synthèse à la conception des dispositifs, et évaluer les performances de ces nouvelles OLEDs.



# ÉNERGIES, TRANSPORTS & ENVIRONNEMENT

Les laboratoires de l'École mettent à profit leurs compétences pour répondre à un enjeu majeur du XXI<sup>e</sup> siècle : assurer les besoins énergétiques tout en limitant les émissions de gaz à effet de serre.

## DÉFIS ÉNERGÉTIQUES, deux projets primés

Créé au début de l'année de la COP21, le *Siebel Energy Institute* contribue à renforcer le dialogue international sur la question de la gestion efficace de l'énergie en favorisant les coopérations de recherche. Ce consortium, composé de huit établissements dont l'École, a récompensé deux projets portés par le Centre de recherche de l'X. Le projet « **TREND-X** » implique plusieurs laboratoires de l'X, en collaboration avec l'université de la Polynésie française, dans le développement et l'optimisation de la gestion des réseaux électriques, de la ressource à la consommation d'électricité. Le second projet de réseaux électriques intelligents, ou *Smart Grids*, associe des scientifiques de l'X, de Berkeley et du Politecnico di Torino. Il vise à développer des méthodes innovantes pour les systèmes dynamiques complexes afin d'optimiser la gestion énergétique locale et mondiale.

## LE PHOTOVOLTAÏQUE, une énergie déjà compétitive

Romain Cariou est lauréat du Prix de thèse du « Triangle de la physique » pour ses résultats concernant les procédés de dépôt de couches minces développées au Laboratoire de physique des interfaces et des couches minces (LPICM, École polytechnique, CNRS). Avec Pere Roca i Cabarrocas, directeur du LPICM, et ses équipes, ils ont mis au point une nouvelle technique de croissance de matériaux par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD) à faible température (200°C). L'association des différentes formes de silicium ainsi obtenues permettra d'exploiter au maximum le spectre lumineux pour **augmenter encore la performance des cellules solaires multi-jonctions**. Cette technique, protégée par un brevet, pourra à terme apporter des solutions à haut rendement et à bas coût nécessaires au développement à grande échelle de l'énergie photovoltaïque.

EDF mécène de l'X pour améliorer la gestion des fermes solaires

L'École polytechnique et le groupe EDF ont signé l'accord de recherche « Previnergy » destiné à améliorer la prévision de production d'électricité des fermes solaires grâce à l'offre d'électricité d'origine renouvelable proposée par EDF à ses clients. Ce partenariat permettra au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD, École polytechnique, Institut Pierre Simon Laplace, CNRS, ENS, UPMC) de poursuivre le développement du logiciel Pvscope pour la prévision à court terme de la production d'électricité solaire, créé en 2011. La nouvelle version attendue exploitera les informations satellites pour prévoir l'évolution des brouillards et stratus en temps réel, et leur impact sur la production d'électricité photovoltaïque.



## « MINIATURE », enfin un moteur pour les micro-satellites

L'apparition des micro-satellites est en train de révolutionner le domaine du spatial, mais leur utilisation est encore limitée par le manque de dispositifs de propulsion adéquats. Le Laboratoire de physique des plasmas (LPP, École polytechnique, CNRS, Université Paris Sud, UPMC, Observatoire de Paris) a conçu une solution combinant la propulsion plasma et les technologies de gravure des semi-conducteurs : un **propulseur ionique radio-fréquence** fonctionnant avec un combustible solide. Deux brevets ont été déposés en 2015, validant le concept. Depuis, le projet a reçu un financement de l'IDEX Paris-Saclay et est en phase de transfert de technologie à la SATT (Société d'accélération de transfert technologique) Paris-Saclay.



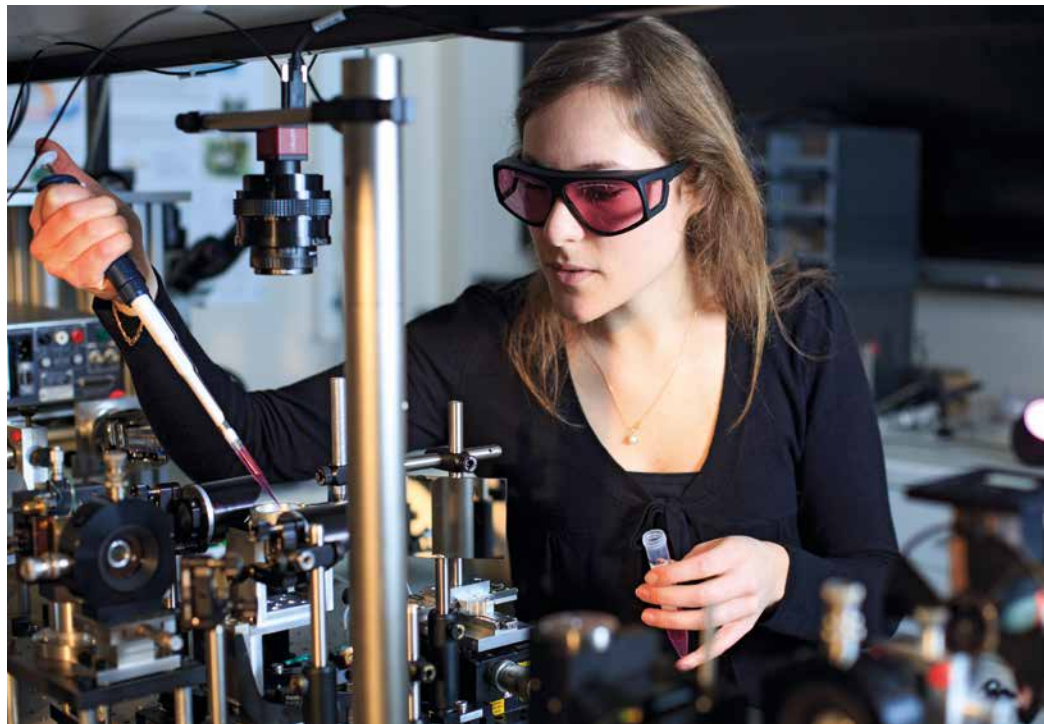
# BIO-INGÉNIERIE, BIOLOGIE ET SANTÉ



Aux interfaces entre mathématiques, physique, mécanique, informatique, chimie et biologie, de nombreux laboratoires de l'École polytechnique manipulent des systèmes vivants et font appel à la haute technologie pour résoudre des problèmes complexes et sociétaux émergents. Ce positionnement résolument interdisciplinaire s'incarne dans le programme X-BIO, visant une augmentation significative de la recherche dans ces domaines.

## LE STENT CARDIOVASCULAIRE intelligent

Le Laboratoire d'Hydrodynamique (Lad-HyX, École polytechnique, CNRS) et Ins-tent, un de ses spin-off, travaillent en synergie pour optimiser la performance des stents. Leur projet « MOTEUR : MOñTored stEnt simULation platfoRm », sélectionné dans les appels à projet A.S.T.R.E. du conseil départemental de l'Essonne, vise à développer un **système de télésurveillance des artères** d'un patient, suite à la pose d'un stent. Ces recherches sont notamment soutenues par le Fond AXA pour la recherche et la Fondation de l'X. Les travaux de Julie Lafaurie-Janvove, post-doctorante de cette équipe, portant sur l'amélioration de la cicatrisation de l'artère après la pose de stents, ont également été récompensés par la bourse L'Oréal « Pour les Femmes et la Science ».



## Alexey Aleksandrov, médaille de bronze du CNRS

Alexey Aleksandrov, chercheur au laboratoire de Biochimie (BIOC, École polytechnique, CNRS), a obtenu la médaille de bronze du CNRS pour ses travaux en modélisation informatique. Il étudie les mécanismes d'interaction entre les médicaments et les molécules biologiques, comme les protéines ou l'ADN. Grâce à la modélisation informatique, il a montré que les protéines ciblées par un médicament anticancéreux adoptent une forme spécifique leur permettant d'interagir avec cette molécule. Il s'intéresse aussi aux interactions entre les protéines et la tétracycline, un antibiotique. Ses résultats ont des **applications potentielles dans les traitements anticancéreux** et dans la lutte contre la résistance aux antibiotiques.

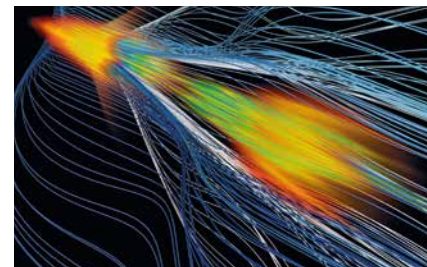
## DES NANOPARTICULES LUMINESCENTES pour des diagnostics plus performants

Lumedix Technologies, spin-off du Laboratoire d'optique et biosciences (LOB, École polytechnique, CNRS, Inserm), primé au concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes (iLab), est un exemple du lien entre recherche fondamentale et innovation. La start-up développe une nouvelle génération de tests de diagnostic *in vitro* utilisant des nanoparticules luminescentes. Elle s'appuie sur les recherches menées au LOB, en collaboration avec le laboratoire de Physique de la matière condensée (PMC, École polytechnique, CNRS), qui concernent la compréhension du fonctionnement des protéines et de leur organisation au sein des cellules et des tissus, et la **mise au point de nouvelles approches d'imagerie**. Dans ce cadre, le LOB a également déposé récemment un brevet sur une méthode d'imagerie multi-couleur pour quantifier précisément la dynamique spatio-temporelle des espèces oxydantes.

# MATIÈRE ET LUMIÈRE

## EN CONDITIONS EXTRÊMES

Les laboratoires de l'École polytechnique sont au tout premier plan international pour recréer et comprendre le comportement de la matière dans les conditions extrêmes, contribuer à la maîtrise de l'énergie de fusion, et envisager de nouvelles applications sociétales. Ils travaillent au coeur de ces questions et les étudient en combinant expérimentation, théorie, modélisation et simulation.



### ACCÉLÉRER DE L'ANTIMATIÈRE avec des plasmas

Les chercheurs du Laboratoire d'optique appliquée (LOA, École polytechnique, CNRS, ENSTA ParisTech, Université Paris-Saclay), au sein d'une collaboration internationale\* menée au SLAC (Stanford, USA), sont parvenus à accélérer des positrons, l'antiparticule de l'électron, dans un plasma.

La levée de ce verrou scientifique est une étape clé dans le développement de la **future génération d'accélérateur de particules** pour l'étude du monde subatomique : compacité et coût non rédhibitoire pour l'accès aux très hautes énergies. Ce nouveau concept pourrait être intégré dans le grand projet mondial de collisionneur électrons-positrons ILC (*International Linear Collider*), successeur du *Large Hadron Collider* (LHC) du CERN qui utilise, lui, les collisions protons-protons.

\*LOA, SLAC, UCLA, université d'Oslo, université de Tsinghua



### APOLLON, NAISSANCE DU LASER le plus puissant au monde

Apollon deviendra la première installation laser au monde à atteindre la puissance de 5 pétawatts, soit plusieurs fois celle des meilleurs lasers actuels. Parmi les projets scientifiques phares de l'École polytechnique, l'installation laser est portée par le Laboratoire d'utilisation des lasers intenses (LULI, École polytechnique, CNRS, CEA, UPMC) en partenariat avec le CNRS et le CEA. Grâce à son intensité lumineuse extrême, Apollon permettra de repousser les frontières de la connaissance, de la physique des plasmas relativistes à la physique du vide, en passant par de **nouvelles technologies d'accélération des particules et d'analyse de la matière**. Inauguré en septembre 2015, Apollon sera ouvert à l'ensemble de la communauté scientifique nationale et internationale à l'horizon 2018, à l'issue de ses tests de qualification. Il vise à développer des méthodes innovantes pour les systèmes dynamiques complexes afin d'optimiser la gestion énergétique locale et mondiale.

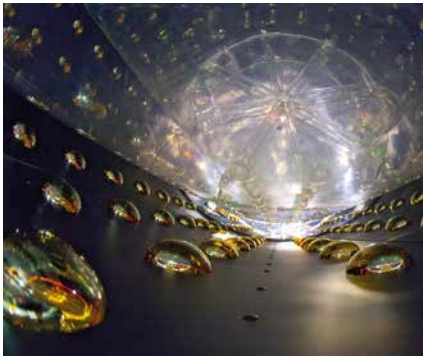


### XCAN, une nouvelle génération de lasers

XCAN, *X-Coherent Amplifying Network*, projet commun entre l'École polytechnique et Thales, vise à développer une nouvelle génération de lasers à base de réseaux de fibres optiques. Cette technologie est une voie prometteuse pour atteindre les cadences élevées et la grande efficacité énergétique nécessaires pour de nombreuses applications sociétales et de défense : photolithographie X-UV, neutralisation de composés chimiques dangereux, nettoyage des débris de satellites dans l'espace ou encore conception de réacteurs nucléaires « sous-critiques ». Ce projet, adossé au Laboratoire d'utilisation des lasers intenses (LULI, École polytechnique, CNRS, CEA, UPMC), bénéficie du soutien financier de la Fondation de l'École polytechnique et de la Direction générale de l'armement (DGA).

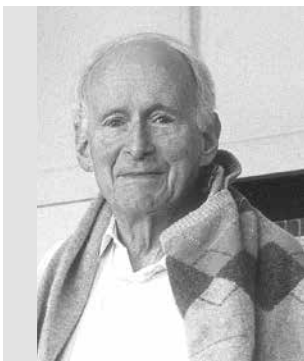
# STRUCTURES ET LOIS UNIVERSELLES

Motivé par la progression de la compréhension du monde, le Centre de recherche travaille au cœur des questions mathématiques et physiques et les étudie à travers la théorie, la modélisation, la simulation et l'expérimentation. De leurs résultats pourront émerger des concepts nouveaux pouvant amener à des innovations de rupture pour notre société.



## LE NEUTRINO, clé pour une nouvelle physique ?

L'expérience internationale T2K, à laquelle participe le Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR, École polytechnique, CNRS), est lauréate du prix de la *Fondation Breakthrough Prize*, lancée par les créateurs de Facebook et Google. T2K est récompensée pour la confirmation expérimentale de l'oscillation des neutrinos : une découverte capitale en physique fondamentale, corroborée par le **prix Nobel de physique 2015**. Actuellement, les recherches se poursuivent avec l'expérience JUNO, à laquelle collabore le LLR, pour réussir à déterminer la masse des neutrinos. Ces travaux ont d'importantes conséquences sur la compréhension de l'infiniment petit à l'infiniment grand.



## Laurent Schwartz, mathématicien à l'honneur

L'année 2015 a été marquée par le centenaire de la naissance de Laurent Schwartz et le cinquantenaire du Centre de mathématiques Laurent

Schwartz (CMLS, École polytechnique, CNRS). À l'occasion du centenaire, le CMLS et le Laboratoire interdisciplinaire de l'X (LinX) ont organisé une journée d'étude consacrée à la vie et à l'œuvre du célèbre mathématicien. **Premier français médaillé Fields**, membre de l'Académie des sciences et citoyen engagé, Laurent Schwartz a profondément marqué l'enseignement et la recherche à l'X. Le CMLS, dont il fut le fondateur en 1965, a célébré son cinquantenaire au cours de deux journées de conférences scientifiques, suivies d'une journée consacrée à la renaissance du *Journal de l'École polytechnique - Mathématiques*.



## LE LHC NOUVEAU arrive

Afin d'analyser les **collisions de particules** de haute luminosité prévue en 2025 au LHC, la collaboration CMS a sélectionné le projet *High Granularity CALorimeter* (HGCal) pour créer un nouveau calorimètre dans son détecteur. Ce type de détecteur, imageur à large nombre de pixels, a été développé depuis 15 ans dans le laboratoire Leprince-Ringuet (LLR, École polytechnique, CNRS), reconnu mondialement pour cette expertise. L'adaptation du calorimètre aux conditions de fonctionnement du LHC est un véritable défi technologique pour les chercheurs et ingénieurs du LLR et de l'unité Organisation de micro-électronique générale avancée (Omega, École polytechnique, CNRS), qui sont en première ligne dans ce projet international.

## UNE AVANCÉE MAJEURE sur la température de l'atmosphère du Soleil

Des chercheurs du Centre de physique théorique (CPhT - École polytechnique/CNRS) ont résolu un problème ancien en astrophysique : **pourquoi l'atmosphère du Soleil est-elle bien plus chaude**, jusqu'à 1 million de degrés, que sa surface qui n'atteint qu'environ 6000 degrés ? Ils ont mis en évidence toute une « végétation » magnétique solaire (racines, mangrove, troncs d'arbre...) capable d'apporter l'énergie pour chauffer l'atmosphère et expliquer cette différence de température. Ces résultats ont été obtenus en simulant l'évolution d'une partie de l'intérieur et de l'extérieur du Soleil. Ces recherches participent à une meilleure connaissance de notre étoile, en révélant des autres composantes de sa météo (jets, tornades, micro-éruptions, ondes...) impliquées dans la naissance du vent solaire qui parvient jusqu'à nous.



## CONCEPTS ET MÉTHODES POUR LA SOCIÉTÉ NUMÉRIQUE

Les chercheurs de l'École polytechnique explorent les nouveaux concepts engendrés par la révolution du numérique. Ils étudient les nouvelles questions de contrôle, de propriété, d'accès, d'analyse, d'utilisation et d'éthique qui impactent tous les aspects de la vie sociale, de l'économie à la culture en passant par les communications : autant d'enjeux essentiels dans une société où la puissance du numérique s'impose inexorablement.

### Décider au bon TEMPO

La gestion des aléas économiques, financiers ou naturels est une problématique fondamentale pour les entreprises confrontées à ces risques tels que **les assurances, les banques, l'aéronautique, les risques industriels...** L'équipe SIMPAS du Centre de mathématiques appliquées (CMAP, École polytechnique, CNRS) développe des algorithmes mathématiques performants pour s'adapter à ces aléas en temps réel. Le projet TEMPO, « TEMPs d'intervention Optimaux pour l'aide à la décision », vise notamment à développer des outils informatiques d'aide à la décision déterminant les meilleurs moments d'intervention. Il est actuellement en maturation au sein de la SATT Paris-Saclay.



### Michel Fliess, Prix Ampère de l'Académie des Sciences

Michel Fliess, chercheur émérite au Laboratoire d'informatique (LIX, École polytechnique, CNRS), est lauréat du Prix Ampère de l'Académie des sciences. Ses recherches portent sur des méthodes algébriques originales en automatique, estimation et identification, qui ont considérablement fait progresser ces disciplines. Depuis 2006, en collaboration avec Cédric Join, de l'université de Lorraine, Michel Fliess développe « la commande sans modèle » : une méthode de régulation d'un dispositif sans avoir à en fournir une description mathématique. Les mises en œuvre pratiques sont nombreuses et en constante progression dans l'industrie. En 2015, **une gestion automatisée des feux tricolores** sur les bretelles d'accès a été testée avec succès sur une autoroute du nord de la France. Elle devrait être mise en service prochainement sur une plus vaste échelle.



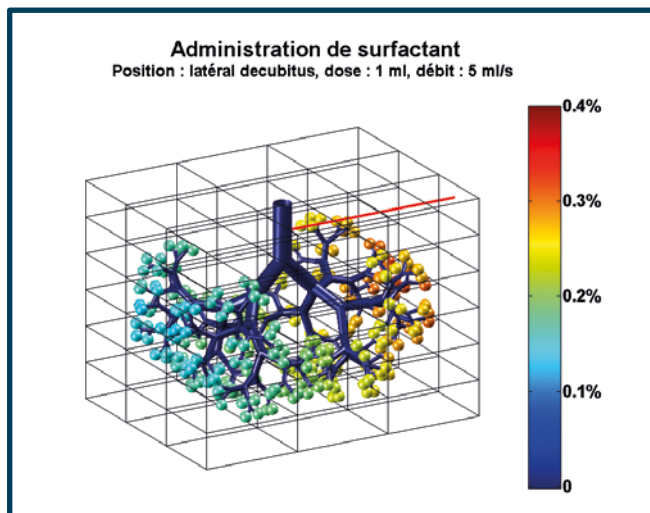
### SOGRID : comment un grid devient smart

Réunissant dix partenaires académiques et industriels, le projet SoGrid, financé par l'Ademe et piloté par ERDF, participe au développement des **réseaux électriques intelligents** ou *smart grids*. Ce consortium a mis au point une puce électronique de nouvelle génération permettant aux différents équipements installés sur le réseau de communiquer entre eux. Le Laboratoire d'informatique de l'X (LIX, École polytechnique, CNRS) s'est consacré, d'une part, à l'optimisation du déploiement des capteurs sur les différentes parties du réseau électrique pour permettre son observabilité ; et d'autre part au développement de l'architecture de communication de l'ensemble du *smart grid*. Le projet est actuellement en déploiement sur le réseau électrique de la région de Toulouse.



# MODÉLISATION ET OPTIMISATION DES SYSTÈMES COMPLEXES

Les chercheurs de l'École polytechnique mettent à profit leurs compétences pour comprendre et maîtriser la complexité du monde qui nous entoure, qu'il s'agisse de phénomènes naturels ou d'artefacts créés par l'activité humaine. Ils développent ainsi de nouvelles théories, de nouveaux langages et concepts pour répondre à des enjeux socio-économiques décisifs.



## 1<sup>er</sup> MODÈLE 3D pour le traitement des détresses respiratoires

Le laboratoire de Physique de la matière condensée (PMC, École polytechnique, CNRS) en collaboration avec l'Université du Michigan, a élaboré le premier modèle numérique tridimensionnel du poumon. Ce modèle, basé sur les équations de l'hydrodynamique, permet de **prédire le transport et la répartition dans les poumons d'un médicament**, palliant au manque de surfactant nécessaire à la respiration. Il ouvre de nouvelles perspectives thérapeutiques dans le traitement des troubles respiratoires, notamment les syndromes de détresse respiratoire touchant les bébés prématurés et les adultes.

## MODÉLISER LA COMPLEXITÉ des écosystèmes

Inaugurée en 2009, la chaire d'enseignement et de recherche « Modélisation mathématique et biodiversité » a été renouvelée pour cinq ans par l'École polytechnique, la Fondation de l'X, le Muséum national d'Histoire naturelle et Veolia. Elle crée une synergie originale entre mathématiques appliquées, écologie, biodiversité et évolution. Dans ce cadre, les modélisations mathématiques développées par le Centre de mathématiques appliquées (CMAP, École polytechnique, CNRS) contribuent à la **compréhension de phénomènes biologiques complexes** et apportent un éclairage objectif et dépassionné à des enjeux sociétaux majeurs dans le domaine de l'environnement et de la santé.

# MARCHÉS, INNOVATION ET RELATIONS SCIENCE ET SOCIÉTÉ

Formaliser les processus organisationnels de la société, analyser les processus d'innovation, comprendre la dynamique des marchés financiers, tester l'efficacité des politiques publiques, analyser l'évolution des sciences et leur impact global sur la société... sont autant d'enjeux essentiels qu'étudient les laboratoires de l'École polytechnique.



## CREST ET I3 : deux nouveaux laboratoires

Pour mettre en perspective les savoirs scientifiques, l'innovation et la société, les chercheurs de l'X se rassemblent avec leurs partenaires pour créer deux nouveaux laboratoires : l'Institut interdisciplinaire de l'innovation (I<sup>3</sup>, École polytechnique, CNRS, Mines ParisTech, Telecom Paristech) et le Centre de recherche en économie et de statistique (CREST, École polytechnique, CNRS, GENES). I<sup>3</sup> étudie les phénomènes d'innovation en développant le **dialogue entre plusieurs disciplines, dont l'économie, la gestion et la sociologie**. Le CREST, quant à lui, s'enracine dans une culture caractérisée par un attachement fort aux méthodes quantitatives, aux données, à la modélisation mathématique et aux allers et retours entre modèles et faits empiriques dans le but de résoudre des problèmes économiques et sociaux concrets (à l'aide de la statistique, l'économie mathématique, l'économétrie théorique, la micro-économétrie, la finance, la sociologie quantitative...).

## VALORISATION DES COLLECTIONS HISTORIQUES pour l'enseignement et la recherche

Le Laboratoire interdisciplinaire de l'X (LinX) et le Groupe d'histoire des sciences d'Orsay (GHDSO) de l'université Paris-Sud sont lauréat de la Diagonale Paris-Saclay pour leur projet de plateforme numérique de valorisation des collections patrimoniales. Cette plateforme jouera un rôle d'interface entre sciences et sociétés en articulant valorisation de collections patrimoniales, diffusions des savoirs, enseignement et recherche. Elle se composera d'un **portail muséographique**, d'une rubrique de publication périodique des travaux d'étudiants en histoire des sciences ainsi que d'une structure d'édition critique de manuscrits. Le projet servira également de support au développement de formations à distance en histoire des sciences (MOOC).

## Recherche qualitative, meilleur ouvrage scientifique

Le livre « Méthodologie de la recherche qualitative » d'Hervé Dumez, chercheur à l'Institut interdisciplinaire de l'innovation (I<sup>3</sup>, École polytechnique, CNRS, Mines ParisTech, Telecom Paristech), a reçu le prix du meilleur ouvrage scientifique de la Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises (FNEGE). L'ouvrage revient sur les fondements épistémologiques de ce type d'approche et en précise les principes méthodologiques (codage du matériau, description, narration, etc.). Ce livre s'adresse aux chercheurs et doctorants en gestion, mais aussi en sociologie, en science politique et dans d'autres disciplines proches, qui pratiquent la recherche qualitative ou compréhensive.



# FORMER

*Une étudiante  
de l'École polytechnique  
lors de la remise  
des diplômes de master  
et de doctorat  
le 5 juin 2015*



# LA CULTURE SCIENTIFIQUE, HUMANISTE ET ENTREPRENEURIALE AU SEIN DE L'OFFRE DE FORMATION



En 2015, l'École polytechnique se positionne à la 10<sup>e</sup> place du classement mondial des établissements les plus performants en matière d'employabilité. Le classement QS « Graduate employability rankings » confirme ainsi **l'attrait des diplômés de l'X auprès des employeurs du monde entier**. C'est dans cet esprit que l'École polytechnique poursuit son rapprochement avec les entreprises. L'X continue à faire évoluer ses cursus pour répondre au plus près aux évolutions du monde économique, aux besoins des entreprises allant des PME aux grands groupes, et cela consacrant une place grandissante à l'enseignement par la recherche. L'École franchit une nouvelle étape en proposant une nouvelle offre de formation continue, venant compléter les trois cycles de formation que sont le cycle ingénieur polytechnicien, les parcours de master et le doctorat.

## 3 CYCLES DE FORMATION tournés vers les attentes des entreprises, des centres de recherche et des institutions publiques pour former les leaders de demain

### Ingénieur polytechnicien

**522** ÉLÈVES DANS LA PROMOTION  
2015 DONT 23 % D'INTERNATIONAUX

**1910** ÉLÈVES DANS LE CURSUS  
INGÉNIEUR À LA RENTRÉE 2015

LES CHIFFRES DU CONCOURS 2015 DU CYCLE INGÉNIEUR

- 8 filières de recrutement • 4600 candidats français • 890 candidats étrangers
- 18 élèves français admis issus de la filière universitaire • 15% de jeunes femmes
- 15,5% de boursiers parmi les élèves français

*Vers une augmentation des places pour la filière universitaire en 2016*

*En 2015, 18 places ont été proposées aux étudiants français issus de l'université.*

*En 2016, l'École polytechnique espère recruter 23 élèves issus de la filière universitaire, l'objectif étant, d'ici cinq ans, de proposer jusqu'à 50 places pour les étudiants issus de cette filière.*

### Diplôme national de Master

Parcours de master dont la diplomation est assurée par l'université Paris-Saclay.

- 40 parcours dans 13 mentions différentes
- 420 étudiants de master inscrits à l'École polytechnique
- 66% d'internationaux • 27% de jeunes femmes

### Doctorat

Les doctorants du Centre de recherche de l'École polytechnique sont inscrits dans 10 des écoles doctorales de l'université Paris-Saclay. L'École polytechnique est chargée d'animer « Interface », une école doctorale de l'université Paris-Saclay qui privilégie les recherches pluridisciplinaires.

- 491 doctorants dans les laboratoires de l'École polytechnique
- 41% d'internationaux • 27% de jeunes femmes

## L'offre de formation dans le cadre de l'université Paris-Saclay

L'École polytechnique contribue à la construction de l'université Paris-Saclay en lui déléguant la diplomation de la totalité de ses diplômes nationaux de masters et des doctorats. Ainsi, les parcours de master de l'École polytechnique font désormais partie de l'offre de formation de master mutualisée entre les établissements de Paris-Saclay dans 49 mentions différentes. Un « collège doctoral », également commun aux établissements de Paris-Saclay, est chargé de délivrer le diplôme de doctorat de l'université Paris-Saclay.



## CYCLE INGÉNIEUR

### Les compétences pluridisciplinaires et le leadership développés grâce aux projets et à la formation humaine

#### La formation par projet en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> années du cycle ingénieur

Depuis 2015, les élèves du cycle ingénieur polytechnicien ont la possibilité de mener un projet d'approfondissement supervisé par un professeur ou une entreprise tout au long de la 3<sup>e</sup> année. Ce travail peut prendre, par exemple, la forme d'un projet scientifique en laboratoire, d'une création d'entreprise ou d'une participation à un projet de start-up, ou encore de la poursuite d'un « Projet scientifique collectif » qui aurait été mené tout au long de la 2<sup>e</sup> année du cursus.

#### Des élèves aident une start-up de l'X à exploiter ses données

La start-up ADM Polar, accélérée à l'École polytechnique et lancée par des doctorants et jeunes diplômés de l'X, développe une solution d'imagerie médicale d'aide au diagnostic du cancer du col de l'utérus pour les professionnels de santé.

En 2015, la start-up, dont la solution est basée sur la création de données polarimétriques, a fait appel à plusieurs élèves de 3<sup>e</sup> année pour qu'ils apportent leur expertise dans le domaine de l'analyse des données.

#### Créer du lien entre les élèves et les entreprises

Dès 2016, deux semaines de jeu d'entreprise, de rencontres et de tables rondes avec des professionnels de l'entreprise seront proposées à tous les élèves de 3<sup>e</sup> année du cycle ingénieur polytechnicien.

Les différents métiers des ressources humaines, finance, marketing, juridique ou production y seront représentés.

Ces rencontres sont organisées par le nouveau département Management de l'innovation et entrepreneuriat (MIE) de l'X.

#### Une formation humaine, militaire et sportive unique dans une école d'ingénieurs

Véritable spécificité au sein d'une grande école d'ingénieurs française, cette formation permet aux élèves de développer des compétences relationnelles et managériales.



#### > DES MÉTHODES DONT S'INSPIRE LE MONDE DE L'ENTREPRISE

Durant une formation militaire initiale de trois semaines, les élèves acquièrent les **méthodes de management** militaire qui leurs seront indispensables en tant que futurs dirigeants, à savoir : identifier les difficultés du poste de leader, apprendre à s'organiser, à prendre du recul et à anticiper. Les élèves ingénieurs apprennent à travailler en équipe et l'importance de la vie en collectivité.

#### > UN STAGE CITOYEN POUR DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES RELATIONNELLES

Le stage de formation humaine, sans équivalent dans les autres écoles d'ingénieurs, est réalisé dès la 1<sup>ère</sup> année du cursus. Les élèves choisissent de partir 6 mois en formation militaire (armée de l'air, de terre, gendarmerie, marine nationale) ou civile (dans des associations humanitaires, dans des lycées défavorisés, dans des administrations pénitentiaires, etc.). Cet engagement citoyen de terrain vise à favoriser, chez les élèves, **l'ouverture d'esprit au service des autres**.

#### > LA FORMATION HUMAINE PROMUE PAR LE SPORT

Les élèves ingénieurs choisissent un sport parmi les 15 disciplines sportives proposées et ils s'entraînent **6 heures par semaine** pendant tout leur cursus. Cette pratique intensive du sport leur permet de connaître leurs limites et leur enseigne l'humilité, le goût de l'effort et la cohésion d'équipe.

#### Une formation essentielle pour toute leur vie

« Notre devoir est de faire prendre conscience aux élèves que l'esprit de Défense va au-delà de leur formation militaire initiale et de leur stage de formation humaine, et que leurs responsabilités, au service de l'intérêt général, vont plus loin et dépassent les murs de l'École. Ils doivent comprendre pourquoi cette formation est essentielle pour toute leur vie ».

**Le colonel Bernard Tourneur** est nommé chef de corps et directeur de la formation humaine et militaire à l'École polytechnique en juillet 2015.

## Les anciens de l'X de plus en plus impliqués dans l'encadrement des stages en entreprise

Pour la première fois en 2015, les bénévoles de la Fondation de l'École polytechnique ont encadré les stages en entreprise effectués par les élèves en 2<sup>e</sup> année du cycle ingénieur. Anciens élèves de l'X, ces bénévoles sont pour la plupart issus du monde de l'entreprise.

### Encadrer les élèves avant, pendant et après le stage

« Le rôle du référent est d'encadrer les élèves polytechniciens avant, pendant, et après leur stage. Il est le point de contact principal entre l'élève, le tuteur désigné par l'entreprise et l'École polytechnique ». **Jean-Bernard Lartigue**, délégué général de la Fondation de l'École polytechnique et ancien dirigeant du groupe TOTAL, a accompagné 14 stagiaires.



## PERSPECTIVES 2016 : trois nouvelles formations

### Bachelor

L'École polytechnique proposera à la rentrée 2017 un programme sanctionné par un diplôme de bachelor. Ce cursus sélectif, d'une durée de trois ans, s'adressera aux candidats français et internationaux à très haut potentiel et prêts à étudier dans un environnement international compétitif. Ce cycle de niveau undergraduate offrira une formation pluridisciplinaire d'excellence centrée sur l'enseignement des sciences.

### Graduate degree

Ce programme en deux ans, exclusivement en anglais et à l'international, sera proposé dès la rentrée 2016. Le programme mettra l'accent sur un enseignement conçu en relation étroite avec les **besoins des entreprises**. Trois parcours seront ouverts en 2016 : *Connected Objects for a Digitized Society*, *Energy Environment : Science Technology and Management* et *Corporate Strategy & New Markets*. L'admission se fera sur dossier et entretien pour les titulaires d'une licence ou d'un bachelor.

### PhD Program

Ce programme en cinq ans (deux années de master et trois années de doctorat) gratifié par des diplômes de l'Université Paris-Saclay s'adresse aux étudiants qui souhaitent s'orienter dès le master vers une **formation au contact de la recherche**. Ce programme est conçu pour alimenter les laboratoires du Centre de recherche de l'École polytechnique en étudiants à très haut potentiel. Ces parcours individualisés et exigeants sont assortis de conditions financières et d'accueil attractives (mise à disposition d'une bourse pour les deux premières années de master).

## UN ENGAGEMENT SOCIÉTAL

Au-delà du stage citoyen dans lequel 120 élèves polytechniciens se sont engagés pour l'égalité des chances en 2015, l'École polytechnique poursuit une quarantaine d'actions en faveur de l'égalité sociale, de l'égalité homme-femme et du handicap à travers son Pôle diversité et réussite.

### Des bourses et des partenariats

Parmi les actions les plus emblématiques, le programme « X-Post bac » accorde chaque année **une aide financière** à de brillants élèves issus de milieux défavorisés qui ont décidé de poursuivre un cursus scientifique en classes préparatoires ou à l'université. Dans le cadre des « cordées de la réussite », l'École a également signé trois partenariats avec des lycées pour aider les lycéens à intégrer l'enseignement supérieur et notamment les filières d'excellence : « Une Grande École Pourquoi Pas Moi ? » en Essonne, « X-Tremplin » en Seine-Saint-Denis et « Mat's les vacances » dans toute la France.



#### L'ÉGALITÉ DES CHANCES ET LA DIVERSITÉ EN CHIFFRES

**40** ACTIONS MENÉES DANS L'ÉDUCATION :

- 31 bourses X-post Bac attribuées par la Fondation de l'X à des lycéens en classes préparatoires scientifiques
- 1000 lycéennes sensibilisées pour créer des vocations scientifiques et lutter contre l'autocensure
- 27 lycéens poursuivent le programme « Une Grande École Pourquoi Pas Moi ? »

**120** ACTEURS IMPLIQUÉS À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

**4** ACTIONS SUR LE THÈME DE LA SENSIBILISATION AU HANDICAP

### Un nouveau projet avec l'ENS pour lutter contre l'autocensure des filles

En 2015, l'École polytechnique s'associe à l'École normale supérieure de Paris pour lancer le projet « X-ENS au féminin ». Ce partenariat vise à **déconstruire les préjugés** et à lutter contre l'autocensure des filles qui hésitent à passer les concours tels que ceux de l'X et de l'ENS. Pour agir dans ce sens, des rencontres sont organisées entre des jeunes filles en classes préparatoires scientifiques et des élèves polytechniciennes.

### Une journée pour sensibiliser les élèves au handicap

En mai 2015, le Pôle diversité et réussite de l'X a organisé une journée pour sensibiliser les élèves ingénieurs aux enjeux relatifs au handicap et à la lutte contre les préjugés. L'objectif est d'aider les futurs diplômés à apprendre à appréhender les problématiques auxquelles ils pourront être confrontés dans leurs futures responsabilités.





## QUATRE NOUVEAUTÉS EN 2015

### 1. UN NOUVEAU DÉPARTEMENT Management de l'Innovation et Entrepreneuriat

Pour répondre aux évolutions du monde économique et aux besoins des entreprises, l'École polytechnique a créé un département dédié au management de l'innovation et entrepreneuriat. La création de ce département vient compléter l'ensemble des actions déjà engagées par l'X afin de **sensibiliser les élèves et étudiants à l'importance de l'innovation technologique et de l'entrepreneuriat**. Ce nouveau département vient s'ajouter aux dix départements d'enseignement et de recherche de l'École polytechnique consacrés aux disciplines suivantes : biologie, chimie, économie, humanités et sciences sociales, informatique, langues et cultures, mathématiques, mathématiques appliquées, mécanique et physique.

« Former des jeunes agiles, capables de comprendre les contraintes de l'entreprise et les méthodes pour la transformer. »

**Florence Charue-Duboc**, présidente du département Management de l'innovation et entrepreneuriat.

### 2. DEUX NOUVELLES CHAIRES D'ENTREPRISE dans le domaine de l'innovation technologique et des sciences des données

L'École polytechnique continue de renforcer ses liens avec les entreprises en se dotant, en 2015, de deux nouvelles chaires d'entreprise qui permettent de former les élèves dans des domaines à la pointe et au plus près des besoins des industriels. Au total, l'École compte 18 chaires actives pour l'année 2015.

LES CHAIRES  
D'ENTREPRISE EN  
CHIFFRES

19 CHAIRES  
D'ENTREPRISES

23 ENTREPRISES  
MÉCÈNES DES  
CHAIRES

#### Chaire « Innovation Technologiques et Entrepreneuriat »

Créée le 7 avril 2015 par l'École polytechnique, l'Isae-Supaero, Zodiac Aerospace et BNP Paribas, cette chaire a pour objectif de favoriser l'émergence d'ingénieurs-entrepreneurs dans les technologies et le numérique et de créer une plateforme ouverte de formation à l'entrepreneuriat.

#### Chaire « Data Science for Insurance Sector »

Portée par la Fondation de l'École polytechnique et inaugurée par l'École polytechnique et le groupe AXA le 29 juin 2015, la chaire « Data Science for Insurance Sector » a pour vocation de promouvoir les métiers des sciences des données dans le secteur de l'assurance auprès des jeunes diplômés mais également de développer la recherche sur cette thématique.

#### 2 chaires renouvelées en 2015

En décembre 2015, les chaires « Ingénierie des systèmes complexes » et « Modélisation mathématique et biodiversité » de l'X ont été renouvelées pour une durée de cinq ans.

### 3. UNE ACCÉLÉRATION DANS LE DÉPLOIEMENT DES MOOCS

L'année 2015 marque une accélération dans le développement des MOOCs (Massive Open Online Courses) de l'École polytechnique. L'X, premier établissement français à avoir lancé des formations sur la plateforme américaine Coursera dès 2013, continue de développer son offre en matière de MOOCs. Grâce à un don important de la Fondation Patrick et Lina Drahi, plus de **vingt nouveaux MOOCs** sont en cours de production pour permettre de faire rayonner plus largement, et à l'international, les formations uniques de l'École.



#### L'École lance : Un MOOC sur les interactions fluide-solide

En 2015, l'X lance son premier MOOCs en anglais sur la plateforme Coursera. Ce cours de mécanique porte sur la compréhension des interactions fluide-solide.

#### Un MOOC pour favoriser la création de start-up

L'École polytechnique et HEC proposent depuis avril 2015 un MOOC pour aider les futurs créateurs d'entreprises technologiques. Le cours se compose de sessions méthodologiques et de témoignages d'experts tels que des entrepreneurs, des investisseurs et des mentors.

#### LES MOOCS EN CHIFFRES

**62 200** INSCRITS,  
DONT 15% DES PARTICIPANTS  
OBTIENNENT UNE CERTIFICATION

**11** MOOCS DIFFUSÉS

**25** PROGRAMMES EN COURS  
DE PRODUCTION OU EN PROJET

#### Le MOOC « Optique non-linéaire » primé pour sa pédagogie active

En juillet 2015, la Société française d'optique a décerné le prix Arnulf Françon à Manuel Joffre, directeur de recherche au laboratoire d'optique et biosciences et professeur associé à l'X, et Vincent Kemlin, chargé d'enseignement à l'X, pour leur MOOC « Optique non-linéaire » qui propose des simulations et des expériences filmées sur une des expertises du Centre de recherche de l'X.

### 4. UNE NOUVELLE OFFRE de formation continue

En mars 2015, l'École polytechnique a lancé son offre de formation *École polytechnique Executive Education*. L'École répond ainsi aux besoins des entreprises et des particuliers en matière de formation continue en capitalisant sur son expertise scientifique d'excellence.

Des programmes de formation certifiants et diplômants sont proposés pour permettre aux jeunes diplômés et aux managers plus expérimentés de maîtriser les technologies émergentes afin de répondre notamment aux défis de la **science des données**, de l'**internet des objets** ou encore du **calcul haute performance**.



# INTERNATIONAL

## DES PARTENARIATS STRATÉGIQUES

Dans le cadre de sa stratégie de développement international, l'École polytechnique initie et accompagne de nombreuses initiatives de coopération et d'échanges portant sur l'innovation et l'entrepreneuriat avec ses partenaires académiques du monde entier.

### DES ACCORDS pour promouvoir l'innovation technologique

En avril 2015, un accord a été signé entre l'X et l'EPFL en vue de renforcer leur coopération académique, mais aussi de rapprocher leurs activités de soutien à l'entrepreneuriat et à l'innovation technologique afin d'accompagner **l'émergence et le développement de start-ups**, un axe stratégique clé pour les deux institutions.

En septembre 2015, ce sont les accélérateurs de l'École polytechnique et du Technion, X-Up et le T-Factor, qui ont signé un accord de coopération, en présence du Ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, Emmanuel Macron, lors de sa visite d'État en Israël, facilitant **l'échange de bonnes pratiques** et **l'accès à leurs réseaux** respectifs.

### FAVORISER LES ÉCHANGES ÉTUDIANTS sur le thème de l'entrepreneuriat

Dans le cadre du **programme Alliance** qui la relie à Columbia University, l'X a accueilli, en mars 2015, 15 étudiants américains de la *Columbia Organization of Rising Entrepreneurs* (CORE), l'une des plus importantes associations étudiantes américaines dédiées à l'entrepreneuriat. En retour, 12 élèves polytechniciens du Cabinet Start-Up, l'homologue de CORE à l'X, se sont rendus dix jours en décembre à New York pour **découvrir l'écosystème entrepreneurial aux États-Unis**. En 2015, 13 élèves du master Innovation technologique ont également pu bénéficier d'un séjour d'échange à l'université de Berkeley dans le cadre de l'accord sur l'entrepreneuriat et l'innovation que l'X a noué avec l'établissement américain.

### INNOVER DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE : l'X membre du Siebel Energy Institute

Destiné à favoriser les échanges et collaborations de recherche pour répondre aux défis énergétiques du XXI<sup>e</sup> siècle, le Siebel Energy Institute, lancé officiellement le 4 août 2015, regroupe huit établissements de premier plan : aux États-Unis, le MIT, Carnegie Mellon, Princeton, Berkeley et l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign ; en Asie, l'Université de Tokyo et en Europe, Politecnico di Torino et l'École polytechnique. Cet Institut finance des **projets de recherche et d'innovation dans le domaine de la gestion de l'énergie** tout en encourageant les collaborations entre les universités membres.

### ENCOURAGER LA MOBILITÉ des chercheurs avec le programme Alliance

Dans le cadre de « Visiting Professors », du programme Alliance, qui facilite la création de synergies académiques et de recherche avec l'Université Columbia, l'École a accueilli Lorenzo Polvani, professeur en mathématiques appliquées et en environnement, d'avril à mai 2015. Yvan Bonnassieux, professeur à l'École polytechnique et chercheur au Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces, a lui rejoint Columbia d'avril à juin. Un échange qui a donné lieu au financement d'un projet de recherche entre le LPICM et le Columbia Laboratory for Unconventional Electronics.



### En Afrique, l'X soutient l'esprit d'innovation et la dynamique entrepreneuriale

- En octobre 2015, l'École polytechnique a rejoint le Réseau d'Excellence des Sciences de l'Ingénieur de la Francophonie (RESCIF), une alliance entre 14 universités technologiques francophones issues de pays développés et émergents, parmi lesquels plusieurs établissements africains. Un des axes de ce réseau est de soutenir l'entrepreneuriat.

- En avril 2015, le groupe X-Maroc, association d'anciens élèves de l'École polytechnique au Maroc, a organisé un colloque sur l'entrepreneuriat et l'innovation, sous le haut patronage de Sa Majesté le Roi Mohammed VI.

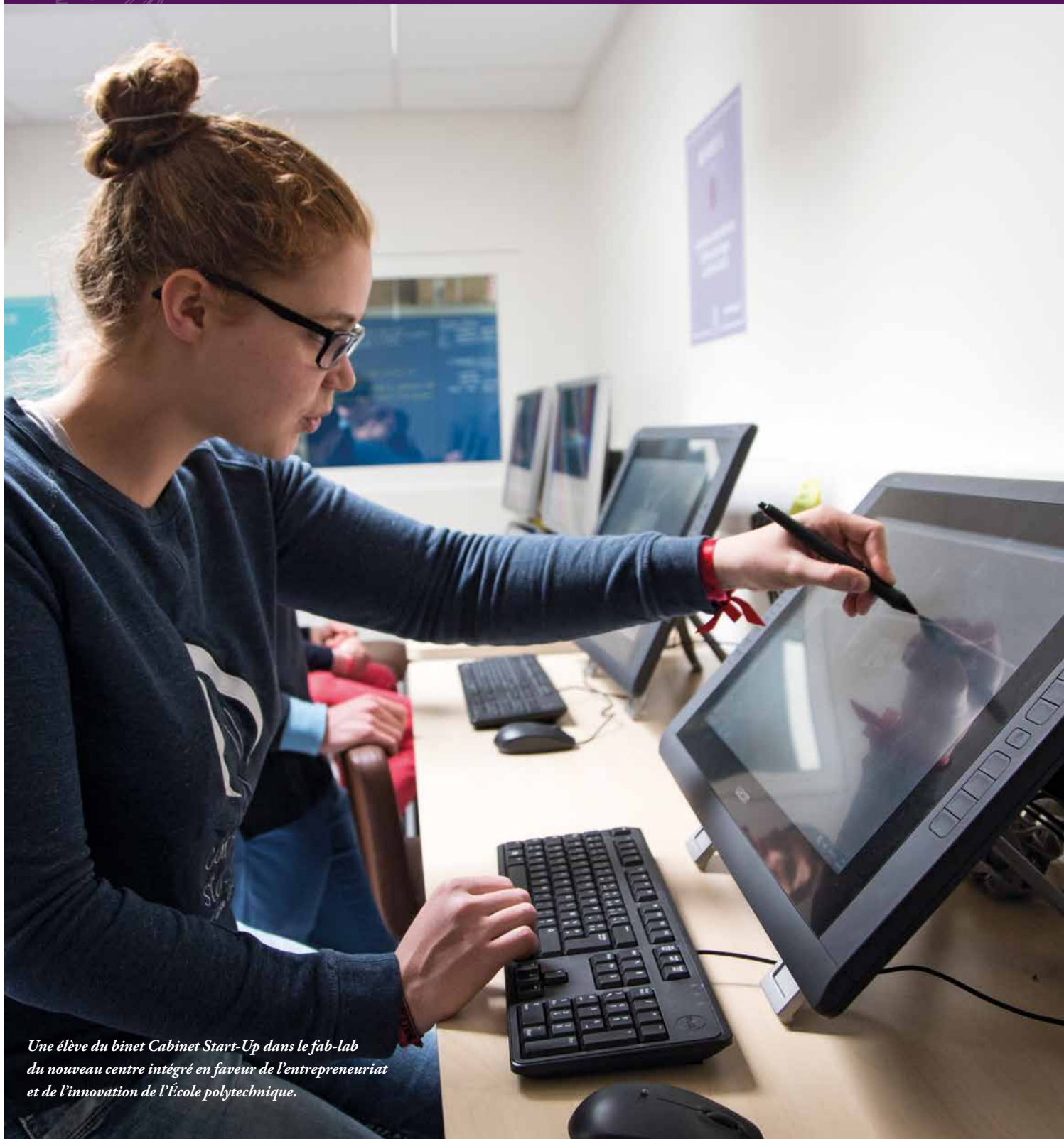
- En 2015, l'X a signé plusieurs accords de coopération sur le continent africain : l'Institut national polytechnique Félix Houphouët Boigny devient ainsi partenaire de l'X en avril, l'Université Cheikh-Anta-Diop de Dakar en juillet, puis l'université Euro-Méditerranéenne de Fès en septembre.

- L'École polytechnique facilite également l'accès des candidats africains à ses formations.

Elle a ainsi ouvert deux nouveaux centres d'examen en Afrique, l'un à Marrakech, l'autre à Dakar, et a signé des accords de partenariat avec deux lycées marocains de premier plan pour y accompagner et soutenir les élèves préparant les concours d'écoles d'ingénieurs.



# INNOVER & ENTREPRENDRE



*Une élève du binet Cabinet Start-Up dans le fab-lab du nouveau centre intégré en faveur de l'entrepreneuriat et de l'innovation de l'École polytechnique.*

# ACCOMPAGNER

## LES ENTREPRENEURS



17.09.15

FRANÇOIS HOLLANDE  
RENCONTRE LES  
ENTREPRENEURS DE L'X



+ DE **60**  
PROJETS ET CRÉATIONS  
DE START-UP EN 2015

UN RÉSEAU  
ACTIF DE

**300**



ENTREPRENEURS  
ET 280 START-UP



**176**  
START-UP CRÉÉES SUR  
LES 5 DERNIÈRES ANNÉES

DEPUIS 2010 :



**63** JEUNES  
DIPLÔMÉS/ÉTUDIANTS  
ONT CRÉÉ UNE ENTREPRISE  
PENDANT LEURS ÉTUDES OU  
DIRECTEMENT APRÈS  
L'OBTENTION DE LEUR DIPLÔME



**21** START-UP  
ACCUEILLIES AU SEIN  
DE L'ACCÉLÉRATEUR X-UP  
ET DE L'INCUBATEUR  
X-TECH EN 2015

**3** MASTERS  
DÉDIÉS À L'ENTREPRENEURIAT  
ET À L'INNOVATION





# 2015, L'ANNÉE DE L'ENTREPRENEURIAT

La culture entrepreneuriale fait partie intégrante de l'enseignement et de la recherche à l'École polytechnique. Si l'X a toujours formé des entrepreneurs, cette dimension est aujourd'hui au cœur de sa stratégie. L'année 2015 marque une étape majeure dans le plan stratégique en faveur de l'entrepreneuriat et de l'innovation à Polytechnique : l'ouverture du nouveau bâtiment « LA FIBRE ENTREPRENEUR – Drahi - X Novation Center » et la création d'un « *Entrepreneurship Advisory Board* » symbolisent cette nouvelle impulsion.



## L'ÉCOLE OUVRE SON PREMIER CENTRE INTÉGRÉ en faveur de l'entrepreneuriat et de l'innovation



En Juin 2015, la **Fondation Patrick et Lina Drahi** a réalisé un don exceptionnel de cinq millions d'euros qui a permis de financer la création du premier centre intégré en faveur de l'entrepreneuriat et de l'innovation à l'École polytechnique. Patrick Drahi, ancien élève de la promotion X 1983, a ainsi donné son nom au nouveau bâtiment baptisé « LA FIBRE ENTREPRENEUR – Drahi - X Novation Center ». Ce don vient renforcer la place de l'X au sein des universités les plus entrepreneuriales et les plus innovatrices du monde. Avec ce nouveau bâtiment, l'École dispose désormais d'un lieu dédié à l'innovation et l'entrepreneuriat. Ce centre de 2 500 m<sup>2</sup> constitue un espace unique de création, d'expérimentation et de prototypage, d'enseignement, d'incubation et d'accélération, et d'échange avec

les investisseurs. **Conçu sur le modèle du Y Combinator de San Francisco et du MIT**, le centre fonctionne en étroite interaction avec des incubateurs partenaires (Télécom ParisTech, HEC...) et avec les institutions de valorisation présentes sur le campus de Paris-Saclay.

### Deux promotions de start-up déjà accélérées dans le centre

L'accélérateur de l'École polytechnique, baptisé « X-Up », a été lancé dès la rentrée 2015 au sein du nouveau centre dédié à l'entrepreneuriat et à l'innovation. Depuis son ouverture, deux promotions de start-up, soit au total sept projets de création d'entreprise, ont déjà été soutenues et accélérées au sein d'X-Up. Loin d'être réservé aux jeunes entrepreneurs de Polytechnique et dans l'objectif de favoriser le brassage des idées et expertises, cet accélérateur se veut ouvert sur l'écosystème du plateau de Saclay et la région parisienne.

Chaque start-up bénéficie d'un **accompagnement de six mois**, période renouvelable une fois, pour faire grandir son projet. Les entrepreneurs sont suivis par l'équipe du pôle Entrepreneuriat et innovation de l'X, coachés par des professionnels lors d'ateliers spécifiques et mentorés par trois experts en technologie, en business et en « *lean startup development* ». Les moyens technologiques et scientifiques mis à disposition des start-up accélérées, notamment avec l'espace de prototypage et le soutien des laboratoires, constituent un milieu extrêmement favorable au développement de start-up high-tech.



## Des success story dans le domaine de la santé connectée

### > LES STENTS INNOVANTS D'INSTENT

Juste après sa sortie de l'accélérateur de l'X à l'automne 2015, la start-up Instent a réalisé une **première levée de fonds d'un million d'euros**. Cette jeune entreprise, fondée par Franz Bozsak, ancien doctorant au laboratoire d'hydrodynamique de l'École polytechnique, développe un système de télésurveillance innovant pour équiper des stents, ces petits ressorts en métal placés dans les artères pour éviter qu'elles ne se bouchent. Ces stents intelligents, capables d'être monitorés à distance, sont dédiés à la surveillance de la partie de l'artère sur laquelle le ressort est implanté.

### > LE VERRE INTELLIGENT IMAGINÉ PAR AUXIVIA

Lancée par deux jeunes ingénieurs, la start-up Auxivia développe des objets connectés santé pour accompagner les personnes âgées et leurs aidants au quotidien. Le premier produit développé par la jeune pousse est un verre connecté qui permet de prévenir la déshydratation des personnes âgées. Après six mois d'accompagnement au sein de l'accélérateur de l'École polytechnique, Auxivia a été l'une des quinze start-up **lauréates du concours « French IoT » du groupe La Poste** en octobre 2015.



## Des cours pour développer la créativité des étudiants au sein du fab-lab

Le fab-lab situé au cœur du nouveau bâtiment innovation et entrepreneuriat de l'École polytechnique n'est pas seulement réservé aux entrepreneurs. Ouvert à tous, ce lieu de prototypage est accessible aux étudiants et aux doctorants sur le campus, à tout l'écosystème de Paris-Saclay et aux anciens de l'X. En 2015, les élèves de 3<sup>e</sup> année du cycle ingénieur polytechnicien qui suivent le parcours innovation technologique ont eu l'occasion de disposer du fab-lab à l'occasion du cours de « design des technologies innovantes ». Grâce à cet accès à l'espace de prototypage, les étudiants ont inventé des objets dans le cadre d'un projet pratique et collectif. Ce cours propose une première expérience de l'innovation et de la création, à l'image de ce qui se fait dans les universités américaines comme au MIT.

## L'École s'entoure d'un « ENTREPRENEURSHIP ADVISORY BOARD »

Pour challenger sa stratégie en entrepreneuriat et innovation, l'École polytechnique s'est dotée d'un « *Entrepreneurship Advisory Board* », un conseil international d'entrepreneurs expérimentés qui représentent à eux seuls plus de **20 start-up pesant 45 milliards de dollars de capitalisation boursière**. L'École polytechnique a ainsi décidé de faire appel à des entrepreneurs et investisseurs aux parcours reconnus afin d'évaluer et de soutenir le déploiement de sa stratégie dans le domaine de l'entrepreneuriat et d'impulser de nouvelles idées. L'« *Entrepreneurship Advisory Board* » est chargé d'évaluer les objectifs et la politique mise en œuvre par l'X en matière d'accélération et d'incubation de start-ups, d'accompagnement de projets, de développement de formations dédiées et de consolidation des liens avec la recherche et l'industrie. Son rôle est également de faire des propositions afin de renforcer cette politique et de l'ouvrir sur d'autres grands pôles d'entrepreneuriat à l'international.

## Des entrepreneurs à la tête d'une vingtaine de start-up dont cinq introduites au NASDAQ

Parmi les membres du conseil : Leonard Bell / Alexion Pharma, Philippe Botteri (X 1993) / Accel Partner, Pascal Brandys (X 1977) / Biobank, Martine Clozel / Actelion, Guillaume Decugis (X 1990) / Scoop.it, Thierry Lepercq / Solairedirect, Denis Lucquin (X 1977) / Sofinnova Partners, Romain Niccoli / Criteo, Alain Rossman (X 1976) / Machinify, Eric Setton (X 1998) / Tango.



# DÉVELOPPER

*Un élève reçoit une bourse internationale  
d'excellence de l'École polytechnique  
Charitable Trust, la structure sœur  
de la Fondation de l'X basée à Londres*



# DÉVELOPPER LA CROISSANCE

## LE RÔLE DE LA FONDATION DE L'X

Depuis sa création en 1987, la Fondation de l'X œuvre au déploiement des ressources de l'École. Comptant sur sa proximité avec le monde de l'entreprise et sur la générosité de la communauté polytechnicienne, la Fondation se positionne, aujourd'hui et plus que jamais, comme l'un des soutiens indispensables à la croissance de l'École. En 2015, la Fondation soutient l'entrepreneuriat, axe majeur du développement de l'X.

### Encouragée par la dotation supplémentaire de l'État, la Fondation vise plus haut

« Le nouveau plan stratégique de l'École polytechnique s'accompagne d'un effort financier de l'État, remarquable en période de restriction budgétaire. Pour donner à l'X les moyens de ses ambitions, la Fondation de l'École polytechnique se fixera un objectif beaucoup plus ambitieux pour sa 2<sup>e</sup> campagne de levée de fonds, encouragée par la générosité croissante constatée, en nombre de donateurs et en montants, des anciens élèves. Elle compte également sur le soutien des entreprises et des fondations pour se mobiliser aux côtés de l'École au bénéfice de la société. En 2015, nous avons pu constater une générosité et un engagement croissants des Anciens à nos côtés, avec près de 300 nouveaux donateurs répartis dans le monde entier. Nous sommes partis à leur rencontre en France, mais aussi au Royaume-Uni, aux États-Unis, au Canada, au Maroc ou encore au Sénégal. Soulignons également que 226 Grands donateurs nous font confiance et je les en remercie. En donnant à l'X, vous participez au financement d'ambitions fortes et structurantes pour construire l'École polytechnique de demain, une École qui poursuivra ses missions historiques au service de la Nation tout en restant reconnue parmi les meilleures au monde. »

**Denis Ranque (X 1970), président de la Fondation de l'École polytechnique**



#### LA FONDATION EN CHIFFRES

**3** STRUCTURES DE COLLECTE

**6** PROMOTIONS D'ANCIENS SE SONT LANCÉES EN 2015 DANS UNE OPÉRATION COLLECTIVE DE LEVÉE DE FONDS

PLUS DE **3000** DONATEURS

**16** CHAIRES ACTIVES À L'X

### L'ÉPOPÉE PRICEMATCH, de la start-up aux Grands donateurs

La société PriceMatch s'est faite connaître en développant une plateforme web intuitive permettant aux hôteliers d'optimiser le prix de leurs chambres en fonction de la demande, afin d'augmenter leur chiffre d'affaires. Distinguée en 2012 par la bourse annuelle CEPAME (« *California Ecole Polytechnique Alumni for the Master in Entrepreneurship* ») du Friends of Ecole Polytechnique, la structure sœur de la Fondation de l'X basée aux États-Unis, PriceMatch a pu bénéficier d'une bourse de 20 000 \$ et d'un mentorat gratuit avec des anciens de la Silicon Valley. Devenue rapidement un leader du yield management hôtelier, PriceMatch a été rachetée par la société Priceline, maison mère de *Booking.com*. Six anciens polytechniciens de la start-up, issus des promotions 2009 et 2010, se sont engagés pour le développement de l'X en tant que Grands donateurs, les faisant ainsi figurer parmi **les plus jeunes donateurs**. Poursuivant leurs efforts pour soutenir les entrepreneurs et les projets de start-up issus de l'X, les fondateurs de PriceMatch viennent de créer la société Le Studio, un fond d'investissement visant à soutenir de jeunes start-up innovantes. Parmi elles, *Instent*, spin-off du Centre de recherche de l'X tout juste sortie de l'accélérateur X-UP de l'X.



### NOUVEAU DON EXCEPTIONNEL de Patrick Drahi (X 1983): 7 M € cumulés

Grand donateur dès la 1<sup>ère</sup> campagne de levée de fonds, Patrick Drahi, président fondateur du groupe Altice, s'engage à nouveau pour Polytechnique avec un don exceptionnel de 5 millions d'euros en faveur de l'entrepreneuriat à l'X. Avec ce nouveau don qui s'ajoute à ses dons antérieurs de 2 millions d'euros, notamment en faveur des MOOCs, le polytechnicien devient le **premier mécène privé de l'École polytechnique**. Il permet ainsi le financement de La Fibre Entrepreneur – Drahi X-Novation Center, nouvel espace dédié à l'entrepreneuriat. Ce don inaugure la nouvelle stratégie de naming mise en place par la Fondation de l'X, à l'instar des plus grandes universités mondiales et destinée à valoriser les donateurs. Il rejoint le prestigieux « Cercle du président », nouvelle catégorie des Grands donateurs dont l'engagement dépasse les trois millions.

# DÉVELOPPER LA COMMUNAUTÉ

## L'ASSOCIATION DES ANCIENS ÉLÈVES ET DIPLÔMÉS DE L'X

### L'ASSOCIATION DES ANCIENS EN CHIFFRES

UN RÉSEAU  
DE PRÈS DE  
**30 000**  
ANCIENS

**100** GROUPES  
PROFESSIONNELS,  
GÉOGRAPHIQUES  
ET SOCIO-CULTURELS

PRÈS DE **60** ÉLÈVES  
INTERNATIONAUX  
PARRAINÉS EN 2015

+ DE **150**  
ANCIENS  
ONT BÉNÉFICIÉ  
DES SÉMINAIRES  
« GESTION DE  
CARRIÈRE »  
ET « DÉBUT DE  
CARRIÈRE »



### Un nouveau président pour l'Association des anciens en 2015

Bruno Angles (X 1984) a été élu président de l'Association des anciens et diplômés de l'X le 9 juillet 2015. Il succède à Laurent Billès-Garabédian (X1983) dont le mandat s'achevait et était non renouvelable. Bruno Angles est ingénieur au corps des ponts et chaussées. Il a travaillé au ministère de l'Équipement, à la DDE d'Ille-et-Vilaine dans un premier temps, comme responsable de la mise en œuvre du plan routier breton, puis au cabinet de Bernard Bosson. Bruno Angles mène ensuite une carrière alternativement comme directeur et associé dans deux grands cabinets de consultants internationaux et comme directeur général dans deux grandes sociétés de BTP. Il est aujourd'hui président France de Macquarie. Avant d'avoir été élu président de l'AX, Bruno Angles a été président de l'Association des ingénieurs des Ponts-et-Chaussées de 2003 à 2005 et président de la Fondation de l'École des Ponts de 2006 à 2011.

## TROIS AXES STRATÉGIQUES MAJEURS

À la tête de l'Association des anciens (AX), Bruno Angles impulse une nouvelle dynamique pour la communauté polytechnicienne en 2015. Pour cela, un plan d'action en trois axes a été élaboré.

### Un soutien au plan stratégique de l'École polytechnique

En 2015, l'AX s'est mobilisée pour influencer sur l'exercice de révision du plan stratégique de l'École polytechnique, lancé par le gouvernement à partir du mois de juin. La communauté polytechnicienne a été largement sollicitée et un groupe de travail, « une task force », a notamment été constitué, regroupant de nombreux grands patrons polytechniciens ainsi que des membres du Conseil d'Administration de l'École polytechnique. Les travaux de la communauté ont très largement inspiré les orientations gouvernementales annoncées le 15 décembre 2015 par Jean-Yves Le Drian, ministre de la Défense, Emmanuel Macron, ministre de l'Économie, et Thierry Mandon, secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la recherche lors de leur venue sur le campus.

### L'animation de la Communauté polytechnicienne

L'Association des anciens anime un réseau de 30 000 anciens élèves à travers l'organisation de nombreux événements : les groupes X thématiques ou géographiques, les « Magnans » (rassemblements de promotions ou intergénérationnels), la parution de la revue « La Jaune et la Rouge », le Bal de l'X, les petits déjeuners polytechniciens ou encore les séminaires du Bureau des carrières et les actions de solidarité auprès des anciens et des élèves.

### Une présence renforcée des membres de la Communauté polytechnicienne dans le débat public

L'intervention des polytechniciens lors de colloques, débats et événements contribue au rayonnement de l'X en France et à l'international. Ainsi, la communauté polytechnicienne apporte sa contribution aux grands débats actuels portant sur les sciences dans leur ensemble.

### Les célébrations du 150<sup>e</sup> anniversaire de l'Association

- Un bal exceptionnel le 29 mai 2015 à Versailles, avec notamment un récital du pianiste Lang Lang dans l'Opéra royal et deux récitals de la cantatrice Barbara Hendricks dans la Chapelle royale.
- Un grand Magnan inter-promotions le 10 octobre 2015 sur le campus de l'X, premier Magnan s'adressant à l'ensemble des promotions.
- Un colloque le 10 décembre 2015 au Conseil économique, social et environnemental sur le thème « Ingénieur : imaginer, partager, oser ».



---

CRÉDITS PHOTOS

© École polytechnique / Jérémy Barande, Thinkstock (page 17)

CONCEPTION ET RÉALISATION

Direction de la communication

Mise en page : Caroline Prouvost

© 2016 École polytechnique



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