

RAPPORT ANNUEL

2015-2016



CHAQUE ANNÉE DEPUIS 1882,
L'ESPCI PARIS FORME DES INGÉNIEURS
D'INNOVATION CAPABLES D'INVENTER
L'AVENIR ET DE RÉPONDRE AUX ENJEUX
DU MONDE DE DEMAIN.

AVEC UNE HISTOIRE RICHE DE 6 PRIX
NOBEL ET PLUS DE 522 ENSEIGNANTS-
CHERCHEURS RÉPARTIS DANS 9 UNITÉS
MIXTES DE RECHERCHE, L'ESPCI CRÉE
L'INNOVATION EN ENCOURAGEANT
L'INTERDISCIPLINARITÉ ET LE DIALOGUE
ENTRE SCIENCES FONDAMENTALES
ET APPLIQUÉES.

SOMMAIRE

- 4 ENTRETIEN CROISÉ
- 6 4 CAMPUS
- 8 L'ÉCOLE DES 6 PRIX NOBEL
- 10 FAITS MARQUANTS
- 14 LA NOUVELLE ESPCI PARIS PRÉVUE POUR 2023
- 16 ESPCI ALUMNI UN NOUVEAU NOM POUR LES ANCIENS
- 17 PARIS SCIENCES ET LETTRES L'ESPCI PARIS, MEMBRE D'UNE GRANDE UNIVERSITÉ DE RANG MONDIAL
- 18 LE FONDS ESPCI PARIS AU SERVICE DE L'EXCELLENCE

20 ENSEIGNEMENT

- 22 PROMOUVOIR L'INTERDISCIPLINARITÉ
- 24 UN CURSUS 3+1 INNOVANT
- 26 RECRUTEMENT : COMMENT DEVENIR INGÉNIEUR D'INNOVATION
- 28 S'OUVRIR TOUJOURS PLUS À L'INTERNATIONAL ET VALORISER UN ENSEIGNEMENT D'EXCELLENCE

30 RECHERCHE

- 32 DÉPASSER LES FRONTIÈRES ENTRE LES DISCIPLINES
- 34 PRIX ET DISTINCTIONS PLUIE DE RÉCOMPENSES
- 35 PRIVILÉGIER L'AGILITÉ ET L'EXCELLENCE 9 UNITÉS MIXTES DE RECHERCHE
- 36 CHIMIE BIOLOGIE INNOVATION
- 40 INSTITUT LANGEVIN
- 44 LABORATOIRE GULLIVER
- 48 LABORATOIRE DE PHYSIQUE ET D'ÉTUDES DES MATÉRIAUX
- 52 LABORATOIRE PLASTICITÉ DU CERVEAU

- 56 MATIÈRE MOLLE ET CHIMIE
- 60 PHYSIQUE ET MÉCANIQUE DES MILIEUX HÉTÉROGÈNES
- 64 SCIENCES ET INGÉNIERIE DE LA MATIÈRE MOLLE
- 68 SPECTROMÉTRIE DE MASSE BIOLOGIQUE ET PROTÉOMIQUE

72 INNOVATION

- 74 D'HIER À AUJOURD'HUI, UNE KYRIELLE D'INVENTIONS RÉVOLUTIONNAIRES
- 78 LE PARTENARIAT GAGNANT-GAGNANT DES CHAIRES INDUSTRIELLES
- 80 UNE STRUCTURE D'APPUI À LA CRÉATION D'ENTREPRISES

82 VALORISATION DU PATRIMOINE SCIENTIFIQUE

- 84 LA BIBLIOTHÈQUE : INFORMATION RESSOURCES ET PATRIMOINE
- 86 ESPACE DES SCIENCES PIERRE-GILLES DE GENNES : DÉCOUVRIR LES SCIENCES AUTREMENT

88 RESSOURCES ET GOUVERNANCE

- 90 PERSONNEL ESPCI 2016
- 91 BUDGET ESPCI 2015 - 2016
- 94 ORGANIGRAMME SIMPLIFIÉ DE L'ESPCI PARIS
- 96 LE CONSEIL D'ADMINISTRATION
- 97 LES MEMBRES DU CHSCT DE L'ESPCI
- 98 UN CONSEIL SCIENTIFIQUE D'ENVERGURE INTERNATIONALE
- 99 UN CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT POUR SUIVRE L'ÉVOLUTION DES FORMATIONS



MARIE-CHRISTINE LEMARDELEY
Présidente de l'ESPCI Paris



JEAN-FRANÇOIS JOANNY
Directeur de l'ESPCI Paris

ENTRETIEN CROISÉ

NOTRE MODÈLE EST TRÈS ORIGINAL DANS LE MONDE DES ÉCOLES D'INGÉNIEURS

L'ESPCI EST UN CAS ATYPIQUE DANS LE PAYSAGE DES ÉCOLES D'INGÉNIEURS FRANÇAISES...

JFJ : En effet, et pour plusieurs raisons. Notre modèle est très original dans le monde des écoles d'ingénieurs : l'enseignement se fait par la recherche et l'école a fondé son enseignement et sa recherche sur l'interdisciplinarité et l'innovation. Tous nos enseignants sont des chercheurs actifs. 70 % de nos élèves poursuivent par une thèse après la 4^e année. Beaucoup des chercheurs de nos laboratoires ne se posent plus la question de savoir s'ils sont physiciens, chimistes ou biologistes.

MCL : Par ailleurs, l'ESPCI est profondément enracinée au cœur de Paris. La montagne Sainte-Geneviève, en

plein centre de la capitale, est historiquement très liée à la recherche française : l'École Normale Supérieure, l'Institut Curie...

JFJ : Une histoire dont l'école est partie prenante, avec ses six prix Nobel, dont Pierre et Marie Curie et plus proches de nous Pierre-Gilles de Gennes et Georges Charpak. Notre priorité est d'attirer les meilleurs élèves et de former des ingénieurs avec des profils uniques. Nous améliorons sans cesse notre pédagogie pour développer la créativité et la culture d'innovation. Nous voulons aussi renforcer la position de l'école comme centre de recherche de niveau mondial en physique, chimie et biologie en attirant les meilleurs chercheurs, français ou étrangers, et en développant de nouveaux champs de recherche. Et naturellement, nous continuons à

innover dans les champs de recherche porteurs, comme la microfluidique, la physique des ondes pour la médecine, l'ingénierie biomédicale, l'étude des matériaux...

MCL : La notoriété et la visibilité de l'école à l'international font aussi partie de nos priorités : nous allons continuer à valoriser les recherches et l'excellence du corps enseignant, notamment dans le cadre de PSL (Paris Sciences et Lettres) qui est la communauté d'universités (ComUE) à laquelle nous appartenons. Nous allons poursuivre notre politique de partenariats, doubles diplômes et alliances avec de grandes universités, avec le Brésil, la Chine, l'Amérique du Nord, Israël...

L'ÉCOLE REVENDIQUE UNE APPROCHE ORIGINALE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE : QUELLE EST-ELLE ?

JFJ : Notre ambition est de former des ingénieurs susceptibles de répondre aux besoins d'une société en perpétuelle évolution et de s'adapter à l'évolution de la société. Un mot qui résume bien la vision de l'école est "décloisonnement" : entre les disciplines scientifiques, physique, chimie et biologie qui dialoguent en permanence ; entre l'enseignement et la recherche qui sont intimement liés ; entre monde scientifique et monde économique (dans nos murs se côtoient en permanence laboratoires, start-up et grands groupes industriels) ; et enfin entre recherche fondamentale et appliquée, qui se répondent et se nourrissent l'une l'autre.

MCL : L'établissement a cette chance d'être à taille humaine, et pas seulement en terme d'espace. Élèves, doctorants, enseignants-chercheurs, chercheurs, entrepreneurs... interagissent en permanence, discutent, partagent leurs problématiques et cherchent des solutions. C'est un positionnement qui permet d'aborder les problèmes de manière singulière et d'investir rapidement de nouveaux champs d'innovation.

QUELLE EST LA SPÉCIFICITÉ DU "MODÈLE ESPCI" ?

JFJ : Nous recrutons, au meilleur niveau, des élèves très motivés. Notre pédagogie originale repose sur la formation par la recherche, l'excellence scientifique et une place centrale accordée à l'approche expérimentale. Nos élèves passent plus de la moitié de leur

temps en travaux pratiques. Cette approche permet de former des profils uniques : des ingénieurs et des chercheurs passionnés, créatifs, capables d'aborder les problèmes de manière différente, avec un solide bagage théorique mais également en prise avec les enjeux de la société.

MCL : L'école transmet en outre une forte culture de l'innovation, et son incubateur héberge quatorze start-up issues des laboratoires de l'école ou fondées par des étudiants de l'ESPCI.

QUELLES SONT LES VALEURS REVENDIQUÉES PAR L'ÉCOLE ?

JFJ : Je souhaite en mettre quatre en avant : l'excellence scientifique, l'ouverture au monde économique et académique, la liberté d'inventer et la créativité. Nos chercheurs sont libres de choisir leurs propres sujets de recherche. L'école les accompagne et leur donne les moyens nécessaires pour les mener à bien.

QU'APPORTE LA VILLE DE PARIS À L'ESPCI ?

JFJ : La Ville de Paris est une tutelle très proche de l'école avec laquelle nous travaillons en interaction étroite. Elle contribue très fortement à la flexibilité et à la réactivité de l'enseignement et de la recherche.

MCL : L'ESPCI Paris jouit d'une liberté d'action, qu'elle doit en partie à sa tutelle municipale, la Ville de Paris, qui lui permet de disposer des moyens nécessaires à l'excellence de son enseignement et de sa recherche. Nous nous plaçons également dans la dynamique PSL, dont l'objectif est d'assurer le rayonnement de Paris et de ses universités. C'est cette liberté, associée à un modèle souple, qui permet à l'ESPCI Paris d'être aussi résolument orientée vers la recherche et la création de start-up. L'ESPCI compte bien être le fer de lance de l'attractivité de la Ville de Paris.

LA MODERNISATION DU CAMPUS S'INSCRIT DANS CETTE LOGIQUE ?

JFJ : En effet. Elle commencera fin 2017 et devrait finir en 2022. Ce projet va bien sûr au-delà d'une "simple" modernisation. Notre tutelle fait un effort sans précédent de 176 millions d'euros pour permettre à l'école d'avoir des locaux d'enseignement et de recherche à la hauteur de ses ambitions. Cela va donner une nouvelle impulsion à toute l'activité de l'école.



4 CAMPUS

32 600 M² DÉDIÉS À L'ENSEIGNEMENT
ET À LA RECHERCHE AU CŒUR DE PARIS

1 ESPCI PARIS CAMPUS VAUQUELIN

Date de création : 1882
Initiative d'excellence : 8 des 9 UMR
se trouvent sur le campus Vauquelin
Superficie : 25 000 m²
Chercheurs : 393

2 INSTITUT LANGEVIN CAMPUS CUVIER

Date de création : 2009
Initiative d'excellence :
EQUIPEX – LABEX
Superficie : 2 200 m²
Chercheurs : 60

3 INSTITUT LANGEVIN ÉQUIPE PHYSIQUE DES ONDES POUR LA MÉDECINE CAMPUS MOREAU

Date de création : 2016
Initiative d'excellence :
ART INSERM
Superficie : 1 200 m²
Chercheurs : 49

4 INSTITUT PIERRE-GILLES DE GENNES CAMPUS CALVIN

Date de création : 2015
Initiative d'excellence :
Label Tremplin Carnot
Superficie : 4 200 m²
Chercheurs : 20



INSTITUT LANGEVIN



INSTITUT PIERRE-GILLES
DE GENNES



ESPCI PARIS



INSTITUT LANGEVIN
ÉQUIPE PHYSIQUE DES ONDES
POUR LA MÉDECINE

3 17 RUE MOREAU

2 1 RUE JUSSIEU

4 6 RUE JEAN CALVIN
10 RUE VAUQUELIN



6
PRIX NOBEL À L'ESPCI
(PIERRE ET MARIE CURIE,
FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE,
PIERRE-GILLES DE GENNES
ET GEORGES CHARPAK)



≈ 500
PUBLICATIONS
SCIENTIFIQUES
CHAQUE ANNÉE, SOIT
PLUS D'UNE PAR JOUR



1
BREVET
PAR SEMAINE



3
START-UP
CRÉÉES PAR AN



522
CHERCHEURS,
ENSEIGNANTS-
CHERCHEURS,
POST-DOCTORANTS
ET DOCTORANTS



90
ÉLÈVES-INGÉNIEURS
PAR PROMOTION



2^E
MEILLEURE ÉCOLE
D'INGÉNIEURS
AU CLASSEMENT
DE SHANGHAI



70%
DES ÉLÈVES-INGÉNIEURS
POURSUIVENT PAR UNE
THÈSE

L'ÉCOLE DES 6 PRIX NOBEL

EXCELLENCE, OUVERTURE ET LIBERTÉ SCIENTIFIQUES



FAITS MARQUANTS

L'ESPCI PARIS EST À UN TOURNANT DE SA PRESTIGIEUSE HISTOIRE. GRÂCE À LA TUTELLE DE LA VILLE DE PARIS QUI N'HÉSITE PAS À INVESTIR EN CONSÉQUENCE, L'ÉCOLE SE RENOUVELLE APRÈS AVOIR ENTAMÉ UNE RÉFLEXION SUR SON POSITIONNEMENT, SON IDENTITÉ ET SON TERRITOIRE DE MARQUE. TOUR D'HORIZON DES FAITS MARQUANTS EN 2015 ET 2016.



2015

DIRECTION REMANIÉE

En 2015, Véronique Bellosta devient directrice des études et Rémi Carminati directeur de la recherche. L'année précédente, Jean-François Joanny succédait à Jacques Prost à la direction de l'établissement.

134^e PROMOTION : RENTRÉE PARITAIRE

45 étudiantes et 45 étudiants, la parité est respectée pour la première fois, en 2015. Cette 134^e promotion est à contre-courant des statistiques habituelles, même si l'ESPCI attire de plus en plus d'étudiantes à la recherche d'une formation scientifique d'excellence. Le symbole de cette mixité est Marie Curie, première femme à obtenir un Prix Nobel et seule femme à en avoir remporté deux.

PARTENARIAT STRATÉGIQUE AVEC L'INSTITUT PASTEUR

L'ESPCI et l'Institut Pasteur signent le 16 septembre 2015 un accord de partenariat scientifique dans le domaine de la biologie. Objectifs : faciliter la mobilité des scientifiques, les échanges de savoir-faire et de technologies dans des projets de pointe. Les deux établissements collaborent déjà sur la microfluidique en gouttes pour la sélection de nouveaux médicaments et vaccins ; la microscopie de haute résolution par illumination structurée ; le diagnostic Ebola sur le terrain grâce à la microfluidique papier.

LUDWIK LEIBLER, REÇU À L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LAURÉAT DU PRIX RECHERCHE DE L'INVENTEUR EUROPÉEN 2015

Ludwik Leibler, directeur de recherche CNRS, directeur du laboratoire Matière molle et chimie à l'ESPCI et ESPCI Paris Distinguished Professor a été élu dans la section de Chimie de la division des sciences chimiques, biologiques et médicales et leurs applications,

à l'Académie des Sciences.

Il a été lauréat du Prix Recherche de l'Inventeur européen grâce à la découverte des vitrimères, une nouvelle classe de matériaux organiques, qu'il a introduits avec son équipe. Réparables et recyclables, ils sont, comme le verre, façonnables, de manière réversible et à volonté, tout en restant insolubles, légers et résistants.

DEUX JEUNES CHERCHEUSES RÉCOMPENSÉES

Parmi plus de 820 candidates, le jury du *Prix L'Oréal-UNESCO Pour les femmes et la science* a récompensé, le 30 septembre 2015, deux jeunes chercheuses de l'ESPCI Paris. Marine Bézagu et Laura Magro travaillent toutes les deux dans le domaine biomédical. La première expérimente une nouvelle approche thérapeutique contre le cancer grâce à des microgouttes. La seconde travaille sur un dispositif de laboratoire médical sur papier pour des diagnostics plus rapides et performants.

THE MAGIC OF WAVES,

Organisé le 5 et 6 novembre par l'Institut Langevin en l'honneur de Mathias Fink, ce colloque a été l'occasion de découvrir sur deux jours les dernières avancées en physique des ondes.

PIC, UN LABORATOIRE POUR RAPPROCHER CHERCHEURS ACADÉMIQUES ET INDUSTRIELS

Le laboratoire PIC (Physico-chimie des interfaces Complexes), qui associe Total et des chercheurs du Laboratoire SIMM (ESPCI-CNRS-UPMC) a été inauguré à Lacq, le 15 décembre, au pied des Pyrénées entre Pau et Orthez. Les thèmes scientifiques retenus concernent les phénomènes physico-chimiques se déroulant aux interfaces pétrole-eau-solide qui sont à l'origine de nombreux problèmes rencontrés dans la production d'hydrocarbures.

2016

TOTAL ET L'ESPCI PARIS RENOUVELLENT LA SIGNATURE DE LA CHAIRE "SCIENCE ET INNOVATION POUR LES ÉNERGIES DE DEMAIN"

Le 14 janvier, Total et l'ESPCI Paris ont renouvelé leur volonté de collaboration à travers la signature de la chaire "science et innovation pour les énergies de demain" et ce, quelques semaines après l'ouverture du laboratoire PIC à Lacq.

REMISE DES DIPLÔMES DE LA 130^e PROMOTION

Pas moins de 500 personnes se sont réunies vendredi 19 février dans les salons de la Mairie de Paris pour la remise des diplômes de la promotion 130. Une soirée pleine d'émotion pour ces jeunes ingénieurs formés à l'école.

PC-FOCUS 2016

Le 18 février s'est déroulée la journée PC-Focus. Ce grand événement interne rassemble chaque année les différents acteurs de l'école et permet de mieux se connaître, d'échanger et de partager...

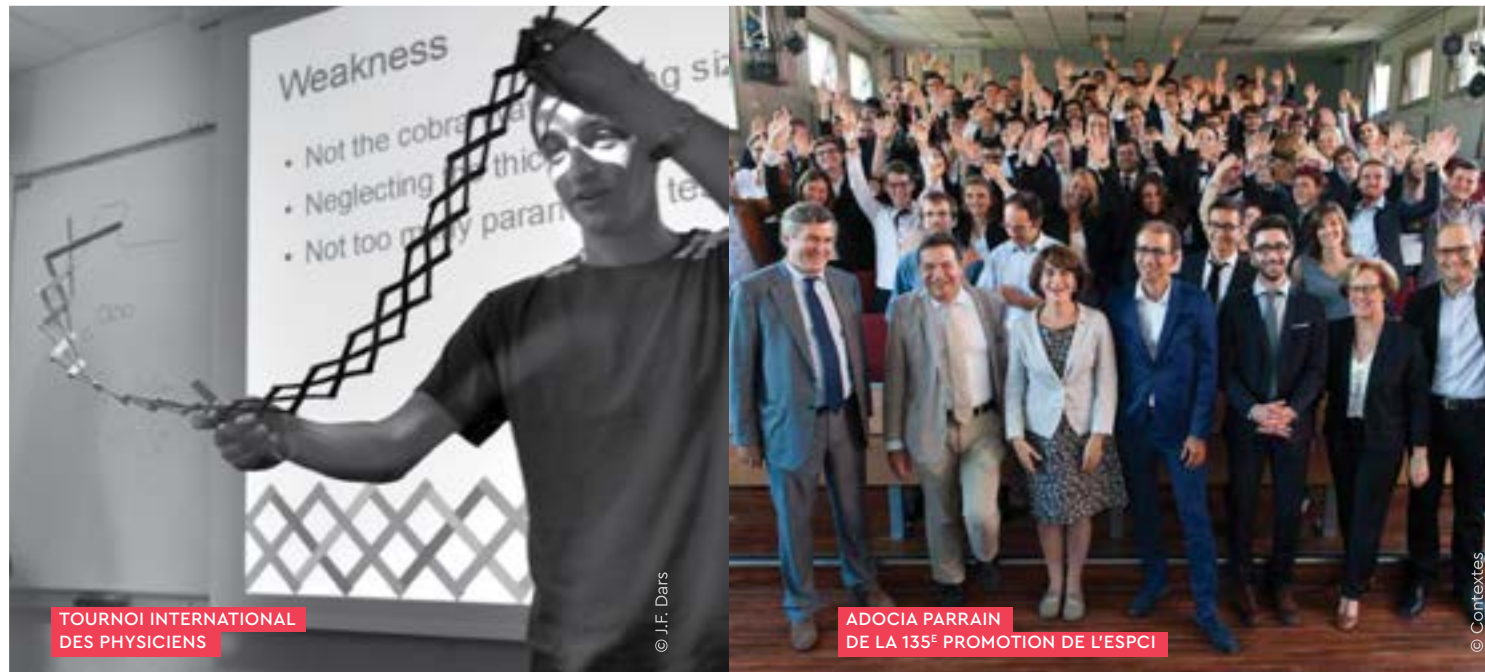
INAUGURATION DE L'IPGG ET DE L'INCUBATEUR ESPCI PARIS

Ce 14 mars, les nouveaux locaux de l'Institut Pierre-Gilles de Gennes (IPGG) pour la microfluidique dont l'ESPCI est un des partenaires principaux, ont été inaugurés en présence du Président de la République François Hollande, et de la Maire de Paris Anne Hidalgo. Ce nouveau pôle scientifique mondial compte 4 000 m² de surfaces nouvelles dédiées à la recherche fondamentale et à l'innovation. L'IPGG abrite également l'incubateur de l'ESPCI, PC'up, qui héberge 16 start-up traduisant une tradition entrepreneuriale ancrée dans l'école.



GALA ESPCI PARIS

© DR

ADOCIA PARRAIN
DE LA 135^E PROMOTION DE L'ESPCI

© Contextes

CHARLÈNE GAYRARD ET PASCALINE HAYOUN
RÉCOMPENSÉES PAR L'ORÉAL

© DR

À NOUVEAU NOM, NOUVEAU LOGO

ESPCI ParisTech devient ESPCI Paris, une façon de s'ancrer plus formellement dans la tutelle parisienne et dans PSL. Quant au nouveau logo de l'école dévoilé le 9 juin, il relève trois défis : affirmer sa modernité sans renier sa prestigieuse histoire *via* un blason reprenant le surnom de l'école : PC (physique, chimie) ; améliorer son identification au niveau international avec la signature "Education Science Innovation" compréhensible en français et en anglais ; et affirmer son appartenance parisienne.

LABEL TREMPLIN CARNOT

L'Institut Pierre-Gilles de Gennes (IPGG), dédié à la microfluidique, a reçu, le 6 juillet 2016, le Label Tremplin Carnot visant à favoriser le développement des partenariats de recherche et le transfert de technologies entre la recherche publique et les entreprises, à travers la recherche contractuelle.

LES LAURÉATS DES BOURSES ERC

ont été récemment annoncés. À l'ESPCI, deux chercheurs ont vu leurs travaux récompensés : Costantino Creton, au Laboratoire SIMM a reçu une des deux seules ERC Advanced Grant françaises délivrées en chimie, pour un projet interdisciplinaire d'étude des mécanismes de fracture dans les matériaux mous. Également primée, Anke Lindner, du laboratoire PMMH, a reçu une ERC Consolidator Grant pour un projet d'étude de la dynamique de suspensions complexes.

GALA ESPCI PARIS

Chaque année en juin, élèves, ingénieurs-diplômés, chercheurs, personnels administratifs, doctorants et industriels se retrouvent au gala ESPCI entièrement organisé par les étudiants. En 2016, le rendez-vous était pris au Chalet de la Porte Jaune à Vincennes, un écrin unique pour accueillir cette soirée exceptionnelle.

TOURNOI INTERNATIONAL DES PHYSICIENS

Plus de cent étudiants physiciens issus de quatorze pays ont essayé de résoudre une vingtaine de problèmes de physique lors de la huitième édition du tournoi international des physiciens (*International Physicists' Tournament*). Durant une semaine, du 17 au 23 avril 2016, à l'ESPCI, les étudiants se sont affrontés lors de joutes oratoires publiques en anglais.

ADOCIA PARRAIN DE LA 135^E PROMOTION DE L'ESPCI

Si historiquement la tendance était au parrain d'envergure mondiale, elle évolue depuis quelques temps avec Withings en 2014 et Adocia cette année, qui reflètent une nouvelle image du paysage industriel fait de sociétés à taille humaine avec un fort volet innovation. Cette année, c'est la société Adocia qui parraine les étudiants de la 135^e promotion de l'ESPCI. Société familiale fondée en 2005, Adocia est spécialisée en biotechnologies, dans le développement et la formulation de protéines en particulier pour le traitement du diabète.

INAUGURATION DES LOCAUX DE L'ÉQUIPE PHYSIQUE DES ONDES POUR LA MÉDECINE DE L'INSTITUT LANGEVIN

Le 26 octobre 2016, l'ESPCI Paris et l'Inserm ont inauguré, en présence de Thierry Mandon, secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, l'Accélérateur de recherche technologique (ART) Inserm - Ultrasons Biomédicaux et les nouveaux locaux de l'équipe Physique des Ondes pour la Médecine de l'Institut Langevin (Inserm/CNRS/ESPCI Paris). Dirigée par Mickaël Tanter, cette équipe de recherche est composée de 50 personnes.

DEUX JEUNES CHERCHEUSES RÉCOMPENSÉES PAR L'ORÉAL

Cette année, deux diplômées de l'ESPCI Paris ont décroché la précieuse bourse et font parties des 30 lauréates : Pascaline Hayoun, en thèse CIFRE entre le laboratoire Sciences et Ingénierie de la Matière Molle à l'ESPCI Paris et Saint-Gobain, ainsi que Charlène Gayrard, en thèse à l'Institut Jacques Monod (CNRS, Université Paris Diderot). Pascaline étudie

des systèmes fluidiques, en particulier des écoulements à travers des tubes en plastique. Les enjeux sont nombreux, notamment pour les poches de perfusion ou les environnements de culture cellulaire. Charlène s'intéresse aux forces mécaniques subies par les cellules vivantes au cours de leur vie. Elle a mis en lumière le rôle de deux protéines, dont le dysfonctionnement est impliqué dans de nombreux cancers.

ESPCI PARIS DISTINGUISHED PROFESSOR

Mickaël Tanter (Inserm), Ludwik Leibler (CNRS) et David Quéré (CNRS) sont les premiers lauréats du titre de *ESPCI Paris Distinguished Professor*. Ce titre leur a été décerné le 29 novembre 2016 et récompense une contribution pionnière à la recherche française et internationale. Il met en lumière trois carrières brillantes qui associent science fondamentale et applications directes pour la société, dans le domaine de l'imagerie médicale et des nouveaux matériaux.

« Le 9 juin 2016, l'école des Nobel a changé de visage. L'ESPCI Paris a adopté en effet une nouvelle image en adéquation avec la stratégie ambitieuse de l'établissement. Un logo à la fois classique et moderne, qui reprend les codes universels des grandes universités internationales. »

LA NOUVELLE ESPCI PARIS PRÉVUE POUR 2023

Créé en 1882 par la Mairie de Paris, agrandi dans les années 1930 puis 1990, le site historique de l'ESPCI est appelé à une reconstruction complète. La Ville de Paris, a décidé d'investir 176 millions d'euros dans ce projet sans précédent.

Sous l'impulsion de la Ville de Paris, l'ESPCI s'est lancée dans un grand projet immobilier pour l'enseignement et la recherche qui s'achèvera en 2023. Son objectif : devenir la référence internationale des centres de recherche et de formation dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation.

Lauréate du concours international lancé par la Ville de Paris, l'architecte Anne Démians propose un projet immobilier dans lequel la construction neuve ne touchera pas à l'âme historique de l'école. L'objectif est de moderniser l'école, en démolissant la succession de bâtiments juxtaposés et superposés à des époques différentes, depuis sa fondation en 1882. L'investissement de 176 millions d'euros de la Ville de Paris permettra d'offrir à l'école un campus à la hauteur de son excellence scientifique.



« Redonner de la cohérence à un site porteur d'une histoire prestigieuse. »

UNE RESTRUCTURATION HISTORIQUE

Fini les multiples petits bâtiments : l'identité de l'édifice va être affirmée par un apport de cohérence et d'homogénéité. Adapté au modèle unique de l'ESPCI, ce projet constitue l'opportunité de lui donner une dimension nouvelle. Le cœur même de cette restructuration est là : renouveler son attractivité tout en conservant le caractère historique et atypique de ses bâtiments. Pour respecter ce caractère, la belle façade Art déco sur rue sera conservée. Les surélévations et les planchers seront démolis et les bâtiments élargis. Ces derniers abriteront des espaces de recherche innovants, des zones dédiées à l'enseignement et des amphithéâtres. Ces différents espaces seront connectés par un noyau central facilitant les échanges entre les usagers de l'ESPCI (enseignants, chercheurs, élèves, visiteurs...).

UN CAMPUS PARISIEN OUVERT...

Cette nouvelle structure sera encore plus connectée et ouverte aux membres voisins de PSL installés sur la montagne Sainte-Geneviève. Le projet immobilier part d'une recomposition du site selon un principe de spirale, de l'extérieur vers le cœur de l'îlot. Les travaux permettront de déplacer l'entrée principale place Alfred-Kastler, assurant ainsi une ouverture plus grande sur la ville.

... ET À LA POINTE DE LA MODERNITÉ

Conçu à partir des besoins des chercheurs et des élèves-ingénieurs, l'édifice se veut évolutif et adapté au milieu scientifique et à l'enseignement. Passant de 29 000 m² à 34 500 m² (dont 25 000 m² dédiés aux laboratoires de recherche et 3 800 m² aux locaux d'enseignement), les surfaces destinées à l'ESPCI seront modernisées.



FIN 2017
DÉBUT DES TRAVAUX

34 500 M²
DE PLANCHER

3 900 M²
D'ESPACES VERTS
PROTÉGÉS RESTITUÉS

176 M€
COÛT DE L'OPÉRATION
(TTC)

2020
FIN DE LA PREMIÈRE
TRANCHE

2023
FIN DES TRAVAUX

CALENDRIER DES TRAVAUX

Début 2017
Dépôt du permis
de construire
Fin 2017
Installation du chantier
2018-2020
Démolition de 9 bâtiments
et construction
du bâtiment central
(phase 1 - bâtiment cœur)
2020-2023
Rénovation de la
couronne et connexion
des bâtiments (phase 2 -
bâtiments couronne)



TROIS QUESTIONS À

ANNE DÉMIANS
architecte

Anne Démians, qui êtes-vous ?

Après avoir étudié à l'École d'architecture de Versailles, j'ai fondé ma première agence d'architecture en 1995 et revu radicalement le terrain d'application et la dimension de mes objectifs en 2005 pour m'offrir davantage de liberté. Je dirige depuis, sous le nom d'Architectures Anne Démians, une agence de trente architectes et ingénieurs. J'ai été lauréate de plusieurs concours comme celui d'une gare de fret à Orly, plusieurs opérations de logements, la reconstruction du lycée d'hôtellerie et tourisme de Guyancourt ou encore le palais de justice de Douai. Fin 2007, je me suis fait connaître par mon travail sur la grande hauteur à Paris, notamment dans le quartier Masséna-Bruneseau, dans le 13^e arrondissement.

Quel était le challenge du projet ESPCI ?

Il est toujours compliqué d'annoncer qu'il va falloir détruire ou remplacer un bâtiment existant par une construction neuve. Dans l'inconscient collectif, modifier la structure d'un bâtiment signifie bien trop souvent toucher à son ADN. Ici, il s'agissait de porter une attention particulière sur l'existant pour dégager l'essence même de l'école et ainsi réaliser du "sur-mesure" en lien avec les objectifs de synergie exigés.

Quelle a été votre démarche ?

De par sa localisation et son caractère exceptionnel, ce projet possède une réelle identité : celle de la modernité en plein cœur de Paris. Cependant, le constat était clair dès le départ : le site manquait de cohérence, il fallait lui redonner de l'homogénéité mais surtout en finir avec l'accumulation de petits bâtiments. Cela a donné lieu à cette proposition de structure en spirale qui ramène l'ouverture du site vers la place Alfred-Kastler. En repensant les espaces de l'ESPCI, mon intention était avant tout de favoriser les lieux de rencontre, un élément primordial dont l'école était jusqu'à présent dépourvue.

ESPCI ALUMNI UN NOUVEAU NOM POUR LES ANCIENS

Rassembler, promouvoir et aider, c'est sous ce tryptique qu'ESPCI Alumni, a vécu cette année 2015 riche en changements : nouvelle dénomination, développement de son compte Twitter, nouveau partenariat pour l'emploi...

Deux ans après la création de l'ESPCI, naissait l'Association des ingénieurs ESPCI ou AIE. Cette très ancienne association fonctionne autour de trois grands objectifs : rassembler le plus d'anciens élèves possible ; promouvoir le métier d'ingénieur ESPCI et le diplôme ; aider au développement de l'école. Concernant ce dernier point, des discussions ont été entamées avec la direction suite aux verbatims des alumni issus des sondages de 2007 et 2015 sur les changements de nom de l'école. L'association a ainsi activement participé à la refonte du positionnement et de l'identité visuelle de l'école, dont le nom de marque est désormais ESPCI Paris. Quant à l'AIE, elle devient ESPCI Alumni, une dénomination beaucoup plus claire et transparente pour sa notoriété.

RASSEMBLER ET PROMOUVOIR VIA LES RÉSEAUX SOCIAUX

L'association tient à accroître sa présence sur les réseaux sociaux pour rassembler les 3 000 anciens élèves de l'école, pour promouvoir les succès et réalisations des Alumni, ainsi que donner de la visibilité à l'école. Tout au long de l'année, les membres de l'association animent le compte Twitter pour toucher les ingénieurs répartis dans le monde entier. Créé en 2012, @espci_alumni dépasse désormais les 5 900 tweets et se veut suivi par plus de 2 800 abonnés. Ce qui le place en 4^e place des comptes Twitter des alumni des grandes écoles, juste derrière HEC, l'Essec et Science-Po. Sans oublier les quelque 250 vidéos diffusées sur les chaînes YouTube, Vimeo et Dailymotion d'ESPCI Alumni.

ACCOMPAGNER LES ÉLÈVES-INGÉNIEURS VERS L'EMPLOI INDUSTRIEL

Depuis sa création, l'association a non seulement vocation à aider financièrement les élèves-ingénieurs mais également à les aiguiller vers le secteur industriel qui les embauchera. En 2015, les prêts consentis se sont élevés à 20 000 € en faveur de neuf élèves. Depuis 2010, ESPCI Alumni décerne également des

bourses d'excellence aux élèves-ingénieurs choisissant de continuer en master 2 scientifique. Sur 25 dossiers reçus (un nombre en augmentation chaque année), neuf candidats ont été auditionnés, puis quatre se sont vu attribuer cette fameuse bourse de 5 000 €. Quant au prix du meilleur stage industriel, il est décerné depuis 2006.

« En 2016, Sylvain Gilat, ingénieur de la 107^e promotion de l'école a été élu président des Alumni »

En ce qui concerne les actions en faveur de l'emploi et des carrières, chaque alumni dispose d'un accès privilégié au site JobTeaser.com. Ce partenaire donne accès à des milliers d'offres d'emplois, ainsi que des stages et des thèses. En juin tous les ans, le CV Book est diffusé auprès des cabinets de recrutement et des grandes entreprises, avec plus de 40 CV d'étudiants à la recherche d'un emploi. Quant à l'espace "Emploi-Carières" du site ESPCI Alumni, il intègre désormais les offres du réseau ParisTech et de l'APEC, ainsi qu'un simulateur d'entretien de recrutement.

CRÉER DU LIEN AVEC LE MONDE INDUSTRIEL

L'association organise également des soirées thématiques dont le but est d'inviter une personnalité du monde industriel pour évoquer un sujet d'actualité en lien avec les ambitions des ingénieurs ESPCI. Après Jean-François Minster (directeur scientifique de Total) et Agnès Paillard (présidente de l'Institut national de la propriété industrielle, INPI), la soirée ESPCI Alumni a reçu, en juin 2015, Pierre Pringuet, vice-président du conseil d'administration de Pernod Ricard et président de l'Association française des entreprises privées (AFEP), sur le thème "D'ingénieur à patron du CAC 40". Une belle rencontre qui a permis à quelque 100 inscrits d'échanger avec ce discret mais incontournable homme de pouvoir, très attaché à l'école.

PARIS SCIENCES ET LETTRES L'ESPCI PARIS, MEMBRE D'UNE GRANDE UNIVERSITÉ DE RANG MONDIAL

L'ESPCI Paris est membre fondateur de Paris Sciences & Lettres (PSL). Université internationale située en plein cœur de Paris, PSL conjugue excellence et diversité pour faire dialoguer tous les domaines du savoir et de la création en arts, ingénierie, sciences, sciences humaines et sociales.

Avec 19 000 étudiants et 5 000 enseignants chercheurs, PSL est comparable aux plus grandes universités mondiales : elle privilégie la capacité d'actions au simple effet de taille.

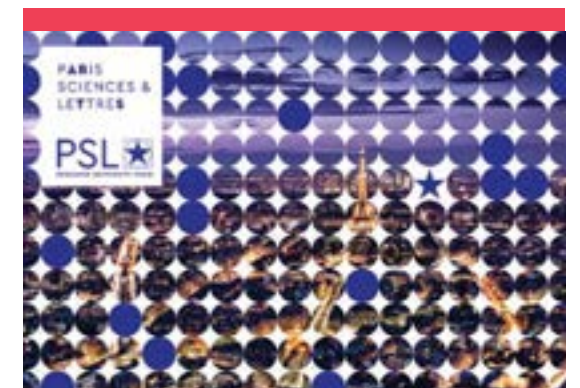
Cette université lauréate du plan Investissements d'Avenir regroupe 26 établissements prestigieux décidés à offrir à leurs communautés des opportunités inédites dans le champ de la formation, de la recherche, de la valorisation, des partenariats industriels ou académiques nationaux et internationaux.

Pépinière de 33 prix Nobel, 10 médailles Fields, 38 César et 71 Molière, Paris Sciences & Lettres concentre des forces exceptionnelles. Sa communauté académique tire le meilleur parti du potentiel de ses 178 laboratoires pour bâtir de grands projets structurants, innovants et radicalement interdisciplinaires dont elle nourrit ses programmes de formation.

Choisis pour leurs talents et soigneusement encadrés, les étudiants de Paris Sciences & Lettres puisent dans cet environnement scientifique et culturel varié toutes les ressources nécessaires pour développer leurs qualités intellectuelles, leur audace et leur créativité. Qu'ils deviennent artistes, entrepreneurs, chercheurs ou dirigeants, tous sont conscients de leur responsabilité sociale, individuelle et collective ; tous sont ouverts aux opportunités d'un monde globalisé ; tous sont préparés aux grandes mutations du monde professionnel actuel. Attentive au choix de ses étudiants, PSL promeut la diversité des profils, quels que soient leur statut social, leur genre ou leur origine géographique.

Foyer culturel et artistique majeur, PSL propose à ses communautés et à un vaste public ses nombreuses ressources : conférences, débats, expositions, spectacles, concerts, etc. Elle noue des partenariats stratégiques globaux avec les plus grandes universités mondiales. Étroitement liée au monde de l'entreprise, elle contribue à transformer

les résultats de sa recherche en véritable moteur d'innovation et de croissance économique. En cinq années d'existence, elle a créé 41 start-up, déposé plus de 350 brevets et signé près de 2 500 partenariats industriels.



LES INSTITUTIONS MEMBRES DE PSL

Chimie ParisTech, Collège de France, Conservatoire National Supérieur d'Art Dramatique, Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales, École française d'Extrême-Orient, École nationale des chartes, École nationale supérieure des Arts Décoratifs, École nationale supérieure des Beaux-Arts, École normale supérieure, École Pratique des Hautes Études, ESPCI Paris, Fondation Pierre-Gilles de Gennes pour la recherche, IBPC-Fondation Edmond de Rothschild, Institut Curie, Institut Louis Bachelier, La Fémis, Lycée Henri IV, MINES ParisTech, l'Observatoire de Paris, Université Paris-Dauphine, Association Art et Recherche, CNRS, Inria, INSERM, Institut Pasteur.

LE FONDS ESPCI PARIS AU SERVICE DE L'EXCELLENCE

Le Fonds ESPCI Paris est né en décembre 2010 de la volonté conjointe de l'école, de la Mairie de Paris et de l'ESPCI Alumni. Sa vocation : soutenir le développement et le rayonnement de l'école.



Élèves-ingénieurs en "projets scientifiques en équipe" (PSE) de physique.

Passée experte dans l'art d'abattre les frontières entre recherche fondamentale et recherche appliquée, l'ESPCI Paris affiche un brevet par semaine, trois start-up par an et se partage avec Polytechnique la place de première école d'ingénieurs française au prestigieux classement de Shanghai. Pour accompagner les ambitions de cette pépite, Jacques Prost, alors directeur général de l'école, Jean-Louis Missika, adjoint au Maire de Paris, et Henri-Dominique Petit, président de l'ESPCI Alumni, ont créé en 2010 le Fonds de dotation ESPCI Paris. Leur objectif était de mobiliser la communauté de l'école ainsi que des partenaires extérieurs pour soutenir son modèle original et exploiter plus largement encore son savoir-faire unique pour transformer les recherches fondamentales en applications véritablement utiles et en créations d'entreprises.

C'est Jacques Lewiner, directeur de la recherche sous Pierre-Gilles de Gennes qui, dès son lancement, préside ce Fonds. Un serial entrepreneur made in ESPCI qui ne compte plus les start-up auxquelles ses recherches en imagerie médicale, télécommunications, capteurs, détection incendie, Internet, électronique embarquée, analyse cellulaire, etc., ont donné le jour.

TÉMOIGNAGES

« L'aide apportée par le Fonds ESPCI Paris m'a permis de réaliser une aventure unique : travailler au sein d'un groupe de recherche de très haut niveau à Harvard. Ce soutien précieux a guidé mes choix de 4^e année et a fortement orienté ma recherche de thèse ». **Antoine LAINÉ (132^e)**

« Je remercie le Fonds ESPCI Paris qui m'a aidé à mon arrivée à Paris. Il m'a permis de concrétiser mon rêve : devenir élève-ingénieur à l'ESPCI. Sans cette aide financière, mon projet professionnel n'aurait jamais vu le jour. » **Elias-Nicolas ABEDELNOUR (135^e)**



TROIS QUESTIONS À

JACQUES LEWINER
président du Fonds ESPCI Paris

Quelle est la philosophie du Fonds ?

De par le caractère original de son enseignement et de sa recherche, l'ESPCI Paris est depuis plus d'un siècle un point d'attraction pour de nombreux esprits inventifs et créateurs. Le Fonds ESPCI Paris, grâce à la générosité des donateurs - diplômés, parents d'élèves, amis ou encore partenaires industriels - permet de contribuer à l'excellence et au rayonnement de ce modèle. Le Fonds ESPCI Paris fête ses 6 ans. Au cours de ces premières années, nous avons centré notre action sur l'accompagnement à l'innovation de rupture. Il était en effet primordial pour l'ESPCI de généraliser le transfert des innovations issues de l'école et d'encourager les chercheurs à créer des start-up. La Direction de l'ESPCI Paris a souhaité manifester son soutien à PSL, l'ambitieux projet de nouvelle université de recherche de Paris. Elle a décidé dans ce cadre, en juillet 2016, de transférer à PSL les actions de valorisation menées par le Fonds. Cela devrait permettre de démultiplier à l'échelle de PSL la politique menée à l'ESPCI Paris et ainsi d'aider à franchir une étape importante en matière d'innovation au service du développement économique.

Dans ce nouveau contexte, quel rôle envisagez-vous pour le Fonds ?

L'une des vocations premières du Fonds n'a pas changé : accompagner le développement et le rayonnement de l'école ! Nous allons donc poursuivre et amplifier les actions de mécénat. Depuis 2011, le Fonds a collecté 6M€ de dons qui ont permis d'accompagner 70 étudiants dans la réussite de leur parcours à l'école dont 12 doctorants et post-doctorants. Par ailleurs, 59 % ont été alloués à l'enseignement et au développement de la recherche. Nous sommes fiers de ces réalisations, mais n'en sommes encore qu'aux prémices de ce qu'il est possible d'accomplir. Les dons sont vitaux pour l'institution et sont amenés à jouer un rôle important dans la mise en œuvre des projets stratégiques de l'école.

Comment comptez-vous réussir ?

Le Conseil d'administration du Fonds ESPCI Paris a nommé Corinne Degoutte au poste de directrice du mécénat. Corinne, qui a une grande expérience dans le domaine, nous a rejoints début janvier 2017. Elle va ainsi aider le Fonds ESPCI Paris à mettre en œuvre une démarche philanthropique pérenne au cœur de notre écosystème – école, Alumni, Fonds.



.....

ENSEIGNEMENT

.....

DEVENIR INGÉNIEUR D'INNOVATION
EN ÉTANT FORMÉ PAR LES MEILLEURS
ENSEIGNANTS ET CHERCHEURS



PROMOUVOIR L'INTERDISCIPLINARITÉ



Véronique Bellosta,
directrice des études de l'ESPCI paris

EN QUOI L'ENSEIGNEMENT À L'ESPCI DIFFÈRE-T-IL DES AUTRES ÉCOLES D'INGÉNIEURS ?

Une première spécificité de l'ESPCI est de promouvoir l'interdisciplinarité. Nos étudiants acquièrent une solide formation en physique, chimie et biologie ce qui leur offre des possibilités d'orientation aussi larges que possible, non seulement dans ces trois domaines mais aussi aux interfaces. En apprenant les modes de raisonnement des physiciens, des biologistes et des chimistes, qui sont très différents, ils peuvent aborder par exemple un problème de physique avec le regard d'un chimiste ou bien d'un biologiste et développer ainsi une forte capacité d'innovation. Une deuxième spécificité réside dans le fait que le cursus à l'ESPCI se déroule en quatre ans : trois années pour avoir le diplôme d'ingénieur, suivies d'une année supplémentaire pour obtenir le diplôme de fin d'études de l'ESPCI. Le choix est large pour la quatrième année, passée en France ou à l'étranger : les étudiants font généralement un double diplôme ou, pour la majorité d'entre eux, un master de recherche, ce qui a du sens puisque 60 à 70 % de nos élèves enchaînent avec une thèse.

COMMENT L'ÉCOLE GÉNÈRE-T-ELLE UNE TELLE IMPLICATION DANS LA RECHERCHE ?

Une troisième spécificité de l'ESPCI consiste en une pédagogie fortement basée sur l'apprentissage par la recherche et par l'expérience, avec 50 % du temps d'enseignement en Travaux Pratiques dans les laboratoires de l'école pendant les deux premières années de tronc commun, interdisciplinaires. La proportion augmente encore en troisième année, au cours de laquelle les étudiants effectuent un stage industriel de quatre à six mois en France ou à l'étranger, un projet de recherche académique d'au moins huit semaines qui peut être réalisé dans l'un des laboratoires de l'ESPCI, une institution de PSL ou encore à l'étranger. Tous les enseignants à l'ESPCI sont des enseignants-chercheurs ou des chercheurs : les séances de Travaux Pratiques ou de Tutorats sont une bonne occasion pour eux d'échanger avec les élèves sur leurs travaux de recherche et de leur communiquer leur passion.

QUELLES SONT LES DERNIÈRES ÉVOLUTIONS DE L'ÉCOLE EN TERMES DE FORMULES D'ENSEIGNEMENT ?

Introduits en 2013, les "projets scientifiques en équipe" (PSE) ont, depuis, pris un bel essor. Répartis en trinômes, les étudiants choisissent un projet sur un thème allant de la physique à la biologie et le mènent de bout en bout, sur le dernier trimestre de première année et les deux premiers trimestres de deuxième année. Très formateur, ce concept plaît beaucoup aux élèves ; ils se retrouvent confrontés à de véritables problèmes de recherche pour lesquels ils doivent trouver des solutions par eux-mêmes. Depuis cette année, ils présentent le résultat de leurs PSE sous la forme de courtes vidéos qui leur permettront de communiquer vers l'extérieur, d'illustrer leurs CV...

Nous tenons beaucoup à une forme d'enseignement assez spécifique à l'ESPCI, appelée "préceptorats ou tutorats", introduite il y a déjà un certain nombre d'années par Pierre-Gilles de Gennes et qui permet aux étudiants de participer activement à leur apprentissage. Par petits groupes de 5 ou 6,

les étudiants réfléchissent sur un sujet basé sur des travaux de recherches récents, proposé à l'avance par un enseignant-chercheur ou un chercheur. Ils rendent un travail écrit avant une séance de correction-discussion. Nous testons actuellement une nouvelle forme d'enseignement que nous appelons "super TD" et qui consiste en des travaux dirigés en groupes plus restreints avec possibilité d'un rendu de copie avant la séance. Nous avons également des projets de "classes inversées" pour remplacer certains cours magistraux : un peu comme pour les préceptorats, les étudiants arriveraient en cours en ayant déjà travaillé le sujet et la séance deviendrait donc une sorte d'échange avec l'enseignant. Ce sont des perspectives intéressantes, mais pour les développer il est nécessaire de libérer du temps pour les étudiants. Or nos emplois du temps sont déjà extrêmement denses. Nous devons trouver un moyen de les alléger tout en conservant notre degré d'exigence, l'interdisciplinarité et sans toucher à la part de travail expérimental qui fait notre force.

CETTE FORMATION LEUR APPREND ÉGALEMENT À TRAVAILLER EN ÉQUIPE

C'est un des objectifs essentiels de l'enseignement de l'ESPCI. La quantité d'informations à absorber et de compétences à maîtriser est considérable, et un étudiant qui tenterait de tout faire seul s'épuiserait. Il est nécessaire de travailler ensemble, et tout est pensé en ce sens (Travaux pratiques, préceptorats, PSE). L'école est à taille humaine, tout le monde se connaît et il y règne une bonne ambiance et une véritable entraide. L'an dernier, une étudiante venue de l'université a connu de réelles difficultés au premier trimestre, mais a décollé au deuxième, grâce au soutien et à l'accompagnement de ses camarades. Nous faisons tout pour détecter les élèves en difficulté le plus tôt possible et les aider tant au niveau de la Direction des études que des enseignants qui sont quasiment tous présents sur le site de l'école en permanence. Je tiens à souligner qu'à l'ESPCI, l'entraide entre les étudiants n'est pas un vain mot. Nous pouvons le vérifier régulièrement : les meilleurs aident réellement ceux qui ont plus de difficultés.

LES ÉTUDIANTS SONT ÉGALEMENT TRÈS IMPLIQUÉS DANS L'ORGANISATION DE LEUR CURSUS

Le programme des deux premières années est actuellement le même pour tous les étudiants. Nous réfléchissons à la possibilité d'introduire un certain degré d'individualisation au cours de ces deux premières années, tout en préservant un tronc

commun fort avec des cours fondamentaux en physique, en chimie, en biologie. En troisième année, les étudiants choisissent librement leur filière - Physique, Physico-chimie, Chimie ou Biotechnologies - et sélectionnent des options. Tels que les emplois du temps de troisième année avaient été conçus au départ, certaines options n'étaient pas accessibles à toutes les filières : à la demande et avec l'aide soutenue des étudiants, nous avons travaillé pour aménager les emplois du temps afin de rendre un maximum d'options accessibles à tous. Les étudiants savent que la direction de l'école est là pour les aider. Notre objectif est que chacun trouve sa voie et puisse s'épanouir dans ce qu'il fait et se préparer au mieux pour ses objectifs futurs, et ils en sont conscients. Ils sont donc très moteurs dès qu'il s'agit de faire un retour sur tel ou tel enseignement, de proposer des modifications ou l'établissement de nouveaux partenariats... Même si la demande vient d'un seul étudiant, du moment qu'elle est motivée et argumentée, nous allons essayer de trouver une solution.

Y A-T-IL DES EXEMPLES DE CIRCULATION DES ÉTUDIANTS ENTRE LES DIFFÉRENTES ÉCOLES DE PSL ?

La circulation est forte au niveau des masters en quatrième année et va encore s'intensifier avec les nouveaux masters PSL. L'accord de double diplôme établi avec l'École des Mines ParisTech suscite beaucoup d'intérêt de la part de nos étudiants. Pour le cycle ingénieur, avec l'École des Mines ParisTech et Chimie ParisTech, nous avons mis en place deux "semaines PSL" l'une en novembre et l'autre en mars : il s'agit de semaines d'enseignement bloquées pendant lesquelles les élèves de l'ESPCI peuvent aller suivre des cours aux Mines ou à Chimie Paris, et inversement. Les cours de langues étrangères LV2 sont totalement mutualisés pour les étudiants de l'ESPCI et de Chimie ParisTech. Depuis cette année scolaire, les étudiants de Chimie ParisTech ont désormais accès à tous les cours de l'option biotechnologies de 3^e année à l'ESPCI. Nous travaillons activement à développer la possibilité pour nos étudiants en cycle ingénieur d'aller suivre d'autres enseignements dans des établissements de PSL, l'objectif visé étant que chaque étudiant de PSL puisse acquérir par ce biais 15 % de ses ECTS. C'est une raison de plus pour nous de travailler à l'allègement de nos emplois du temps pour permettre cette circulation.

UN CURSUS 3+1 INNOVANT

Validé en trois ans, le diplôme d'ingénieur de l'ESPCI laisse aux étudiants la possibilité d'affiner leur spécialisation ou de s'engager vers un master. Une voie qui reçoit les faveurs de la grande majorité des diplômés.

Le cursus ingénieur de l'ESPCI se construit en trois années suivies d'une année facultative. Les deux premières sont composées d'un tronc commun à tous les étudiants, avec des enseignements fondamentaux en physique, chimie et aussi biologie, complétés notamment par des modules de langue étrangère et de socio-économie. Les étudiants découvrent ainsi la rigueur des concepts de la physique, la complexité et la variété du vivant et de la biologie et l'originalité des approches de la chimie. Les travaux pratiques y occupent la moitié de l'emploi du temps, afin de familiariser les élèves-ingénieurs avec un maximum de techniques expérimentales : du spectromètre au chromatographe, de l'optique laser à la microfluidique. Autre point essentiel de ces premières années : la découverte du travail collectif, grâce notamment au "projet scientifique en équipe" (PSE) : celui-ci démarre au cours du dernier trimestre de première année et se poursuit sur deux trimestres de l'année suivante, faisant travailler les étudiants en trinômes sur un projet qu'ils choisissent eux-mêmes et mènent de bout en bout. Définition des objectifs, bibliographie, commande de matériels, mise au point des expériences, exploitation, etc. le travail peut même aller jusqu'à une publication ou un dépôt de brevet. Le sujet est très libre, pouvant aller de la physique à la biologie ; il peut être en lien avec un thème de recherche mais aussi répondre aux besoins d'une association.

UNE TROISIÈME ANNÉE POUR CHOISIR SA SPÉCIALITÉ

La spécialisation des élèves-ingénieurs intervient en troisième année avec le choix d'une dominante parmi la chimie, la physico-chimie, la physique ou (depuis janvier 2015) la biotechnologie. L'année commence par un stage industriel de quatre à six mois en entreprise. S'ensuivent quatre mois de cours dédiés à la spécialité choisie, puis un projet de recherche en laboratoire de huit semaines

minimum. Entourés de 522 chercheurs, enseignants-chercheurs, post-doc et doctorants répartis dans neuf unités de recherche associées notamment au CNRS, les élèves-ingénieurs bénéficient d'un accompagnement académique sur mesure. L'école organise ainsi entre autre des séances de coaching, de coorientation et une aide à la recherche de stage.

« Des enseignements fondamentaux en physique, chimie et aussi biologie. »

UNE QUATRIÈME ANNÉE POUR PARFAIRE SA FORMATION

La grande majorité des élèves choisissent de suivre une quatrième année, saisissant ainsi l'opportunité d'approfondir des connaissances et des compétences déjà pointues dans des domaines comme la biologie-santé, l'énergie, la mécanique/acoustique, les matériaux, l'environnement, la chimie organique, etc. souvent sous la forme d'un master, dont les nombreuses versions permettent de circuler entre les différents établissements de Paris Sciences et Lettres (PSL). De nouvelles formations sont en création entre les établissements PSL. Plusieurs demandes de dépôts de mention ont été effectuées auprès du ministère en 2015 pour des masters dans les domaines de l'énergie, des matériaux, de la chimie aux frontières du vivant, etc. Le master Énergie a ouvert à la rentrée 2016 avec six étudiants. Et de nouvelles demandes sont déjà en cours : une dans les sciences de la vie et une autre en ingénierie de la santé. Au cours de cette ultime année, les élèves-ingénieurs ont également la possibilité d'obtenir un double-diplôme au cœur d'institutions étrangères prestigieuses (Unicamp au Brésil, Tongji en Chine, Tel Aviv en Israël) ou de grandes écoles en France (HEC, Essec, Mines ParisTech, IOGS, Agro ParisTech...).

Un stage industriel en France ou à l'étranger

L'intitulé même de l'école énonce clairement son ambition : "École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles", une volonté affichée de privilégier les liens entre enseignement et industrie. Outre les chaires industrielles et les parrainages de promotion, l'école demande aux élèves-ingénieurs d'effectuer un stage industriel de quatre à six mois en début de troisième année. Les entreprises bénéficient ainsi de leur formation transdisciplinaire et de leur familiarité avec la recherche expérimentale en laboratoire : une pratique à la fois ouverte et immédiatement opérationnelle.

Les élèves-ingénieurs ont également la possibilité d'effectuer ce stage dans une entreprise située à l'étranger. Ces dernières années, près de 60 % des étudiants profitent de cette possibilité, que ce soit aux États-Unis, au Japon, dans toute l'Union européenne, aux Émirats Arabes unis, à Oman, au Canada, en Chine, en Suisse, etc. Durant ce stage, ils seront amenés à conduire un projet, le plus souvent en R&D mais aussi parfois en production (supply chain, qualité, logistique, etc.).

À l'issue de cette période, les futurs ingénieurs sont évalués selon leur rapport écrit (noté par le parrain de stage, enseignant-chercheur de l'ESPCI Paris), l'appréciation du responsable industriel du stagiaire, la soutenance orale à huis clos devant un jury composé de trois membres, ainsi qu'une enquête socio-économique sur la connaissance de l'entreprise.

RECRUTEMENT : COMMENT DEVENIR INGÉNIEUR D'INNOVATION

Pour devenir élève-ingénieur à l'ESPCI, les étudiants sont recrutés sur concours ou admis sur titre. Deux sortes d'intégration qui favorisent la diversité des formations, des cultures et des parcours individuels. De quoi enrichir intellectuellement les promotions !

En privilégiant des promotions de taille restreinte (90 étudiants), l'ESPCI offre un accompagnement personnalisé à chaque élève-ingénieur. Soixante sont recrutés sur concours en fin de deuxième année de classes préparatoires aux grandes écoles. Les trente autres sont admis sur titre (CPGE MP ou PSI, universitaires L2, DUT, L3) après examen du dossier, des épreuves orales dont un entretien, ou *via* un interclassement des étudiants des classes préparatoires intégrées de la Fédération Gay-Lussac. Cette dernière, qui regroupe vingt écoles françaises de chimie, peut octroyer chaque année quatre places d'admission à l'ESPCI. Plusieurs filières permettent notamment à l'école d'accueillir des étudiants internationaux en première et en deuxième année (14,5 %) qui viennent enrichir les promotions par leurs différentes cultures et expériences.

ÉGALITÉ DES CHANCES ET OUVERTURE SOCIALE

Engagée en faveur de l'ouverture sociale et de l'égalité des chances, l'ESPCI a mis en place son propre système, les bourses Joliot, pour soutenir les élèves-ingénieurs en difficultés financières et leur permettre de poursuivre leur cursus le plus sereinement possible (elles permettent de doubler les aides du Crous). L'objectif de la direction de l'école est clair : aucun problème financier ne doit empêcher un élève de continuer ses études dans des conditions correctes. Les bourses Joliot sont financées par les droits de scolarité et une aide d'ESPCI Alumni. Le Fonds ESPCI Paris aide aussi les étudiants, en particulier pour partir en stage ou en projet à l'étranger. Des bourses d'excellence en quatrième année sont offertes par ESPCI Alumni et par des entreprises (Michelin, Total, Safran, Saint-Gobain...). ESPCI Alumni accorde en outre des prêts à taux zéro, des cautions, des dons, etc. pour soutenir leurs camarades. Un tiers des élèves de l'école bénéficie d'une aide financière.

PRÈS DE 70 DE DOCTORANTS ACCUEILLIS CHAQUE ANNÉE

Les laboratoires de l'ESPCI Paris forment des docteurs de haut niveau qui se destinent à une carrière d'innovation et de recherche dans l'industrie ou dans le monde académique. Fin 2015, l'école comptait 233 doctorants. Chaque année, elle en accueille plus de soixante-dix nouveaux répartis sur les treize écoles doctorales avec lesquelles elle travaille : ED 130 Informatique, télécommunication et électronique, ED 158 Cerveau, cognition, comportement, ED 390 Génie des procédés et technologies avancées, ED 518 Matière condensée et interfaces, etc. En 2015, dix thèses sur soixante-trois ont été financées par ces écoles doctorales. D'autres financements existent, via notamment le dispositif Cifre – Convention industrielle de formation par la recherche (huit en 2015), l'ANR – Agence nationale de la recherche (quatre) ou encore la DGA – Direction générale de l'armement (2,5).



« L'objectif de la direction est clair : aucun problème financier ne doit empêcher un élève de continuer ses études dans des conditions correctes. »

ORIENTATION PROFESSIONNELLE

80 % vers l'industrie, 20 % vers la recherche

Grâce à sa formation fondée sur l'interdisciplinarité, l'ESPCI forme des ingénieurs pour tous les secteurs industriels. Et les grandes entreprises l'ont bien compris !

Les chiffres parlent d'eux-mêmes : 80 % des ingénieurs diplômés de l'ESPCI sont embauchés en grande partie dans le secteur de la R&D. En moyenne, ils sont recrutés un mois après la fin de leurs études, avec un salaire brut annuel moyen de 41 000 euros. Que ce soit dans l'industrie chimique, dans l'énergie, dans l'aérospatial, dans le matériel électrique et informatique ou dans la fonction publique d'État, les ingénieurs ESPCI sont appréciés pour leur aptitude à l'interdisciplinarité et leurs compétences dans le domaine de l'innovation. C'est ainsi que de grands groupes, tels que Saint-Gobain, L'Oréal, Arkema, Airbus, Safran, etc. et d'importants organismes de recherche, comme le CNRS ou encore le CEA, recrutent les jeunes diplômés ESPCI.

Optimiser les relations avec les entreprises
Pour favoriser le recrutement rapide des ingénieurs diplômés, l'ESPCI multiplie les événements : visites de sites industriels, présentation d'entreprises au sein même de l'école, organisation de tables rondes, simulation d'entretien d'embauche, participation

à des salons, des forums, petit-déjeuner du Cercle de l'industrie (en mai 2015 autour de Jean-Louis Chaussade, DG de Suez Environnement, en novembre 2015 de Jean-Dominique Senard, président de Michelin), participation aux manifestations de la commission Relations entreprises, etc.

Des unités de recherche fécondes

Les chercheurs de l'ESPCI Paris sont formés à anticiper les besoins de l'industrie pour inventer en pionniers. L'ESPCI Paris abrite neuf unités de recherche de pointe, toutes associées au CNRS et opérant aux frontières des connaissances scientifiques fondamentales et des applications industrielles. Elles couvrent un large éventail de domaines, allant des polymères aux télécommunications, de la nanobiophysique à la synthèse organique, de la science environnementale à l'imagerie biomédicale, de la neurobiologie à la microfluidique, de la matière molle à la physique quantique. Les chercheurs publient plus d'un article par jour dans les meilleures revues internationales, déposent un brevet par semaine et fondent chaque année plusieurs start-up pour valoriser les inventions et découvertes issues de leurs recherches.

S'OUVRIR TOUJOURS PLUS À L'INTERNATIONAL ET VALORISER UN ENSEIGNEMENT D'EXCELLENCE

Qu'il s'agisse du lieu de stage industriel, du projet de recherche, du double-diplôme, du recrutement des élèves-ingénieurs ou de celui des enseignants-chercheurs, la dimension internationale de l'ESPCI est inscrite dans l'essence même de son enseignement.

La réputation de l'école auprès de la communauté scientifique internationale, comme auprès des entreprises multinationales, bénéficie directement aux élèves-ingénieurs, en leur donnant l'occasion de partir en stages et/ou projets de recherche aux quatre coins du monde. Dès la fin de la première année, ils peuvent effectuer un stage en entreprise ou en laboratoire. Au début de leur troisième année, leur stage industriel de six mois peut se dérouler à l'étranger, de même que leur projet de recherche en laboratoire académique. Une mobilité à l'étranger est désormais obligatoire dans le cursus (stage industriel ou projet de recherche 3A). Quant à la quatrième année, elle offre beaucoup de possibilités, dont le double-diplôme en partenariat avec une université étrangère comme l'université de Novossibirsk (Russie) en mathématiques, l'université de Tongji (Chine) en architecture et génie urbain, l'université de Northwestern (États-Unis) en sciences des matériaux, l'École polytechnique de Montréal (Canada) en génie industriel ou encore l'université de Doshisha (Japon) en sciences et ingénierie et en sciences médicales et de la vie.

« L'ESPCI forme des ingénieurs polyvalents. Ils seront d'autant plus efficaces qu'ils disposeront d'une grande ouverture scientifique. »

UN RECRUTEMENT D'ÉLÈVES ET DE CHERCHEURS À L'ÉCHELLE MONDIALE

En première et deuxième années, le recrutement des élèves-ingénieurs étrangers s'intensifie de façon à construire des promotions diversifiées et enrichies. L'ESPCI accueille des étudiants venus du Maroc, de Tunisie, de Chine, du Japon, du Brésil, de Corée du Sud, du Vietnam ou encore du Cambodge. L'internationalisation du corps enseignant de l'école se poursuit également, notamment en ce qui concerne les cours dispensés en anglais.

ATHENS : FAVORISER LES ÉCHANGES AVEC LES UNIVERSITÉS TECHNOLOGIQUES EUROPÉENNES

Le programme ATHENS (Advanced Technology High Education Network Socrates) a pour objectif de favoriser les échanges d'étudiants, d'enseignants et de chercheurs entre les grandes universités technologiques européennes et les écoles de ParisTech. Chaque session permet de dispenser 30 heures de cours scientifiques et 10 à 15 heures d'activités socioculturelles, qui seront sanctionnées par un contrôle de connaissances organisé par l'institution d'accueil. Au total, cinq mille étudiants européens sont inscrits chaque année à ce programme d'échanges.



Récemment, l'équipe du généticien néo-zélandais Paul Rainey a ainsi intégré le laboratoire Chimie Biologie Innovation, profitant des derniers outils microfluidiques pour ses travaux et préparant la création d'un nouveau master dans les sciences de la vie. Paris Sciences et Lettres ainsi que les chaires Michelin, Total et Saint-Gobain permettent en outre de financer et d'accueillir des chercheurs et professeurs étrangers.



TROIS QUESTIONS À

.....
BÉNÉDICTE RAVIER

Responsable des relations internationales
.....

Quelle est votre stratégie pour renforcer les échanges avec les établissements étrangers ?

En ce qui concerne la mobilité entrante, nous nous focalisons sur deux pays en particulier : le Brésil et la Chine. Nous recrutons *via* le concours étranger de l'X mais également par le recrutement coordonné de ParisTech. Pour l'école, le but est de gagner en visibilité et de mettre en place des doubles diplômes et des cotutelles de thèse avec les universités chinoises et brésiliennes qui s'affichent au premier rang du classement de Shanghai. Nous visons les meilleurs ! Nous nous appuyons aussi sur des réseaux de collaborateurs scientifiques pour consolider nos bases et gagner en territoires. Nous avons par exemple développé une cotutelle de thèse avec l'université de Tel Aviv, en Israël. Cela fera d'ailleurs l'objet d'une rencontre entre les professeurs de Tel Aviv et ceux de l'ESPCI en 2017, puis d'un échange de doctorants.

Comment accueillez-vous les étudiants étrangers ?

Chaque étudiant étranger doit avoir un niveau intermédiaire avancé ou B2 en français. La réalité est plus nuancée et les étudiants étrangers font face à plusieurs difficultés : la triple formation physique-chimie-biologie qu'ils n'ont pas forcément acquise dans leur université d'origine, la maîtrise de la langue française et l'apprentissage d'une nouvelle culture. Avec le bureau des étudiants, nous nous attachons à mener plusieurs actions pour les aider à s'intégrer : chaque étudiant étranger est accompagné d'un parrain français, un événement leur sera consacré pour qu'ils présentent leur culture et cassent les préjugés. Je les aide également à trouver des bourses d'études pour financer leur formation d'ingénieur.

Pourquoi la mobilité sortante est-elle si importante aujourd'hui ?

L'ESPCI forme des ingénieurs polyvalents. Ils seront d'autant plus efficaces qu'ils disposeront d'une grande ouverture scientifique et culturelle. Comme les chercheurs évoluent dans des communautés internationales, autant leur mettre le pied à l'étrier le plus tôt possible ! Une première mobilité leur permet de s'inscrire dans une dynamique de mouvement qui peut les mener jusqu'à effectuer une thèse à l'étranger. Pour l'école, c'est très positif en termes d'image de marque : cela signifie que nous sommes capables de former des étudiants qui n'ont pas peur de sortir de l'Hexagone.



RECHERCHE

ALLIER RECHERCHE FONDAMENTALE ET
APPLIQUÉE EN ASPIRANT À L'EXCELLENCE DANS
DE NOMBREUX DOMAINES SCIENTIFIQUES

PAGE
31



DÉPASSER LES FRONTIÈRES ENTRE LES DISCIPLINES



Rémi Carminati,
directeur de la recherche de l'ESPCI Paris

L'ESPCI PARIS A UNE FORTE TRADITION DE RECHERCHE, COMME EN TÉMOIGNENT LES GRANDS NOMS QUI EN SONT ISSUS

Oui, mais pas seulement. L'école a une tradition d'excellence dans la recherche fondamentale, avec notamment six Prix Nobel, mais elle est également très attachée aux concepts d'innovation technologique et d'impact sociétal de la recherche. Nos grands noms étaient plus que des penseurs : Marie Curie, après avoir découvert la radioactivité, est partie sur le front avec une ambulance pour utiliser les rayons X afin de soigner des blessés de la Première Guerre mondiale. Paul Langevin, auteur de nombreuses découvertes fondamentales dans le domaine du magnétisme, du mouvement brownien, etc. a également mis au point le sonar. On peut le voir sur des photos, testant son système avec des ingénieurs dans la rade de Toulon, à la veille de la Seconde Guerre mondiale. À l'école, nous employons finalement très peu les termes "recherche fondamentale" et "recherche appliquée", les deux se mélangent en permanence.

QUELLE EST LA STRATÉGIE DE L'ÉCOLE EN MATIÈRE DE RECHERCHE ?

L'ESPCI est une structure assez petite : les chercheurs (permanents, doctorants et post-doctorants), représentent 522 personnes. Notre politique est simple : nous recrutons au meilleur niveau, et nous accordons à nos chercheurs le plus de liberté possible. Nous essayons au quotidien de détecter le potentiel scientifique, souvent aux interfaces des disciplines. Dès qu'un projet présente un fort potentiel de rupture, qu'il soit très appliqué ou très fondamental, on aide, on stimule. La petite taille de la structure nous permet d'être assez flexibles et réactifs, et ainsi de prendre des décisions précises. Nous ne donnons pas de directions à nos chercheurs. Nos UMR sont sous la double tutelle du CNRS et de l'ESPCI, certaines ayant d'autres tutelles : Inserm, UPMC, Paris Diderot, etc. Les directeurs des unités rencontrent régulièrement la direction de la recherche lors du Conseil Scientifique Interne, et il n'y a pas de structure intermédiaire. Les directeurs d'unités sont libres d'organiser leur laboratoire comme ils le souhaitent, d'où des structures internes très différentes. Si Gulliver compte, par exemple, quatre équipes distinctes, l'Institut Langevin est structuré en quatre thèmes scientifiques très décloisonnés, la plupart des chercheurs étant à cheval entre plusieurs thèmes. Du moment que cela fonctionne, nous n'imposons pas un schéma.

L'ESPCI EST RÉPUTÉE TRAVAILLER AUX INTERFACES DES DISCIPLINES

C'est un fait, nous ne faisons pas de distinction nette entre physique, chimie et biologie : toutes les disciplines peuvent travailler ensemble. Il n'y a d'ailleurs pas de départements à l'ESPCI. Le laboratoire Matière Molle et Chimie met au point des colles pour suturer les tissus biologiques, l'équipe de génétique de l'évolution utilise les découvertes des laboratoires de microfluidique. Cette interdisciplinarité est riche et source de nombreuses innovations, nous la revendiquons totalement.

POUVEZ-VOUS DONNER UN PANORAMA DES SUJETS D'ÉTUDES DE L'ÉCOLE ?

Les différents laboratoires couvrent un spectre quasi continu que l'on pourrait représenter sur un axe partant de la physique (le LPEM avec la physique des matériaux ; l'Institut Langevin avec la physique des ondes ; le PMMH et le laboratoire Gulliver), puis se rapprochent de la chimie (SIMM et MMC) et peu à peu s'approchent de la biologie (CBI), pour finir sur des disciplines beaucoup plus axées "sciences de la vie" (le laboratoire plasticité du cerveau et l'USR biologie et protéomique). À l'arrivée, nous publions plus de 500 articles par an, environ 3,5 par chercheur.

TOUT LE NÉCESSAIRE POUR PASSER DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE...

Oui effectivement, mais nous croyons également beaucoup au "sens inverse", aux applications de l'industrie qui stimulent la recherche fondamentale. Un très bon exemple historique est l'ouvrage de Sadi Carnot (qui ne vient pas de l'ESPCI !) dans lequel il démontre le second principe de la thermodynamique. Il part d'un problème d'ingénierie pure, l'optimisation des machines à vapeur et, en cherchant comment en maximiser le rendement, il aboutit au second principe, une notion très fondamentale. Cela démontre que la chaîne vertueuse marche dans les deux sens. Et cette idée est mise en pratique ici : les gens se croisent au quotidien, décomplexés, libérés de toute idée hiérarchique entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, et gardent donc un esprit disponible pour repérer les potentiels développements.

« Nous essayons au quotidien
de détecter le potentiel scientifique,
souvent aux interfaces des disciplines. »

QUELS SONT LES FUTURS AXES DE RECHERCHE À DÉVELOPPER À L'ÉCOLE ?

Nous comptons continuer à pousser les thématiques aux interfaces physique/chimie/biologie, notamment pour les applications à la santé et la médecine. Nous avons obtenu de bons résultats dans ce domaine, mais nous pouvons aller plus loin. Une nouvelle entité vient également de voir le jour autour des matériaux poreux (l'Institut des Matériaux Poreux), aux applications multiples pour la santé, l'énergie ou l'environnement. Nous pourrions aussi nous positionner davantage sur l'énergie : le laboratoire SIMM travaille sur de nouvelles approches pour les piles à combustible sans membrane. Au LPEM, les boîtes quantiques pourrait améliorer les cellules photovoltaïques.

ET EN TERMES D'ORGANISATION ?

Nous faisons désormais partie de Paris Sciences et Lettres, qui promet un grand potentiel de développement de la recherche à Paris, et qui est virtuellement première université française au classement de Shanghai. Nous avons accueilli une nouvelle équipe qui travaille sur la chimie des matériaux poreux. Nous montons pour l'occasion un laboratoire commun avec l'École Normale Supérieure, avec le soutien de PSL. Cet Institut des Matériaux Poreux a été créé au 1^{er} septembre et prend peu à peu ses marques. Un autre défi est de faire en sorte que la phase de travaux prévus à l'horizon 2018 n'impacte pas la dynamique de recherche. Ces travaux vont surtout nous permettre d'adapter les locaux aux besoins futurs de la recherche.

PRIX ET DISTINCTIONS PLUIE DE RÉCOMPENSES

Nos équipes de recherche sont reconnues tant sur le plan national qu'international, en témoignent les prix et distinctions reçus chaque année par nos chercheurs et nos élèves ingénieurs.

2015

- **Prix de l'inventeur européen 2015** dans la catégorie recherche de l'Office européen des brevets décerné à Ludwik Leibler
- **Médaille de Bronze du CNRS** : Stelios Arseniyadis
- **2 Bourses l'Oréal Unesco pour les femmes et la Science** décernées à Laura Magro et Marine Bézagu
- **Prix scientifique de la Fondation NRJ** décerné à Mickaël Tanter
- **Prix La Recherche** dans la catégorie Biologie décerné à Joelle Vinh et Yann Verdier
- José Eduardo Wesfreid a reçu la **médaille du Sénat**
- Rémi Carminati a été nommé **Fellow de l'Optical Society of America**
- Elie Raphaël a été élevé au rang de **Fellow de la Société Américaine de Physique**

2016

- **Prix Académie des Sciences** "les grandes avancées françaises en biologie" : Gaëtan de Lavilleon et Karim Benchenane
- **Prix de la Recherche Médicale Jean Hamburger de la Ville de Paris** décerné à Karim Benchenane
- **Médaille de Bronze du CNRS** remise à Olivier Couture (Institut Langevin)
- **Médaille Berthelot** et du **Prix fondé par l'État de l'Académie des Sciences** remis à Christian Serre
- **Prix Jean Langlois de la diffusion de la recherche** décerné à Marie Leman, Axel Huerre
- **Prix Jean Langlois de la recherche 2016** décerné à Elie Raphael
- **Prix "Le Monde" de la Recherche**, et **Prix Arconati-Visconti de la Chancellerie des Universités de Paris** décernés à Marine Bézagu
- **Prix Gandi de la Chancellerie des Universités de Paris** décerné à Charlie Dementé
- **Susan P. and Barry M. Trost Award in Organic synthesis** de l'Université

- de Pennsylvanie et Tarrant Distinguished Visiting Professorship of Organic Chemistry de l'Université de Floride décernés à Janine Cossy
- Matteo Ciccotti a reçu le **prix "Darshana and Arun Varshneya Frontiers of Glass Science Lecture"** de l'American Ceramic Society, il a également reçu **Science Award de l'Engineering Conferences International**
- Grand Prix de la Fondation pour la Recherche Médicale décerné à Mickael Tanter
- Flavio Dormont est lauréat du **Trophée des Ingénieurs du futur 2016** dans la catégorie "Ingénieur pour l'international"
- **Prix de thèse du Groupe Français de Rhéologie**, et du **Groupe Français des Polymères** décerné à Charlotte Pellet
- **Médaille d'Or au Concours iGEM** pour 6 étudiants membres de l'équipe iGEM Pasteur pour le Projet MOS(KIT)O
- **2 Bourses l'Oréal Unesco pour les femmes et la Science** décernées à Charlène Gayraud et Pascaline Hayoun



ERC

L'ERC, European Research Council, encourage l'excellence scientifique en Europe par le financement de projets de recherche innovants.

Consolidator Grant 2015 : Anke Lindner

Advanced Grant 2015 : Costantino Creton

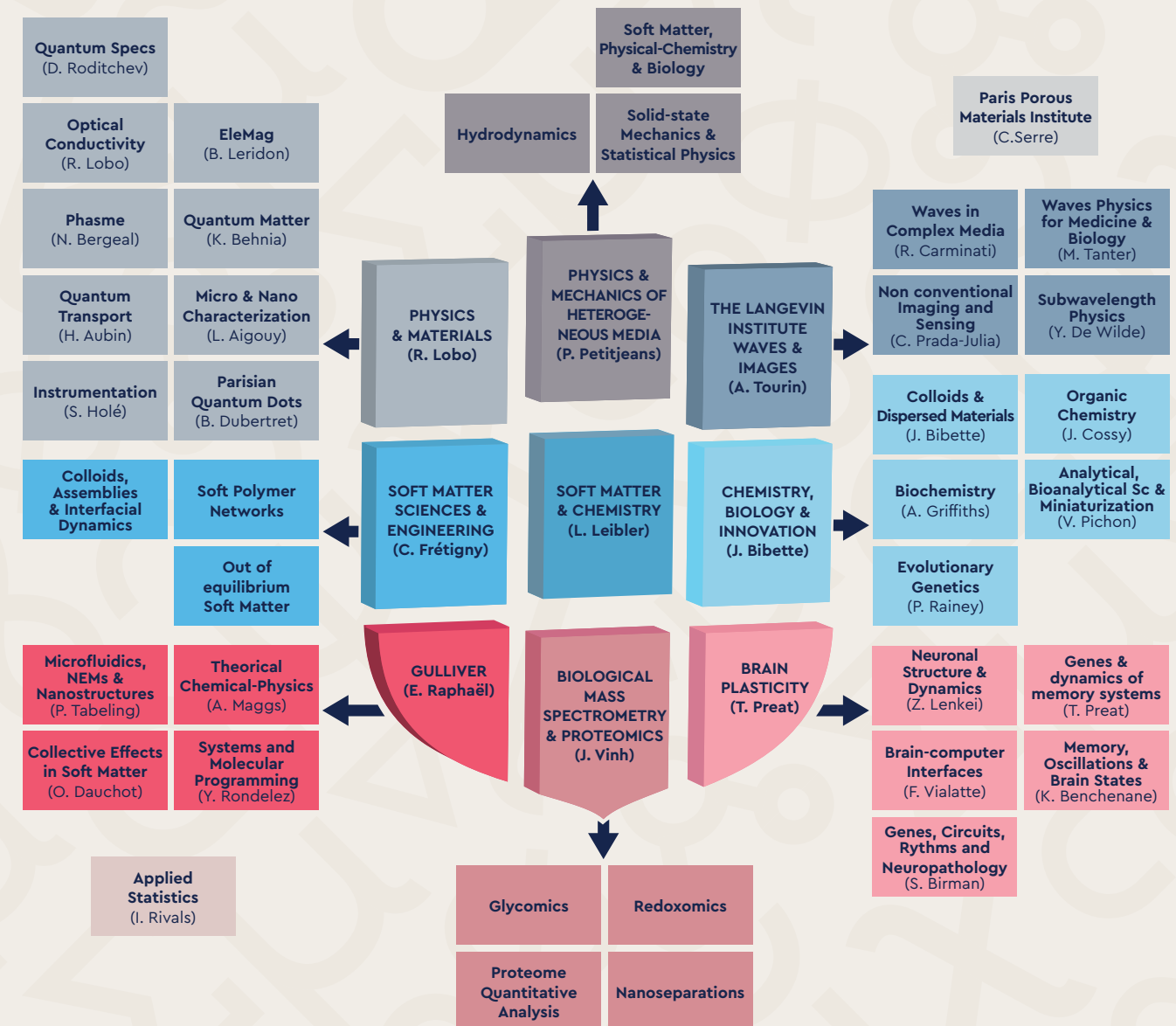
Consolidator Grant 2015 : Emmanuel Bossy

Consolidator Grant 2016 : Karim Benchenane

Consolidator Grant 2016 : Luca de' Medici

PRIVILÉGIER L'AGILITÉ ET L'EXCELLENCE 9 UNITÉS MIXTES DE RECHERCHE

En complément de sa mission d'enseignement, l'école a pour vocation d'accueillir des laboratoires de recherche en lien étroit avec le CNRS, l'UPMC (Paris 6), l'université Paris Diderot (Paris 7) et l'Inserm, qui rémunèrent des chercheurs et enseignants-chercheurs permanents. De nombreux chercheurs et enseignants-chercheurs sont employés par ces tutelles.



CHIMIE

BIOLOGIE

INNOVATION

CBI



TROIS QUESTIONS À

JÉRÔME BIBETTE

Directeur de l'UMR CBI

110
personnes

90
post-doc

7
start-up créées

Quelle idée a présidé à la création de ce laboratoire ?

L'idée était de créer une UMR originale disposant d'une vraie pluridisciplinarité et pouvant partir de la recherche fondamentale jusqu'à des innovations appliquées, qui génèrent des start-up et des emplois. Nous sommes partis d'un constat : la personne la plus apte à valoriser une découverte est souvent celle qui a été impliquée de très près pendant la phase de création scientifique pour qu'elle devienne technologique.

Comment s'organise le labo ?

Cinq laboratoires composent cette unité de recherche dont les compétences vont de la physique à la biologie. Le laboratoire Colloïdes et matériaux divisés, que je dirige, le laboratoire de biochimie dirigé par Andrew Griffiths, celui de Paul Rainey qui travaille sur la génétique et l'évolution, le laboratoire de chimie analytique dirigé par Valérie Pichon, et celui de chimie organique dirigé par Janine Cossy. Il y a une approche globale vers laquelle nous nous dirigeons : nous développons de nouveaux outils pour aller explorer le monde biologique, fondés sur la physique des interfaces, des milieux dispersés, l'hydrodynamique, la chimie analytique, organique et biologique. La miniaturisation des systèmes analytiques, l'élaboration de nouveaux outils à haut débit, leur application à la génétique de l'évolution, à la réponse immunitaire et à la microbiologie constituent quelques fils conducteurs de notre unité.

Le CBI est aussi tourné vers les start-up...

C'est un de nos objectifs au même titre que de publier dans les meilleures revues, nous sommes profondément orientés vers la transformation de la science en applications bénéfiques sur le plan sociétal. Nous faisons avancer la recherche, mais aussi notre société, notamment en créant des emplois. Depuis que l'UMR existe, nous avons créé sept entreprises, toutes des succès, ayant créé plusieurs centaines d'emplois qualifiés à ce jour.

ANTICORPS EN GOUTTELETTES



© Proxima

HiFiBio exploite la technologie microfluidique pour découvrir de nouveaux médicaments.

Les technologies microfluidiques trouvent des applications dans de nombreux domaines et ont permis de fonder plusieurs start-up incubées au CBI. Parmi elles, HiFiBio, fondée en 2013, est un bel exemple de réussite. Comme son nom l'indique, la société est spécialisée dans la lecture à haute définition de certaines expressions biologiques, en l'occurrence la réponse immunitaire et plus particulièrement les anticorps, sécrétés par les lymphocytes B.

Cette technologie repose sur la possibilité de créer des gouttelettes extrêmement petites (1 picolitre environ, soit un millième de milliardième de litre !) en les maintenant intactes et parfaitement dissociées les unes des autres. Grâce aux technologies développées à l'ESPCI, on peut créer ces gouttes très rapidement (3 000 à la seconde) et faire en sorte que chacune contienne une et une seule cellule, permettant des analyses beaucoup plus fines.

Une fois isolées, on peut détecter, *via* une révélation par fluorescence, quelles cellules produisent des anticorps (environ 1 % du total), puis lesquelles produisent en particulier l'anticorps recherché (ce qui peut représenter un dix-millième du tout). Ceci implique l'analyse de millions de cellules, performance permise par cette technologie qui fait usage de systèmes microfluidiques et qui autorise des dizaines de millions d'analyses quotidiennes.

Une fois identifiés, les meilleurs anticorps sont isolés, étiquetés par un système développé par HiFiBio, puis séquencés (les anticorps sont constitués de quatre chaînes, deux légères et deux lourdes, caractérisées par leur séquence). Ainsi les meilleurs peuvent être rapidement clonés. Le cycle entier dure vingt-cinq jours, contre plusieurs mois par la voie classique (qui suppose des cultures sur boîtes de Petri, longues, encombrantes et beaucoup moins précises).

La société, désormais répartie sur deux sites (un à Paris et un à Cambridge, aux États-Unis) a rapidement obtenu des contrats avec diverses industries pharmaceutiques : Pfizer, Johnson & Johnson, etc. et même le ministère de la Défense américain. HiFiBio préférant travailler par partenariat qu'en tant que simple société de services, chaque commande est l'occasion d'échanger des protocoles, des savoir-faire et d'obtenir des droits et royalties sur les éventuelles découvertes. Les premiers contrats ont permis d'amener la technologie à maturité et en augurent de nombreux autres.

hifibio.com

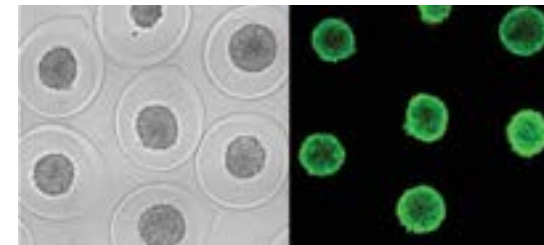


EN BREF

Reconstituer des tissus fonctionnels

Tout est parti de la découverte de capsules élastiques semi-perméables et de leur mode de fabrication il y a 10 ans. L'outil a très vite dépassé les espérances : il devenait désormais possible de recréer des tissus humains vivants à partir de cellules congelées. Au sein du CBI démarre alors un projet sur le long terme : la découverte trouve une première victoire en cosmétique, après 6 ans de développement, la spin-off est revendue à Chanel en 2015. L'équipe de CBI utilise en parallèle la même découverte pour des recherches sur la reconstitution de tissus humains comme le foie, le labo développe des approches pour le reconstituer dans ces capsules de 200 μm biocompatibles. Des parties de foie fonctionnelles sur lesquelles pratiquer toutes sortes de tests, ouvrant la porte à de multiples applications en recherche pharmaceutique. Dernière étape, le montage d'une start-up dédiée, qui comprendra une association avec une entreprise déjà bien implantée sur le marché. Un projet pensé et mené de bout en bout par le laboratoire, autant dans sa partie scientifique qu'entrepreneuriale.

À LIRE : *Controlled production of sub-millimeter liquid core hydrogel capsules for parallelized 3D cell culture*, H. Doméjean, M. de la Motte Saint Pierre, A. Funfak, N. Atrux-Tallau, K. Alessandri, P. Nassoy, J. Bibette, and N. Bremond, *Lab Chip*, 2017, 17, 110-119.



Cellules cancéreuses colorectales murines.

Microgouttes pour explorer les microbiomes

Millidrop (start-up créée en 2015) applique la microfluidique à l'étude des micro-organismes : les boîtes de Petri sont remplacées par des milliers de microgouttes de quelques centaines de nanolitres, chacune parfaitement isolée des autres et au milieu parfaitement contrôlé. Plusieurs milliers de gouttes permettent d'observer autant de réactions en parallèle, sans évaporation ni contamination entre les

cultures. Un système qui est en train de révolutionner la biologie (voir HiFiBio en page précédente, ou la machine à évolution ci-après), mais qui promet également une multitude d'autres applications, notamment en agriculture avec l'exploration de la diversité des sols, dans l'étude bactérienne (il est par exemple possible de faire pousser des cellules uniques, directement dans l'urine humaine, sans méthode d'amplification), l'étude des microbiomes (pédologiques, cutanés, etc.).

À LIRE : *Growing microbes in millifluidic droplets*, L. Boitard, D. Cottinet, N. Bremond, J. Baudry, J. Bibette, *Eng. Life Sci.* 2015, 15, 318-326. *Digital antimicrobial susceptibility testing using the MilliDrop technology*, Jiang L., Boitard L., Broyer P., Chaire A.C., Bourne-Branchu P., Mahé P., Tournoud M., Franceschi C., Zambardi G., Baudry J., Bibette J., *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, 2016, 35 (3), 415-422.

La machine à évolution est en marche

Un des développements les plus spectaculaires du CBI est la "machine à évolution". Un tel dispositif peut être appliqué à l'évolution d'une souche microbienne unique ou tout autant à l'évolution des interactions entre plusieurs espèces de sorte qu'elles établissent une communauté. Cette hypothèse a été introduite par P. Rainey dès son arrivée à CBI. Ce professeur Néo-zélandais spécialiste de la génétique des populations, recruté à l'école en 2016 développe une application originale de la technologie Millidrop : dix mille gouttes, chacune contenant une colonie cellulaire aux caractéristiques génétiques différentes, lues en permanence, sélectionnées, récupérées et redispersées en fonction des besoins selon un seuil de sélection déterminé. Il est ainsi possible de contrôler les conditions environnementales qui, selon le chercheur P. Rainey, sont à l'origine des transitions les plus importantes dans l'histoire de l'évolution. Dans un premier temps, les travaux vont se concentrer sur l'évolution de l'hérédité, qui dépendrait de l'évolution des interactions. Un outil incomparable en termes d'étude de panels génétiques et de sélection.

À LIRE : *Lineage tracking for probing heritable phenotypes at single-cell resolution*, D. Cottinet, F. Condamine, N. Bremond, A. D. Griffiths, P. B. Rainey, J. A. G. M. de Visser, J. Baudry, J. Bibette, *PLOS ONE*, 2016, 11 (0152395).

INSTITUT LANGEVIN



© Benjamin Boccas



TROIS QUESTIONS À

.....
ARNAUD TOURIN
Directeur de l'UMR
Institut Langevin
.....

Pouvez-vous nous présenter l'Institut Langevin ?

L'Institut Langevin est une unité mixte de recherche de l'ESPCI Paris et du CNRS créée par Mathias Fink en 2009. Dédiée à la physique des ondes et à ses applications, elle allie, dans un esprit très pluridisciplinaire, recherche fondamentale, recherche appliquée et création d'entreprises. L'Institut Langevin a obtenu en 2011 le label LabEx (Laboratoire d'Excellence) pour son projet WIFI (Waves and Imaging : From Fundamentals to Innovation).

Quelle y est la philosophie de travail ?

L'ambition qui a présidé à la création de l'UMR était d'y marier toutes les ondes, depuis l'acoustique jusqu'à l'optique en passant par les ondes à la surface de l'eau et les micro-ondes. Notre objectif est de comprendre les mécanismes de propagation de tous ces types d'ondes dans les milieux les plus complexes et les plus divers et de tirer profit de cette compréhension pour concevoir des instruments originaux pour la manipulation de ces ondes et l'imagerie de ces milieux.

L'idée est d'appliquer à certaines ondes les découvertes faites sur d'autres ?

C'est l'un des intérêts d'avoir rassemblé dans un même laboratoire des compétences sur tous les types d'ondes. L'exemple des miroirs à retournement temporel inventés par Mathias Fink au début des années 90 est à cet égard emblématique : le concept a d'abord été éprouvé pour les ondes acoustiques. Il a ensuite été décliné aux micro-ondes, ce qui a permis de concevoir des systèmes de communication sécurisés à haut débit. Puis, plus difficile, en optique avec des modulateurs spatiaux de lumière pour apprendre à voir à travers des milieux opaques. Un autre intérêt est d'apprendre à mélanger les ondes dans un même appareil d'imagerie pour bénéficier du contraste produit par l'une et de la résolution offerte par l'autre. C'est le concept d'imagerie "multi-ondes". L'Aixplorer, un échographe révolutionnaire qui fournit des cartes de dureté des tissus, repose sur ce principe. Il est commercialisé par une société issue de notre laboratoire : Supersonic Imagen.

115
publications
dans des revues
internationales
à comité de
lecture en 2015

Soit une moyenne
de 3 publications
par chercheur et par an

18
brevets déposés
en 2015

1 LabEx

1 EquipEx

PHOTO : Superlentille
acoustique réalisée
à partir de canettes
de soda arrangées
sur un réseau en nid
d'abeille.

QUATRE START-UP EN DEUX ANS !

Une des forces de l'Institut Langevin est sa capacité à transformer les produits d'une recherche très fondamentale en applications. Cela passe notamment par le dépôt de brevets et la création de start-up. Sur la période 2015-2016, quatre sociétés ont ainsi été fondées.



Prototype de mur intelligent – Les chercheurs regardent un des miroirs électromagnétiques reconfigurables qu'ils ont mis au point. Ce concept innovant a conduit à la création de la société GreenerWave en 2015.

GREENERWAVE : DES MIROIRS INTELLIGENTS POUR DE MEILLEURES COMMUNICATIONS

À l'ère du numérique, de grandes quantités d'informations sont transmises *via* des liaisons sans fil, en particulier à l'intérieur des bâtiments. Or, la pénétration des ondes électromagnétiques y est souvent mauvaise, ce qui peut conduire à une mauvaise qualité de service. Des chercheurs de l'Institut Langevin ont eu l'idée d'un dispositif innovant pour pallier ce problème : des surfaces électromagnétiques reconfigurables, "véritables miroirs intelligents", qui recyclent l'énergie électromagnétique dans une pièce pour la rediriger vers les différents terminaux tels que smartphones, tablettes, laptops ou autres. Intégrés aux matériaux de construction (murs, panneaux d'isolation, etc.), voire aux meubles ou aux objets de décoration, ils participeront à l'habitat du futur. GreenerWave a été lauréate du 18^e Concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes (i-Lab).

LIGHTON : L'AVENIR DU BIG DATA

C'est une équipe pluridisciplinaire (ESPCI Paris, ENS, UPMC, CNRS) qui est à l'origine de l'idée : concevoir un processeur optique qui, branché à un ordinateur ou un serveur, permet de réaliser de façon incroyablement efficace des opérations utiles pour le traitement de données massives (big data). L'objectif de LightOn

est ainsi de proposer une alternative aux processeurs génériques (CPU) et coprocesseurs spécialisés (GPU). Consommant seulement quelques watts, cette technologie semble idéale pour les grandes masses de données utilisées en génomique ou dans les objets communicants. Elle pourrait apporter une solution aux problèmes de sécurité et d'anonymisation des données. LightOn a remporté en 2016 un trophée aux Grand Prix de l'Innovation de la Ville de Paris.

ABELIGHT : IMAGERIE OPTIQUE TRÈS HAUTE RÉOLUTION

Le projet Abbelight vise à la commercialisation d'un micro/nanoscope 3D, intégralement automatisé et simple d'utilisation, pour imager la membrane des cellules. Fruit de six ans de collaboration entre l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO) et l'Institut Langevin, les solutions Abbelight offrent une modalité d'observation à double profondeur (membrane et intérieur des cellules) et confèrent une super-résolution axiale aux nouvelles techniques de nanoscopie. Elle devrait ainsi aider les chercheurs à mieux comprendre le mécanisme et les effets des médicaments qui visent les protéines membranaires.

NEUROFLOWS : FILMER L'ACTIVITÉ DU CERVEAU GRÂCE AUX ULTRASONS

Issu des travaux des équipes de Mickael Tanter et de Zsolt Lenkei (LPC), Neuroflows vise au développement d'un imageur fonctionnel du cerveau pour la recherche préclinique. Se présentant comme l'analogue ultrasonore d'une IRM, cette technique révolutionnaire offre des résolutions spatiale et temporelle inégalées. Elle est la seule à offrir la possibilité d'une imagerie fonctionnelle du cerveau entier chez l'animal éveillé et mobile. Neuroflows compte commercialiser son dispositif auprès des laboratoires de recherche en neurosciences et des laboratoires pharmaceutiques du monde entier. La start-up a été distinguée lors du 17^e Concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes (i-Lab).



EN BREF

Transférer l'énergie entre molécules via des plasmons

Les transferts d'énergie entre molécules sont des processus élémentaires observés en biologie comme en physique. Le processus est limité à des distances entre molécules de l'ordre de quelques nanomètres. En utilisant un miroir d'argent et en remplaçant les ondes électromagnétiques par des ondes guidées, appelées plasmons de surface, les chercheurs de l'Institut Langevin ont pu augmenter la distance d'un facteur 1 000 : le transfert s'effectue désormais à l'échelle du micromètre. Les applications potentielles de cette découverte couvrent un large champ, de la récupération d'énergie solaire à l'étude des interactions biologiques.

À LIRE : Long-Range Plasmon-Assisted Energy Transfer between Fluorescent Emitters, D. Bouchet, D. Cao, R. Carminati, Y. De Wilde, and V. Krachmalnicoff, Phys. Rev. Lett. 116, 037401 – Published 21 January 2016.

Imagerie biomédicale à résolution microscopique : la révolution des ultrasons

Des chercheurs de l'équipe Physique des Ondes pour la médecine de l'Institut Langevin et du Laboratoire de Plasticité du Cerveau ont mis au point un procédé d'imagerie médicale à très haute résolution utilisant les ondes ultrasonores. Avec cette méthode inspirée de la microscopie PALM en optique, les chercheurs sont parvenus à rendre compte de l'activité vasculaire du cerveau d'un rat *in vivo*, de manière non invasive et avec une résolution bien meilleure que n'importe quelle technique existante. De nombreuses applications sont envisageables en détection précoce de tumeurs cancéreuses et de pathologies cardiovasculaires ou neurologiques.

À LIRE : Ultrafast ultrasound localization microscopy for deep super-resolution vascular imaging, C. Errico, J. Pierre, S. Pezet, Y. Desailly, Z. Lenkei, O. Couture et M. Tanter, Nature 527, 499-502 (26 November 2015) doi:10.1038/nature16066.

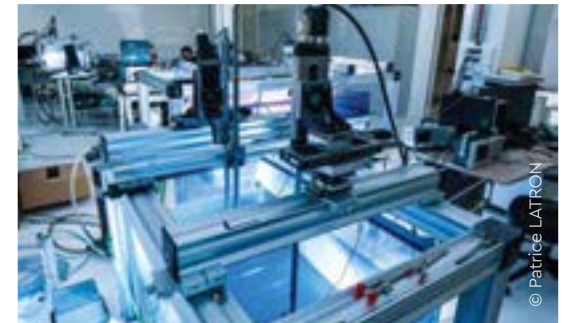
Des matériaux denses et transparents pour contrôler la lumière

Être à la fois dense et transparent semblait une impossibilité physique. Pourtant les "matériaux hyperuniformes" proposent de telles caractéristiques. Composés de verre ou de plastique, ils contiennent des particules diffusant la lumière qui forment une structure désordonnée mais pas totalement aléatoire. Ce travail ouvre la voie au développement de nouveaux matériaux pour la photonique.

À LIRE : High-density hyperuniform materials can be transparent, O. Leseur, R. Pierrat, R. Carminati, Optica 3, 7, 376 (2016). DOI : 10.1364/optica.3.000763.

Faire revivre à des vagues leur vie passée

Une des inventions les plus connues de l'Institut Langevin est le "miroir à retournement temporel" qui permet de faire revivre à une onde sa vie passée. Le système repose sur l'utilisation de nombreux capteurs et d'une électronique assez lourde. Avec l'aide de collègues du PMMH, les chercheurs ont récemment développé une nouvelle approche qui exploite les symétries entre espace et temps. Sans aucun matériel électronique, ils ont créé un "miroir temporel instantané", qui a été testé sur des vagues avec des résultats très spectaculaires.



Aquariums dans la salle dédiée à l'étude de la propagation des ondes ultrasonores en milieux complexes.

À LIRE : Time reversal and holography with spacetime transformations, V. Bacot, M. Labousse, A. Eddi, M. Fink and E. Fort, Nature Physics.

Une superlentille acoustique à base de canettes de soda

Soufflez dans une canette de soda et elle émettra un son presque pur de 420 hertz. En faisant résonner des canettes disposées sur un réseau en nid d'abeilles, des chercheurs de l'Institut Langevin ont obtenu un métamatériau acoustique capable de réfracter négativement une onde acoustique audible, à la manière d'une superlentille.

À LIRE : Negative refractive index and acoustic superlens from multiple scattering in single negative metamaterials, N. Kaina, F. Lemoult, M. Fink and G. Lerosey, Nature, 525, 77-81 (2015).

LABORATOIRE GULLIVER



TROIS QUESTIONS À

.....
**ELIE RAPHAËL ET
OLIVIER DAUCHOT**
co responsables de l'UMR
.....

Pourquoi Gulliver ?

E.R : Gulliver est ainsi nommé afin de souligner la diversité des échelles qui y sont étudiées : du millimètre (échelle des ondes gravito-capillaires) à l'échelle moléculaire (mécanismes enzymatiques), en passant par l'échelle micrométrique (colloïdes, micro-fluidique). C'est un laboratoire, dont les travaux à caractère fondamental allient à la fois expériences et théorie.

Quels sont vos domaines de recherche ?

O.D : Le laboratoire est divisé en 4 équipes : Physico-Chimie Théorique (PCT), Microfluidique MEMs et Nanostructures (MMN), Effets Collectifs en Matière Molle (EC2M) et Systèmes et Programmes Moléculaires (SPM). Ensemble, elles couvrent un large champ de recherches à l'interface de la Physique, la Chimie et la Biologie.

Le laboratoire est résolument ouvert vers l'extérieur

O.D : Oui, nous sommes très loin de l'image du chercheur enfermé dans sa tour d'ivoire ! Les chercheurs de Gulliver s'impliquent fortement dans l'enseignement et la formation des élèves ingénieurs. Mais Gulliver est également très ouvert sur la société, au travers de nombreuses collaborations et initiatives originales. Des projets arts/sciences/vulgarisation, comme le projet Lutétium initié sur YouTube par un doctorant du Laboratoire, voient le jour régulièrement. Enfin Gulliver accueille chaque année 2 à 3 collaborateurs internationaux et ses chercheurs sont régulièrement invités à l'étranger.

E.R : Les applications sont également nombreuses, notamment en matière molle et en microfluidique. Plusieurs sociétés voient le jour en s'appuyant sur des travaux du laboratoire. C'est le cas de Microfactory, qui fabrique des mini-laboratoires révolutionnaires pour les tests cosmétiques, ou encore PlatOD qui développe un système de production de plaquettes sanguines grâce à l'outil micro-fluidique.

45

Chercheurs /
doctorants

4

équipes de
Recherche

77

Publications
en 2015-2016

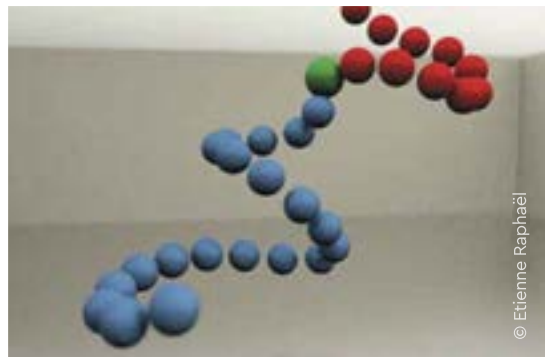
LE MÉTRO : UNE ILLUSTRATION DU COMPORTEMENT DES IONS DANS UN LIQUIDE ET CELUI DES MOLÉCULES DANS UN VERRE.

Quel est le point commun entre l'organisation des ions dans un liquide, et celle des molécules dans les verres ? Le métro bien sûr !

Quand un champ électrique est appliqué à un liquide contenant des ions, ceux-ci se mettent en mouvement et un courant électrique circule. Pour déterminer la valeur du courant, il faut connaître l'organisation des ions. Pour y parvenir, des équipes de Gulliver et du LOMA ont utilisé une "théorie stochastique du champ de densité". Ils ont ainsi retrouvé des résultats de conductivité mis en évidence par le physico-chimiste Lars Onsager (en 1927), mais aussi calculé le courant dans un système confiné, comme un nanotube. Les corrélations montrent que les ions ont tendance à s'aligner, comme les piétons se mettent en file indienne pour se frayer un chemin dans le métro.

Autre exemple curieux : la transition vitreuse. Chacun sait qu'un liquide refroidi à suffisamment basse température peut cristalliser et devenir solide de par l'arrangement périodique des molécules qui le composent. Pourtant certains liquides, quand on les refroidit, voient leur viscosité augmenter de façon phénoménale au point de devenir solide, mais sans avoir cristallisé : ce sont les verres. Cette transition, dont on ne connaît toujours pas la nature exacte, résiste encore et toujours à l'analyse théorique. Deux séries de travaux originaux ont permis de lever une partie du voile.

D'une part, depuis les années 70, de nombreux travaux expérimentaux ont étudié des films minces polymériques afin d'observer la dynamique vitreuse, à l'échelle nanométrique. Des chercheurs de Gulliver ont proposé de décrire cette dynamique à partir d'un modèle inspiré des travaux d'Adam et Gibbs sur la coopérativité dans les verres. L'idée est simple. Dans un verre, les molécules, tout comme des passagers dans le métro, sont confinées par leurs plus proches voisins et seul un mouvement coopératif permet un réarrangement de l'ensemble. Différentes observations et simulations numériques



Représentation de la chaîne coopérative que peut suivre la molécule verte pour se déplacer au sein du verre.

de dynamique moléculaire montrent que ces régions coopératives s'organisent en chaînes aléatoires. Dans un film mince, et donc au voisinage d'une surface libre, une telle chaîne est tronquée et gagne en mobilité en raison de la disparition des contraintes d'encombrement. En clair, un passager du métro proche de la porte n'a pas besoin de coopérativité pour participer au réarrangement de la rame en quittant celle-ci.

D'autre part, l'idée de coopérativité, nécessaire aux réarrangements structuraux d'un verre, peut être étudiée expérimentalement dans un système modèle obtenu sous la forme d'un empilement compact de grains vibrés. Dans ce cas aussi, les grains sont fortement contraints par leurs voisins et cette fois, plutôt comme dans un hall de gare un jour d'affluence ! Des chercheurs de Gulliver ont montré que la dynamique de réorganisation de l'empilement est intrinsèquement hétérogène et intermittente et qu'elle sollicite une accumulation de micro-déplacements, qui se jouent à l'échelle des contacts entre les grains. Ils ont pu valider un ensemble de développements théoriques très récents concernant les règles du jeu qui définissent l'organisation de ces contacts, et donc la rigidité du verre.



EN BREF

Des tests sanguins sur papier

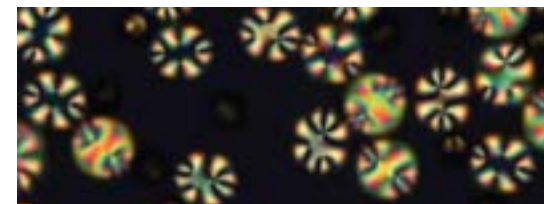


Des bandelettes de papier structurées à l'aide de canaux de cire comme tests sanguins. © Projet Lutétium

Peut-on utiliser de simples morceaux de papiers en guise de tests sanguins ? C'est tout l'objet de la thèse de Laura Magro, dans l'équipe MMN du laboratoire Gulliver. Elle a mis au point une technique qui permet de structurer les différentes couches du papier, en créant des sortes de canaux de cire. En déposant une goutte de sang sur le papier, la goutte va imprégner le papier par capillarité et suivre le ou les chemins délimités par la cire, jusqu'à atteindre un réactif de dépistage. Ces travaux ont valu à Laura une bourse l'Oréal UNESCO Pour les Femmes et la Science en 2015.

À LIRE : Shahnawaz Molla, Laura Magro and Farshid Mostowfi, *Microfluidic technique for measuring wax appearance temperature of reservoir fluids Lab Chip*, 2016, 16, 3795.

Les défauts des cristaux liquides à la loupe



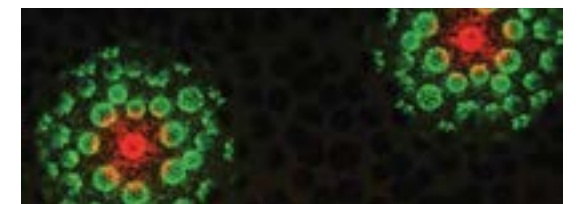
Différentes structures de défauts en lumière polarisée pour des phases nématiques de cristaux liquides.

Les cristaux liquides constituent une classe de matériaux incroyables : ils s'écoulent comme des liquides mais les molécules qui les composent s'organisent, un peu comme à l'intérieur d'un cristal. À Gulliver, l'équipe "Effets collectifs en matière molle" (EC2M) s'intéresse, plus particulièrement aux défauts topologiques créés lorsqu'un cristal liquide est enfermé

dans une surface courbe. En pratique, Teresa-Lopez Leon et ses étudiants enferment des gouttes d'eau dans une coque de cristaux liquide dont la forme s'ajuste à celle de la goutte d'eau. L'équipe étudie alors les défauts qui apparaissent en surface avec des résultats surprenants. Ceux-ci peuvent avoir une structure plus ou moins complexe et évoluer d'une configuration à une autre. L'étude de ces défauts fait écho à de nombreux problèmes : par exemple en cosmologie avec les cordes cosmiques - des défauts dans l'espace-temps qui se seraient formés au début de l'expansion de l'univers.

À LIRE : A. Darmon, M. Benzaquen, D. Seč, S. Čopar, O. Dauchot, T. Lopez-Leon, *Waltzing route toward double-helix formation in cholesteric shells*, PNAS, 2016, 201525059.

La programmation moléculaire s'invite à l'école



Représentation de molécules fluorescentes équipées de machinerie ADN et activant les molécules environnantes.

En 2015, une nouvelle équipe a rejoint Gulliver : SPM (Systèmes et Programmes Moléculaires). L'équipe travaille sur la programmation moléculaire, l'évolution dirigée, le diagnostic. La programmation moléculaire consiste à traiter et programmer des flux d'informations à l'échelle moléculaire, en utilisant des molécules comme des transporteurs et des réactions chimiques comme des opérations élémentaires. Cette équipe a déjà créé un tableau de mélanges moléculaires qui reproduisent l'architecture de réseaux régulateurs observée dans des cellules simples. Désormais, les chercheurs tentent d'appliquer cette connaissance au problème difficile du design d'enzyme ou à la détection des "ultratraces" d'acides nucléiques.

À LIRE : Kevin Montagne, Guillaume Gines, Teruo Fujii, Yannick Rondelez, *Boosting functionality of synthetic DNA circuits with tailored deactivation*, Nature Communications, 2016.



POUR EN SAVOIR PLUS

The conductivity of strong electrolytes, V. Démary et al., J. Stat. Mech., 2016.

Cooperative strings and glassy interfaces, T. Salez et al., PNAS, 2015.

Experimental evidence of the Gardner phase in a granular glass, A. Seguin et al, PRL, 2016.

LABORATOIRE DE PHYSIQUE ET D'ÉTUDES DES MATÉRIAUX LPEM



TROIS QUESTIONS À

.....
RICARDO LOBO
Directeur de l'UMR LPEM
.....

D'où vient le nom du laboratoire ?

Le LPEM résulte du croisement de plusieurs unités aux thématiques très diverses. Les sujets que nous étudions sont si nombreux et parfois si éloignés que le terme "physique des matériaux" est encore le meilleur dénominateur commun : supraconductivité, électrons fortement corrélés, systèmes quantiques confinés, photonique, photovoltaïque, électronique hyperfréquences, etc. avec une approche parfois très fondamentale, et parfois orientée vers des applications très terre-à-terre.

Quelles sont les thématiques de recherche ?

Nous en avons trois : d'une part nous faisons de la recherche en physique fondamentale, en particulier sur ce qu'on peut appeler la matière quantique. Une autre thématique concerne les nanostructures, avec des aspects là aussi très fondamentaux, comme le transport quantique, les systèmes cœur/coquille, etc. mais également des applications, notamment en imagerie médicale.

Et la troisième thématique ?

Celle-ci est beaucoup plus appliquée, presque industrielle. Il s'agit de développer de l'instrumentation scientifique : des sols capacitifs permettant de détecter les chutes aux câbles supraconducteurs pour le transport d'électricité, en passant par la détection incendie, la mesure d'humidité dans le bois de chauffage, tout en gardant un côté très fondamental comme la détection des ondes gravitationnelles. Nous explorons un spectre très vaste sur trois lignes clairement distinctes et nous essayons de rendre floues les frontières entre ces lignes.

31
chercheurs

30
thésards/postdoc

200
articles sur les
3 dernières années

**Collaborations
internationales**
avec US, Canada,
Chine, Japon, Brésil,
UK, Suisse, Italie,
Allemagne, Inde
et 10 autres pays

15 contrats de
recherche publique,
5 contrats industriels
et **4** contrats
européens dont
1 ERC consolidator

PHOTO : Développement
d'antennes et capteurs
hyperfréquences dans
la chambre anéchoïde
du LPEM.

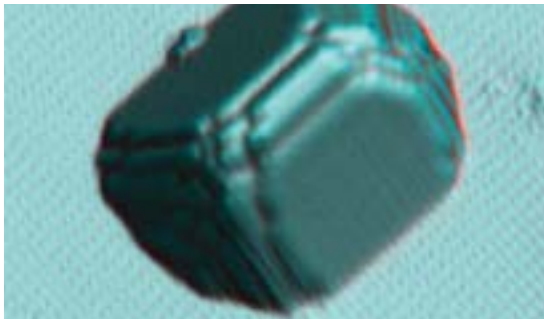
3 AXES DE RECHERCHE À LARGE SPECTRE

AXE “MATIÈRE QUANTIQUE”

Les limites de la supraconductivité

Quelle est la taille minimum pour l’existence de la supraconductivité dans un nanocristal ? En 1959, P. W. Anderson suggéra que la supraconductivité ne pouvait exister que si l’intervalle énergétique entre niveaux électroniques était inférieur à l’échelle d’énergie supraconductrice correspondant à l’énergie de liaison des paires de Cooper, lesquelles sont responsables de la supraconductivité. Jusqu’à récemment, cela restait une simple conjecture. Or, en étudiant le comportement de nanocristaux supraconducteurs de plomb se développant sur une surface d’arsénure d’indium, des chercheurs du LPEM ont pu observer que l’appariement de Cooper disparaissait dans les cas où cet intervalle dépassait cette échelle d’énergie supraconductrice, démontrant ainsi sans aucune ambiguïté la validité du critère d’Anderson.

À LIRE : *Superconducting parity effect across the Anderson limit*, S. Vlačić, S. Pons, T. Zhang, A. Assouline, A. Zimmers, C. David, G. Rodary, J.C. Girard, D. Roditchev, H. Aubin. *Nature Comm.* 8, 14549 (2017).



Îlot de plomb supraconducteur sur un substrat de InAs. Chaque petit point en relief est l’image d’un atome d’indium.

Supraconductivité dans les systèmes électronique fortement dilués

Un métal est un solide dont la résistivité électrique augmente avec la température par suite des collisions que subissent les électrons. On attend que les collisions entre électrons eux-mêmes génèrent une résistivité qui varie avec le carré de la température. Un tel comportement a été vu dans de nombreux métaux à très basses températures. D’après les dernières observations au LPEM, aucune des deux explications couramment employées ne peuvent expliquer la persistance d’une résistivité quadra-

tique dans le titanate de strontium, métal dilué dans lequel on peut varier à volonté la concentration d’électrons.

À LIRE : *Scalable T₂ resistivity in a small single-component Fermi surface*, X. Lin, B. Fauqué and K. Behnia, *Science* 349, 945 (2015). *Critical doping level for the onset of a two-band superconducting ground state in SrTiO₃-d*, X. Lin, G. Bridoux, A. Gourgout, G. Seyfarth, S. Krämer, M. Nardone, B. Fauqué et K. Behnia, *Phys. Rev. Lett.* 112, 207002 (2014).

AXE “NANOMATÉRIAUX”

Applications optiques des “quantum dots”

Les quantum dots, ou “boîtes quantiques”, sont des cristaux semi-conducteurs de dimensions nanométriques. Ils sont constitués de quelques centaines à quelques milliers d’atomes régulièrement espacés et surtout ils possèdent des propriétés optiques et électroniques uniques, liées à leur taille. Concrètement, cela leur confère des capacités de fluorescence : éclairées par un rayonnement ultraviolet, les boîtes réémettent dans le visible avec une longueur d’onde en fonction de leur taille. De nouveaux nanocristaux, en forme de plaquettes, développés au laboratoire présentent des propriétés uniques. Diodes, écrans plats, transistors, etc. les applications industrielles sont multiples.

À LIRE : *Type-II CdSe/CdTe core/crown semiconductor nanoplatelets*, S. Pedetti, S. Ithurria, H. Heuclin, G. Patriarche, B. Dubertret, *J. Am. Chem. Soc.* 36, 16430 (2014). *Electrolyte gated colloidal nanoplatelets based phototransistor and its use for bicolor detection*, E. Lhuillier, A. Robin, S. Ithurria, H. Aubin, B. Dubertret, *Nano Lett.* 14, 2715 (2014).

Imagerie sans bruit de fond

L’imagerie du vivant se retrouve souvent limitée en sensibilité par la fluorescence intrinsèque des tissus (autofluorescence) qui va produire un bruit de fond noyant les signaux faibles, par exemple provenant de cellules individuelles et isolées. Cela empêche notamment la détection de cellules tumorales circulantes *in vivo*. Pour s’en affranchir, on utilise des nanocristaux fluorescents. Ces marqueurs émettent leurs photons de fluorescence 100 à 200 nanosecondes après une impulsion d’excitation, alors que la fluorescence intrinsèque des tissus est émise en 1 à 2 nanosecondes. Il ne reste plus qu’à utiliser une “porte temporelle” pour ne rien détecter durant les premières nanosecondes après le pulse, mais récupérer la fluorescence avec un délai contrôlé.

À LIRE : *Time-gated cell imaging using long lifetime near-infrared-emitting quantum dots for autofluorescence rejection*, S. Bouccara, A. Fragola, E. Giovanelli, G. Sitbon, N. Lequeux, T. Pons et V. Lorientte, *J. Biomed. Opt.* 19(5), 051208 (May 2014).

AXE “ÉLECTRONIQUE HYPERFRÉQUENCES ET INSTRUMENTATION”

Tester les futurs câbles supraconducteurs

La transition énergétique pose plusieurs problèmes, notamment celle du transport. Le système habituel n’étant pas adapté, l’Union européenne a lancé un projet en 2014 : BestPaths, avec pour objectif de trouver comment utiliser les réseaux actuels pour mener à bien la transition et, au besoin, comment les améliorer. Plusieurs projets de démonstrations technologiques ont ainsi été lancés, dont le Démo5, visant à augmenter la capacité des câbles. L’idée est d’utiliser un câble supraconducteur pour transporter un courant continu à très haute tension, ce qui réduit les pertes par effet Joule et autorise de très longues distances. Problème : les câbles en question devront être maintenus à 30 kelvins (- 243 °C) et emploieront un isolant qui, malgré ses caractéristiques, risque fort de céder sous la tension électrique (320 000 volts). Le LPEM est partenaire du projet et chargé de mettre au point la méthode pour tester les différents isolants en conditions réelles. Il a donc développé un banc d’essai avec un caisson cryogénique pour reconstituer les conditions extrêmes que subira le câble.

À LIRE : *Une approche complémentaire sur les câbles supraconducteurs : Thermomagnetic Mechanism for Self-Cooling Cables*, L. De Medici, *Phys. Rev. Applied* 5, 024001 (2016).

Détection de chutes

Chaque année en France, près de neuf mille personnes âgées de plus de 65 ans décèdent des suites d’une chute. Pour les autres, les séquelles sont d’autant plus graves que la personne reste longtemps au sol sans pouvoir se relever. Or les différents dispositifs existants sont invasifs et contraignants (badges, vidéosurveillance...), d’où l’idée d’équiper les revêtements de sols de capteurs capacitifs capables de détecter les fluctuations du champ électrique de la pièce et donc d’identifier la position du corps de l’occupant. La partie intelligente étant déportée dans les plinthes, le système est simple à mettre en place et peu onéreux. Commande de l’entreprise Bostik, le dispositif a été mis au point par le LPEM et

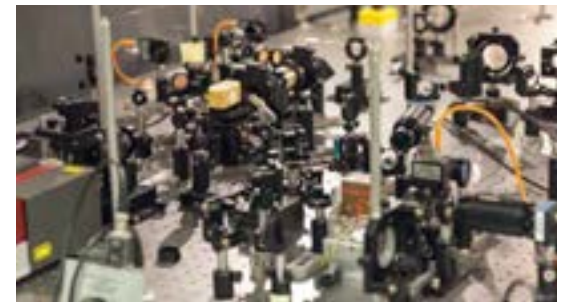
est en cours de test au CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment).

À LIRE : *Conception d’un sol instrumenté pour la détection de chutes de personnes à l’aide de capteurs capacitifs et de techniques de l’apprentissage statistique*, J. Haffner, thèse sout. en 2016.

Les ondes gravitationnelles détectées

Le 11 février 2016, la collaboration scientifique LIGO-Virgo a annoncé la première détection directe d’ondes gravitationnelles émises lors de la coalescence d’un système binaire de deux trous noirs stellaires. L’ESPCI est directement impliqué dans cette découverte historique puisqu’il participe à l’expérience Virgo depuis maintenant vingt-quatre ans. À l’origine, c’est son expertise en métrologie optique qui a été utile à la construction de l’interféromètre géant. Depuis, son activité s’est élargie et des chercheurs du LPEM participent désormais à l’expérience Calva en collaboration avec l’équipe Virgo du LAL (IN2P3 Orsay). Avec cette plate-forme technologique, composée de deux cavités optiques suspendues de 5 et 50 mètres et sous vide, ils explorent de nouvelles techniques optiques (miroirs déformables thermiquement, “refroidissement” de cavités optiques de grande finesse, compensation active du bruit de phase dans des fibres optiques, utilisation d’états comprimés de la lumière, etc.) qui seront intégrées aux futures générations de Virgo.

À LIRE : *Observation of gravitational waves from a binary black hole merger*, B.P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* 116, 061102 (2016).



Détail du banc optique de l’expérience CALVA sur laquelle sont testées les futures améliorations de Virgo.

LABORATOIRE PLASTICITÉ DU CERVEAU LPC



TROIS QUESTIONS À

.....
THOMAS PREAT

**Directeur du laboratoire
Plasticité du cerveau**
.....

Comment est né le laboratoire ?

Le "Laboratoire de Neurobiologie de l'ESPCI" a été créé en 1994, sous l'impulsion de Pierre-Gilles de Gennes, qui désirait introduire les neurosciences à l'école. Il a changé de nom en janvier 2014 pour devenir le laboratoire "Plasticité du cerveau". Nous sommes donc une unité assez jeune dans la structure de l'école, que j'ai rejointe en 2006 pour développer les approches d'imagerie du cerveau *in vivo*.

Quelles sont les grandes thématiques du laboratoire ?

Toutes les équipes étudient, dans leurs champs respectifs, deux aspects du fonctionnement du cerveau : un aspect fondamental, qui vise à comprendre comment il évolue avec l'expérience, la fatigue, l'âge, comment la mémoire est générée et un aspect plus appliqué, qui étudie les pathologies du système nerveux : schizophrénie, troubles du sommeil, maladie de Parkinson, d'Alzheimer.

Comment l'unité est-elle organisée ?

Contrairement à beaucoup d'unités de recherche de l'ESPCI, nous fonctionnons en équipes disposant d'une grande autonomie, chacune ayant sa thématique de recherche, ses locaux, ses contrats, ses étudiants. Deux équipes travaillent sur la mouche drosophile, deux autres sur le rongeur et une sur les interfaces cerveau/machine, donc sur l'homme. Par ailleurs, nous n'avons traditionnellement pas beaucoup de liens avec l'industrie mais cela évolue puisque nous avons déposé plusieurs brevets sur l'effet de molécules dans des pathologies du système nerveux, et noué un partenariat industriel avec Urgotech.

47

personnes
(hors stagiaires)

44

publications
en 2015/2016

Test de mémoire
sur 400 000
mouches par mois

L'INCEPTION CHEZ LA SOURIS



© Proxima

Suivi des ondes cérébrales de la souris pendant ses déplacements.

Le retentissement médiatique de ces travaux doit sans doute beaucoup au succès du film Inception (Christopher Nolan, 2010). La découverte de l'équipe de Karim Benchenane n'en est pas moins extrêmement intéressante du point de vue de la recherche en neuroscience. Poursuivant son étude de la mémoire, l'équipe a réussi à "implanter un souvenir" dans le cerveau d'une souris en train de dormir.

Au cours d'une certaine phase du sommeil (qui n'est pas la phase paradoxale, on ne peut donc pas réellement parler de "rêve"), le cerveau de l'animal "rejoue" les différents trajets qu'il a pu effectuer durant la journée. Il est alors possible de suivre les neurones de lieu "décharger" (émettre un signal électrique) les uns après les autres. L'équipe de K. Benchenane a ensuite eu l'idée de stimuler le centre du plaisir au moment où le neurone relié à un lieu précis (et non encore associé à un souvenir) décharge. Une fois éveillée, la souris se dirige immédiatement vers ce lieu, comme si elle y avait

déjà reçu une récompense. La découverte est essentielle : d'une part, elle démontre (ce qui n'avait jamais été fait) la causalité entre l'activation de ces neurones et la mémorisation spatiale. D'autre part, elle prouve que le déchargement des neurones correspond effectivement à une "revue" des déplacements de la journée. Et enfin, évidemment, elle démontre qu'il est possible de créer des apprentissages relativement complexes pendant le sommeil, bien plus poussés qu'une simple réponse directe à un stimulus.

La suite est toute trouvée : il faut désormais tester l'apprentissage aversif chez la souris. L'équipe vient d'ailleurs d'obtenir un financement ERC pour ces recherches. Au-delà de nous en apprendre plus sur notre cerveau et son fonctionnement, cette découverte s'avère riche en implications pour le traitement des associations pathologiques. Peut-être pourra-t-on, dans le futur, désapprendre au cerveau à associer certains souvenirs à un sentiment négatif.



EN BREF

Mémoire et énergie

L'équipe de Thomas Preat est spécialisée dans l'étude de la dynamique de la mémoire. À l'occasion d'une publication dans *Cell Reports*, l'équipe a détaillé le mécanisme à l'œuvre dans la formation de la mémoire appétitive à long terme chez la mouche drosophile. Elle a notamment démontré qu'un stimulus "sucré" donné à une mouche ne générât une mémoire à long terme que si l'insecte recevait également un apport énergétique dans une fenêtre de cinq heures suivant le goût sucré. Ce travail, qui relie mémoire et métabolisme énergétique, fait suite à une publication de l'équipe dans *Science* qui montrait pour la première fois que le cerveau, qui a une très grande consommation énergétique, était capable de réguler finement son activité en cas de disette.

À LIRE : *To favor survival under food shortage, the brain disables costly memory.* Plaçais P.-Y., Preat T. *Science*. 2013; 339(6118):440-2.
Delayed dopamine signaling of energy level builds appetitive long-term memory in Drosophila. Musso, P.-Y., Tchenio, P. and Preat, T. *Cell Rep.* 2015; 10:1-9.

Neurofeedback appliqué



© DR

Suivi de l'activité cérébrale pendant une phase cognitive.

Classiquement, le "neurofeedback" consiste à enregistrer l'activité du cerveau, en extraire des marqueurs pertinents et les présenter en temps réel à l'individu qui peut ainsi essayer d'interagir avec. Ce que l'on pourrait appeler pour simplifier une "kiné du cerveau". L'équipe de François Vialatte travaille précisément sur des interfaces cerveau/machine qui permettent ce genre d'opération, notamment axée vers les fonctions cognitives (mémoire, attention, etc.).

La principale difficulté étant de calibrer la machine pour faire en sorte qu'elle interprète correctement les informations, très subjectives d'un sujet à l'autre. C'est là qu'intervient Urgotech, filiale du groupe Urgo, qui s'est lancée sur les objets connectés en médecine. Le partenariat industriel monté avec le laboratoire vise à développer les connaissances sur le neurofeedback. À la clé, plusieurs applications commerciales pour Urgotech. Pour le laboratoire, c'est l'occasion de mieux comprendre comment fonctionne le neurofeedback (un processus qui interroge les scientifiques depuis quarante ans), et d'utiliser les interfaces développées par l'équipe, de démontrer leur efficacité.

Comprendre Parkinson

La maladie de Parkinson reste encore très méconnue : si on lui connaît de nombreux facteurs à risque (génétiques, exposition à des pesticides) et si l'on est sûr que la dopamine (un neurotransmetteur) est impliquée dans son processus, on ne sait toujours pas précisément ce qui la provoque, ni comment la guérir. La solution viendra peut-être de l'étude des drosophiles. En effet, l'équipe de Serge Birman a démontré l'implication de neurones dopaminergiques dans la perte de réactivité locomotrice chez cet insecte. Plus précisément, en faisant exprimer chez la drosophile une protéine humaine, l' α -synucléine (que l'on sait liée à la maladie chez l'homme), cette équipe a pu identifier un groupe réduit de quinze neurones à l'origine de problèmes locomoteurs progressifs comparables à ceux affectant les patients parkinsoniens. La surexpression de l' α -synucléine provoque une dégénérescence de leurs connexions synaptiques. Les recherches suivantes pourront donc se concentrer sur ce sous-ensemble de neurones afin de mieux comprendre l'origine de la maladie et, à terme peut-être, mettre au point une parade efficace contre ses symptômes moteurs.

À LIRE : *A single dopamine pathway underlies progressive locomotor deficits in a Drosophila model of Parkinson disease.* T. Riemensperger, A.-R. Issa, U. Pech, H. Coulom, M.-V. Nguyễn, M. Cassar, M. Jacquet, A. Fiala et S. Birman, *Cell Reports* (2013), 5(4):952-960.
A dopamine receptor contributes to paraquat-induced neurotoxicity in Drosophila. M. Cassar, A.-R. Issa, T. Riemensperger, C. Petitgas, T. Rival, H. Coulom, M. Iché-Torres, K.-A. Han et S. Birman (2015), *Human Molecular Genetics* 24(1):197-212.



POUR EN SAVOIR PLUS

Explicit memory creation during sleep demonstrates a causal role of place cells in navigation.
De Lavilléon G., Lacroix M.-M., Rondi-Reig L., Benchenane K., *Nat. Neurosci.* 2015; 18(4):493-5.

MATIÈRE MOLLE ET CHIMIE MMC



TROIS QUESTIONS À

MICHEL CLOITRE

Directeur adjoint de l'UMR MMC

Sur quoi travaillez-vous ?

Les recherches du laboratoire se situent dans le domaine de la Matière Molle au croisement de la chimie de synthèse, de la science des matériaux, et de la physicochimie des polymères et des colloïdes pour la formulation. Nous concevons et synthétisons à façon de nouveaux matériaux, à partir de concepts de chimie supramoléculaire et de chimie covalente réversible, modifions leurs fonctions pour réaliser des synergies de propriétés, étudions et modélisons leurs propriétés rhéologiques, mécaniques, ou optiques. Nos recherches ont de fortes implications appliquées et des débouchés pratiques ce qui se traduit par le dépôt de nombreux brevets et des partenariats industriels soutenus.

Quelle est la philosophie du laboratoire ?

Le laboratoire Matière Molle et Chimie, issu d'une unité de recherche mixte avec l'industrie, cultive une démarche originale qui associe science fondamentale, innovations et applications, et ceci dans une unité de temps et de lieu. Certains de nos projets sont inspirés de problématiques pratiques posées par nos partenaires industriels, d'autres sont directement issus de concepts forgés au laboratoire. Dans tous les cas, notre ambition est de produire des connaissances fondamentales reconnues internationalement et de déboucher rapidement sur des applications concrètes.

Le MMC a produit quelques applications spectaculaires...

L'utilisation et le contrôle des liaisons dynamiques par la chimie supramoléculaire ou la chimie covalente réversible ont conduit à des matériaux possédant des propriétés dynamiques surprenantes. Nous avons ainsi pu créer un caoutchouc autocicatrisant, un plastique recyclable et façonnable à chaud comme du verre, une colle pour les gels et tissus biologiques, et des capsules multifonctions.

8

chercheurs et
enseignants
chercheurs

16

doctorants

11

Post-doctorants

16

Publications

4/11

Brevets
publiés/
dépôts

LES VITRIMÈRES UNE TROISIÈME CLASSE DE POLYMÈRES

Un résultat marquant du laboratoire de Matière Molle et Chimie est sans conteste le concept de vitrimère. Ces matériaux polymères, issus des recherches de Ludwik Leibler en 2011, ont permis de mettre au point une nouvelle catégorie de matériaux polymères à part entière. Jusque-là, les polymères étaient répartis en deux classes aux caractéristiques irréconciliables : les résines thermodurcissables (insolubles et très résistantes) et les résines thermoplastiques (capables de s'écouler).

Les systèmes vitrimères sont des réseaux chimiques qui contiennent des liaisons dynamiques, c'est-à-dire des liaisons chimiques qui ont la capacité d'échanger les atomes qu'elles lient tout en maintenant constant le nombre de liens dans le réseau. L'intégrité du matériau n'est jamais remise en cause : les atomes restent unis quelle que soit la température mais pas forcément avec le même partenaire. La vitesse à laquelle ces liaisons s'échangent dépend de la température et les propriétés macroscopiques des matériaux peuvent être gouvernées par la dynamique moléculaire des liens constituant le réseau vitrimère. Ainsi, un vitrimère présentera les propriétés d'un solide à température d'usage et se comportera comme un liquide à haute température, tout en restant fondamentalement insoluble. La température à laquelle interviendra ce changement de comportement peut être modulée en fonction des propriétés et des applications visées en ajustant la dynamique des liaisons échangeables.

Les vitrimères, en réunissant l'insolubilité et la résistance des thermodurcissables avec l'aptitude à s'écouler sous certaines conditions des thermoplastiques, constituent une troisième classe propice à toutes les innovations. Souder, retoucher, recycler des pièces en polymère réticulé devient désormais possible, et même bien plus encore.



À gauche, un vitrimère méthacrylique dans le THF gonfle mais ne se dissout pas. À droite, un vitrimère polyoléfine est préparé et mis en forme par extrusion.

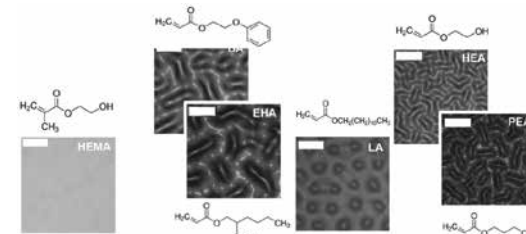


EN BREF

Auto-texturation de films acrylates contrôlée par photopolymérisation

La photopolymérisation de monomères acrylates est couramment utilisée dans l'industrie des revêtements pour réaliser des films lisses. Jérémie Lacombe doctorant au laboratoire a montré que, dans certaines conditions, ces mêmes formulations peuvent générer spontanément des surfaces texturées. Ce phénomène d'auto-texturation est dû à un équilibre entre la réaction de photopolymérisation et l'inhibition de la réaction par l'oxygène ambiant. Les monomères qui n'ont pas réagi gonflent le film polymérisé, ce qui induit une instabilité de surface et à la texturation. Les texturations présentent des morphologies ordonnées à longue distance, dont la taille et le type - hexagones, "cacahouètes", lamelles - peuvent être contrôlées avec l'épaisseur du film, la quantité de réticulant et/ou d'amorceur, la puissance du rayonnement UV. Le phénomène est observé pour une grande variété de monomères réactifs. Ces résultats ouvrent sur des réalisations pratiques qui sont développées en collaboration avec la société Saint Gobain.

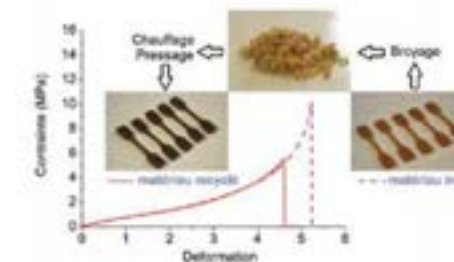
À LIRE : J. Lacombe, C. Soulié-Ziakovic, *Controlling self-patterning of acrylate films by photopolymerization*, *Polymer Chemistry* 2017, DOI: 10.1039/C6PY02072K Illustration.



Textures de surface obtenues pour différents monomères d'acrylate de réactivité croissante.

Caoutchoucs recyclables

Améliorer le recyclage des caoutchoucs est devenu un enjeu majeur. Or ces matériaux sont classiquement réticulés de manière permanente par chimie covalente, par du soufre ou des peroxydes, empêchant toute modification ultérieure du réseau. Au cours de sa thèse au laboratoire, soutenue en 2015, Lucie Imbernon s'est employée à concevoir le recyclage en amont, en utilisant des méthodes de réticulation non permanente, chimiques ou physiques. Elle a notamment démontré la capacité à cristalliser sous contrainte du caoutchouc naturel époxydé (ENR), qui



Recyclage du caoutchouc naturel époxydé. Après broyage et remise en forme, le matériau retrouve des propriétés mécaniques proches de celles mesurées initialement.

possède les mêmes caractéristiques mécaniques que son parent naturel. Mais, contrairement à ce dernier, l'ENR peut voir ses fonctions époxy utilisées pour réticuler le matériau par des diacides carboxyliques, formant des ponts esters échangeables. On obtient ainsi des caoutchoucs partiellement recyclables et aux remarquables propriétés d'auto-adhésion. Et, point non négligeable, la chimie employée n'est pas toxique pour l'environnement, contrairement à la vulcanisation au soufre.

À LIRE : L. Imbernon, E. K. Oikonomou, S. Norvez, L. Leibler, *Chemically crosslinked yet reprocessable epoxidized natural rubber via thermo-activated disulfide rearrangements*, *Polymer Chemistry* 2015, 6 4271-4278.

Macromolécules en brosse multi-usages

Les "macromolécules en brosse" sont des objets de très grande masse molaire (jusqu'à 10 millions de grammes par mole) constitués d'un squelette polymère auquel sont attachés des chaînes pendantes très serrées. Cette architecture, qui se rencontre dans le monde biologique, par exemple dans les protéoglycanes des cartilages, peut aussi être obtenue de façon synthétique. Le laboratoire s'est intéressé à une classe de polymères en brosse acryliques utilisés dans l'industrie papetière, dans le cadre d'un partenariat avec la société Coatex. Charlotte Pellet, doctorante au laboratoire, et Michel Cloître ont découvert et compris les fonctions étonnantes de ces macromolécules en brosse dans des suspensions colloïdales : rétention d'eau, résistance à la compression, absorption de chocs, inhibition des défauts de séchage. Ces travaux qui ont valu à la doctorante deux prix de thèse, ouvrent vers de nombreuses applications notamment dans l'impression par jet d'encre des céramiques.

À LIRE : C. Pellet, *Nouvelles fonctionnalités de copolymères en brosse dans les suspensions minérales concentrées*, Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie (2015).



POUR EN SAVOIR PLUS

D. Montarnal, M. Capelot, F. Tournilhac, L. Leibler, *Silica-like malleable materials from permanent organic networks*, *Science* 2011, 334, 965-968.

M. Röttger, T. Domenech, R. van der Weegen, A. Breuillac, R. Nicolaÿ, L. Leibler, *High Performance Vitrimers from Commodity Thermoplastics through Dioxaborolane Metathesis*, *Science*, 7 avril 2017.

PHYSIQUE ET MÉCANIQUE DES MILIEUX HÉTÉROGÈNES PMMH

70 à 80
publications par an

2,5
publications par an
et par chercheur

Tutelles

CNRS – 21 personnes
ESPCI – 4 personnes
UPMC – 5 personnes
UPD – 3 personnes

PHOTO : Expérience
d'imagerie 3D par
micro-tomographie x
à l'ESRF



TROIS QUESTIONS À

PHILIPPE PETITJEANS
Directeur de l'UMR PMMH

**Quels sont les axes de recherche
du laboratoire ?**

Nos principaux pôles de recherche s'articulent autour de la mécanique des fluides et de la mécanique des solides. Beaucoup de thématiques développées au PMMH utilisent des concepts issus de ces deux domaines scientifiques : interactions fluides/structure, dynamique des interfaces, mouillage, transition à la turbulence, etc. Nous nous interrogeons aussi de manière plus fondamentale sur la physique de la matière au voisinage des transitions de blocage : rhéologie des fluides complexes, matière molle, matériaux vitreux et granulaires, etc. Une partie de notre activité s'est orientée vers des thématiques multidisciplinaires empruntant leur questionnement à la biophysique et la biomécanique, où beaucoup de ces concepts trouvent des applications : la dynamique des réseaux d'actine, les fluides bactériens, l'hydrodynamique de la nage des insectes, des poissons et des microrobots, la croissance racinaire dans les sols....

Combien de personnes travaillent au PMMH ?

Le laboratoire regroupe plus de 80 personnes : 30 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, 7 personnels administratifs et techniques, une quarantaine de doctorants et 6 à 8 post-doc. Nous accueillons en outre 25 visiteurs étrangers par an, pour des durées d'une semaine à 2 mois.

**Vous êtes notamment très reconnu
pour votre activité expérimentale**

De nombreuses expériences, généralement de taille réduite, sont conçues pour étudier les mécanismes à l'origine des comportements des milieux hétérogènes. La phénoménologie nous intéresse plus que le détail. La présence de théoriciens de réputation internationale est aussi une chance pour le laboratoire. Cette identité particulière a été construite sur un grand nombre de très petites équipes en forte interaction les unes avec les autres, ainsi qu'avec de nombreuses autres équipes ou chercheurs en France et dans le monde. Le laboratoire entretient de très nombreux contacts directs avec des industriels, à travers des contrats, et indirects à travers les chaires industrielles de l'ESPCI et le carnet d'adresses de l'école.

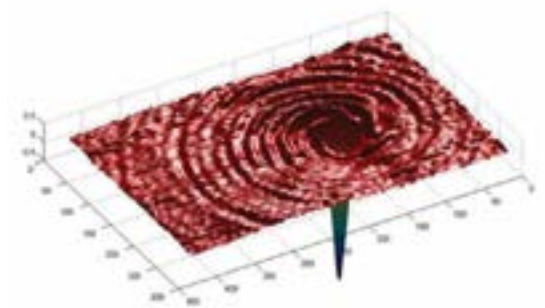
LA PROPAGATION DES ONDES DE SURFACE

À l'instar de l'Institut Langevin, le PMMH s'est aussi investi dans le domaine des ondes, s'intéressant plus particulièrement à la propagation des petites longueurs d'onde à la surface des liquides. Ce type d'ondes présente un gros avantage : leurs vitesses et longueurs d'ondes évoluent dans une gamme de mesures accessible au matériel de laboratoire simple (caméras). L'équipe Ondes à la surface de l'eau a d'ailleurs mis au point un dispositif de mesure de champ d'ondes à partir de photographies. On peut ainsi reconstituer la hauteur de l'onde à l'interface air/liquide, en fonction du temps.

Plus récemment, Antonin Eddi a travaillé sur l'instabilité de Faraday. Il s'agit d'étudier un phénomène bien particulier, observé par Michael Faraday en 1831, l'apparition d'ondes stationnaires à la surface d'un liquide agité verticalement, sous certaines conditions d'accélération. En les étudiant de près, l'équipe de chercheurs a pu voir des vibrations très localisées, un peu à la manière des phonons dans un système cristallin.

Autre sujet de recherche du laboratoire, l'étude des ondes hydro-élastiques. Il s'agit d'étudier les effets du couplage entre un liquide et une pellicule élastique posée à sa surface. Dans la nature, le cas le plus classique est la banquise à la surface de l'océan gelé. Le déplacement des ondes y est très différent de ce qu'il serait sur une surface liquide libre. La question est d'importance et déjà étudiée, notamment pour les projets d'aéroports flottants mais étrangement elle n'a que rarement été abordée d'un point de vue expérimental. Ainsi, le PMMH s'est occupé de caractériser ces propagations particulières, de vérifier la concordance entre les prédictions théoriques et

les expérimentations et, ce faisant les chercheurs ont pu envisager des méthodes pour modifier les directions de propagation des ondes, en faisant varier localement l'épaisseur de la pellicule. Une technique dont on imagine bien des applications dans le futur !



Propagation d'ondes à la surface d'un liquide



POUR EN SAVOIR PLUS

- Experimental demonstration of epsilon-near-zero water waves focusing, T. Bobinski, A. Eddi, P. Petitjeans, A. Maurel et V. Pagneux, *Applied Physics Letters* 107, 014101 (2015).
- Faraday wave lattice as an elastic metamaterial, L. Domino, M. Tarpin, S. Patinet et A. Eddi, *Physical Review E* 93, 050202(R) (2016).



EN BREF

Fluides actifs

Suspensions de bactéries, vols d'oiseaux, bancs de poissons : le point commun entre ces différents systèmes ? Ils sont composés d'être vivants ayant chacun leur propre mode de propulsion et développent donc un comportement particulier à grande échelle. Ainsi l'équipe d'Éric Clément et Anke Lindner, du PMMH, travaille-t-elle sur des suspensions d'*Escherichia coli*, bactérie bien connue des biologistes, mais en se concentrant sur leur comportement physique. Chaque bactérie étant équipée de flagelles, les comportements des fluides sont assez éloignés de la physique classique et révèlent même des propriétés insoupçonnées : par exemple, en cas d'étranglement du canal, les bactéries vont s'accumuler après le goulet et non avant. Encore mieux, dans une certaine gamme, le fluide va à l'encontre de la théorie d'Einstein en voyant sa viscosité diminuer quand sa concentration augmente. Autant d'études qui intéressent particulièrement les industries travaillant sur les micro-organismes, que ce soit pour les utiliser ou s'en prémunir.

À LIRE : *Bacterial suspensions under flow*, E. Clément, A. Lindner, C. Douvache, H. Auradou, *Eur.Phys.J. Special Topics*, 225, 2389 (2016).

Turning bacterial suspensions into a "superfluid", H.M. Lopez, J. Gachelin, C. Douvache, H. Auradou, E. Clément, *Phys. Rev. Lett.* 115, 028301 (2015).

La nature à la rescousse

Le biomimétisme consiste à étudier les moyens développés par le vivant pour les appliquer en ingénierie. Et parmi les merveilles du monde animal, le vol tient une place à part. L'équipe de Benjamin Thiria et Ramiro Godoy-Diana étudie le vol des insectes et s'en inspire pour proposer de nouvelles applications : la déformation des ailes leur a inspiré une nouvelle forme de pales pour les éoliennes, qui deviendraient alors beaucoup plus performantes en s'adaptant aux différents régimes de vent. Toujours dans le domaine des énergies renouvelables, ils se sont inspirés des végétations aquatiques pour concevoir une "forêt" de tiges flexibles qui stockeraient l'énergie des vagues : coup double, puisque cette rétention permet de limiter les effets érosifs sur la côte proche, mais peut aussi être récupérée en partie sous forme d'énergie électrique.

Plus original pour l'ESPCI, le laboratoire travaille sur le comportement collectif des bancs de poissons.



Différentes morphologies de craquelure de couches minces.

Il montre comment les interactions de chaque poisson avec ses proches voisins vont déterminer le comportement de l'ensemble. Une autre étude, menée en cotutelle avec le Muséum national d'Histoire naturelle, vise à caractériser les spécificités morphologiques de la tête des serpents aquatiques, afin d'élucider le rôle de l'hydrodynamique sur le phénomène de convergence évolutive.

À LIRE : *Synchronization and collective swimming patterns in fish (Hemigrammus bleheri)*, I. Ashraf, R. Godoy-Diana, J. Halloy, B. Collignon, B. Thiria, 2016, *J. R. Soc. Interface* 13: 20160734.

Does aquatic foraging impact head shape evolution in snakes? M. Segall, R. Cornette, A.-C. Fabre, R. Godoy-Diana, A. Herrel, 2016 *Proc. R. Soc. B* 283: 20161645.

Plaques minces

Une problématique importante pour de nombreux industriels est la question de la résistance des couches minces sur substrats. Il est bien connu qu'après le dépôt d'un film sur un substrat solide, que ce soit par effet mécanique, thermique ou autre, des contraintes vont apparaître, risquant de générer des zones de compression (et donc des cloques) ou de tension (et donc des craquelures). Or, si l'on pensait connaître toutes les formes possibles de ces craquelures, les travaux du PMMH ont permis de mettre en évidence des conditions sous lesquelles apparaissent des morphologies originales : spirales, "bandes jumelles", en "essuie-glaces" autant de formes exotiques qui ont fait l'objet d'une thèse de doctorat financée par un accord Cifre avec Saint-Gobain. L'équipe a ainsi pu caractériser les fissures avec précision et déterminer les conditions dans lesquelles elles apparaissent. Des conditions certes rares, mais pas impossibles et que l'industrie apprécie de connaître désormais en détail.

À LIRE : *A new failure mechanism in thin film by collaborative fracture and delamination: Interacting duos of cracks*, J. Marthelot et al., *J. Mech. Phys. Solids*, 84 (2015) 214-229.

SCIENCES ET INGÉNIERIE DE LA MATIÈRE MOLLE SIMM



TROIS QUESTIONS À

CHRISTIAN FRÉTIGNY
Directeur de l'UMR SIMM

3 disciplines :
chimie,
physico-chimie
et physique,
elles sont à
la base du
fonctionnement
interdisciplinaire
du laboratoire

137
publications

PHOTO :
Dispositif d'étude
des mécanismes
de déformation
d'élastomères

Quelles sont les origines du laboratoire ?

Le SIMM est le descendant du laboratoire d'étude des polymères de l'école. À l'époque, l'ambition était de produire des polymères "à façon", par voie chimique. Dans les années quatre-vingt, Pierre-Gilles de Gennes et quelques autres chercheurs ont fini par concevoir que cette science des polymères pouvait s'inscrire dans une perspective plus vaste, celle de la "matière molle". Nous avons ensuite changé le nom du laboratoire, et ajouté "ingénierie" car nous travaillons beaucoup avec les industriels.

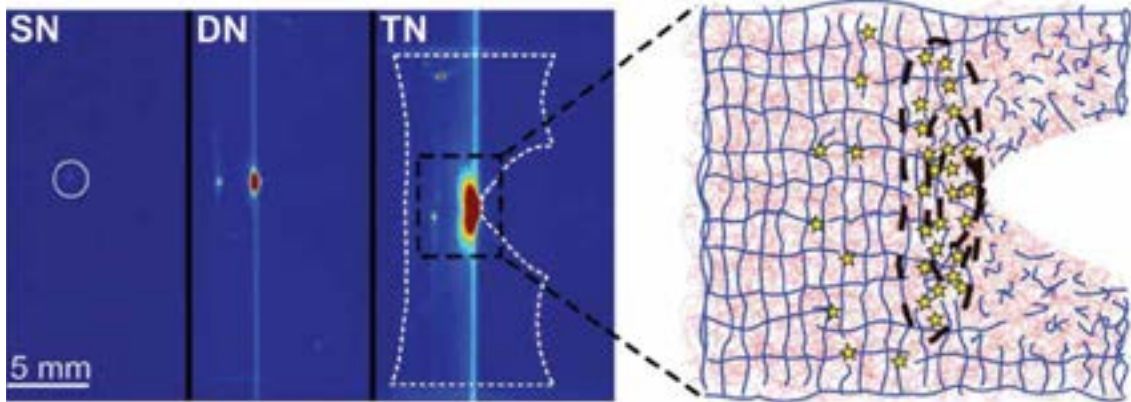
Quelle est la spécificité du laboratoire SIMM ?

L'une des grandes idées consiste à considérer avec attention les échelles mésoscopiques : les propriétés de la matière découlent souvent d'une structuration à une échelle plus grande que l'atome, mais plus petite que l'objet lui-même. Beaucoup de propriétés mécaniques, rhéologiques, trouvent leur origine à cette échelle, le mouillage, l'adhésion, la fracture... Or, elle est très difficile à théoriser : on ne peut pas simplement faire une moyenne pour passer de la molécule à l'objet. Pour la décrire, des outils conceptuels avaient été mis au point comme les lois d'échelle. Désormais cette discipline est suffisamment mûre pour s'attaquer à des problèmes industriels.

Aujourd'hui, vous êtes en partie orientés vers un travail en collaboration avec l'industrie ?

Oui, mais pas au sens où on pourrait l'entendre : nous ne cherchons pas directement de solutions à des problèmes d'ingénierie. Des industriels viennent nous voir et nous envisageons, du point de vue de la science fondamentale, les phénomènes qu'ils ont pu observer et leurs solutions empiriques. Il arrive bien sûr que l'on puisse en faire des applications pratiques, mais le cœur de notre activité est avant tout fondamental. Un de nos critères de réussite est le nombre et la qualité des publications académiques coécrites avec des ingénieurs de recherche industrielle.

BOURSE ERC POUR COSTANTINO CRETON



Cartographie et schéma de la rupture moléculaire lors de la propagation de fissure dans un élastomère contenant des molécules mécano-luminescentes.

Le Conseil européen de la recherche (ERC) remet tous les ans des bourses récompensant les chercheurs prometteurs qui ont démontré leur potentiel à se hisser au rang de leaders indépendants de la recherche. Il soutient ainsi la création de nouvelles équipes de recherche d'excellence.

En 2016, c'est Costantino Creton, directeur de recherche CNRS au laboratoire de Sciences et ingénierie de la matière molle (SIMM), qui a obtenu la bourse de plus haut niveau pour les travaux de son équipe sur le phénomène de fracture sur les matériaux souples. Un article de revue publié avec Matteo Ciccotti a défini les grandes lignes du projet. Son objectif : développer une vision la plus complète possible des mécanismes de dissipation d'énergie limitant ou empêchant la propagation d'une fissure dans un matériau très déformable. En particulier ceux possédant des liaisons dites "sacrificielles", c'est-à-dire des liaisons labiles réversibles, susceptibles de casser et de se reformer.

Pour ce faire, une équipe interdisciplinaire de doctorants, post-docs et permanents sera mise en place avec, selon la philosophie du SIMM, des compétences complémentaires en chimie, physique et mécanique. Les travaux utiliseront une combinaison de nouveaux matériaux, des élastomères et des hydrogels contenant une fraction variable de liai-

sons sacrificielles : il s'agira de combiner des tests mécaniques pour caractériser la rupture des matériaux et, en particulier, les pointes de fissure. Dans ce but, les essais emprunteront à la biologie une technique encore très peu utilisée jusque-là pour les matériaux : la détection à l'aide de molécules mécanophores (pour les forces agissant sur le squelette carboné des molécules polymères) et mécano-luminescentes (pour la rupture des liaisons), *via* un microscope confocal. Des informations moléculaires qui seront complétées par des mesures de corrélation d'images numériques (pour les déformations) et d'orientation locale et de détection d'endommagement par diffusion du rayonnement (lumière visible et rayons X).

L'idée a une origine des plus concrètes : de nombreux matériaux mous résistants à la rupture ont été conçus ces dernières années par les équipes de chimistes des matériaux dans les laboratoires comme dans l'industrie, de manière parfois semi-empirique, sans toujours parfaitement saisir la science à l'œuvre derrière ces phénomènes. L'ambition ici est de se focaliser sur les mécanismes moléculaires pour en tirer des conclusions applicables sur le plan plus général, afin de guider le développement de nouveaux matériaux et de proposer un modèle multi-échelle des mécanismes les rendant résistants à la rupture.



EN BREF

Fluctuations de surfaces libres

Les effets de l'agitation thermique dépendent des propriétés du système considéré, il est donc possible, en la mesurant, de remonter à ces dernières. Le SIMM a mis au point il y a une dizaine d'années une mesure simple des fluctuations de surface de systèmes de la matière molle, grâce à un principe optique. On peut ainsi détecter des vagues inférieures au nanomètre, avec une dynamique temporelle très large. La technique développée rend possible la caractérisation des propriétés rhéologiques d'un milieu sans aucun contact avec celui-ci, ce qui ouvre un très large champ d'applications. À un niveau plus fondamental, la mesure des fluctuations de surface donne accès aux propriétés de films liquides fortement confinés, à l'échelle de quelques molécules. Enfin, elle permet d'étudier la dynamique particulière des fluctuations de systèmes hors équilibre comme ceux proches de la transition vitreuse, pour lesquels le théorème fluctuation-dissipation ne s'applique pas. Le SIMM vient de recevoir les prix de la recherche Jean Langlois et le prix d'instrumentation de la Société chimique de France et de la Société française de physique pour ses travaux sur les fluctuations de surfaces libre.

À LIRE : *Boundary Condition in Liquid Thin Films Revealed through the Thermal Fluctuations of Their Free Surfaces*, B. Pottier, C. Fretigny, L. Talini, *Physical Review Letters* 114 (2015) 227801.

Nouvelle voie pour les revêtements polymère

Les revêtements polymères hydrophiles permettent de contrôler les propriétés de surface (mouillabilité, perméabilité, adhésion, friction...), et sont notamment très intéressants en science des matériaux, biologie ou médecine. Jusqu'ici, on employait classiquement des assemblages couche par couche (LBL) et des polymères en brosse, mais les films d'hydrogel semblent constituer une alternative innovante, stable et durable, en plus de polyvalente. Le SIMM a développé une méthode simple pour fabriquer des films polymères réticulés suivant une large gamme d'épaisseurs (du nanomètre au micromètre). Il est ainsi possible de fabriquer des réseaux variés sur des substrats solides, comme des hydrogels répondant aux stimuli, ou des films hydrogel complexes avec une architecture ciblée (multicouche, réseaux inter-pénétrés, films d'hydrogel nanocomposite, motifs...).

Dans un canal microfluidique, leurs propriétés thermiques permettent d'obtenir des valves ou des cages réversibles pour piéger certains objets moléculaires. Ces travaux confirment l'intérêt d'applications de cette technologie à la biologie (amplification ADN, manipulation cellule unique, microbiologie...) avec, en outre, un coût très modéré et une faible consommation d'électricité.

À LIRE : *Multiscale surface-attached hydrogel thin films with tailored architecture*, B. Chollet, M. Li, E. Martwong, B. Bresson, C. Fretigny, P. Tabeling, Y. Tran, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 8 (2016) 11729-38. Chollet, B.; D'Eramo, L.; Martwong, E.; Li, M.; Macron, J.; Mai, T. Q.; Tabeling, P.; Tran, Y. *Tailoring patterns of surface-attached multi-responsive polymer networks*. *ACS Appl. Mat. Interfaces*, 2016, 8, 24870-24879.

La cinétique du ciment enfin observée directement

On sait depuis Le Chatelier que l'hydratation du ciment Portland est initiée par la dissolution de monomères de silicate de calcium dans l'eau, suivie par la précipitation d'hydrates de silicates et de calcium (CSH) en couches, moins solubles, dans lesquels les ions silicates se condensent pour former de courtes chaînes. Cependant, en dépit de deux siècles d'application tous azimuts et d'un siècle d'études détaillées, les mécanismes moléculaires derrière les étapes cinétiques de l'hydratation sont toujours débattus. L'équipe du SIMM a utilisé la résonance magnétique nucléaire à l'état solide pour suivre l'hydratation de Ca_3SiO_5 , enrichi au ^{29}Si , afin de déterminer les compositions de transition au niveau moléculaire, ainsi que les interactions entre les différentes formes de silicate, des groupes hydroxyles et des molécules d'eau, observées pour la première fois directement. Ces travaux ont permis une nouvelle compréhension de cette cinétique observée dans de nombreux systèmes de silicates. Ils ont également mis en avant l'intérêt du Ca_3SiO_5 comme modèle pour étudier les procédés d'hydratation à long terme.

À LIRE : *Understanding silicate hydration from quantitative analyses of hydrating tricalcium silicates*, Elizaveta Pustovgar, Rahul P. Sangodkar, Andrey S. Andreev, Marta Palacios, Bradley F. Chmelka, Robert J. Flatt & Jean-Baptiste d'Espinose de Lacaillerie, *Nature Communications*, 7:10952, DOI: 10.1038, 2016.



POUR EN SAVOIR PLUS

Fracture and adhesion of soft materials: a review, C. Creton et M. Ciccotti, 23 mars 2016, *Reports on Progress in Physics*, vol. 79, n° 4.

SPECTROMÉTRIE DE MASSE BIOLOGIQUE ET PROTÉOMIQUE SMBP

NanoESI setup : La source d'ionisation en nano électrospray (ESI) est une interface utilisée en routine pour la spectrométrie de masse des échantillons peu abondants car elle permet d'obtenir un signal informatif à des débits de quelques nL/min. Elle est donc parfaitement adaptée aux applications biomédicales où les échantillons d'intérêt prélevés sont particulièrement précieux.



TROIS QUESTIONS À

JOËLLE VINH

Directrice de recherche à l'USR SMBP

Quel est le cœur de métier du laboratoire ?

Le SMBP émane du laboratoire de biologie de l'ESPCI. C'est une structure très jeune, créée en 2009 afin de répondre à un besoin croissant en biologie et nécessitant un savoir-faire en chimie analytique et en techniques séparatives, plus précisément en spectrométrie de masse à très haute résolution. L'unité ne compte que treize personnels avec une dominante d'ingénieurs, mais nous accueillons plus d'une centaine d'utilisateurs à travers de multiples partenariats.

Cas particulier à l'école, il s'agit d'une USR

En effet, nous sommes une unité mixte de services et de recherche. Nous sommes donc habilités par le CNRS à facturer des prestations de services, dans notre domaine de prédilection : l'identification et la caractérisation des protéines au sein d'un échantillon. Mais nous sommes avant tout une unité de recherche : les services ne constituent qu'une petite part de nos activités, qui permet de financer en partie la maintenance de notre matériel.

Quelles sont vos grandes thématiques de recherche ?

Notre principale thématique est à l'interface des sciences analytiques et de la chimie des protéines : nous travaillons sur la recherche de sensibilité et de spécificité pour étudier les protéines au niveau moléculaire. Comment sont-elles exprimées ? Comment sont-elles modifiées ? Grâce à la spectrométrie de masse, nous pouvons analyser très finement la composition d'un mélange protéique, ce qui s'avère être un outil précieux en biologie. De nouvelles disciplines se développent à partir de ces méthodes : protéomique, peptidomique, nanochromatographie. Nous travaillons sur les cascades de signalisation en réponse à des stress environnementaux avec par exemple l'étude de l'état redox et de la glycosylation des protéines, qui modifient leurs fonctions biologiques : l'étude des modifications post-traductionnelles est une thématique émergente, pas assez étudiée à mon sens, et pourtant incontournable pour la compréhension des processus biologiques tant du point de vue fondamental (mécanisme de la réponse immunitaire, réparation des tissus), que dans le cas d'applications biomédicales (cancer, diabète, allergie, maladies auto-immunes).

5 à 6

publications par an

5

permanents

4

chercheurs et
enseignant-
chercheurs
contractuels

4

doctorants

1

plateforme
technologique
en protéomique
et spectrométrie
de masse

10 ans

de participation
active en formation
permanente et
professionnelle
(CNRS, Inserm
et industrie)

SÉPARER LES PROTÉINES POUR MIEUX LES ÉTUDIER

UN POOL INSOUÇONNÉ D'ANALYSES COMPARÉES

Les grandes découvertes prennent parfois des routes curieuses. Ainsi a débuté en 2009 une série de recherches sur les processus de défense de la drosophile contre les pathogènes, lancées en collaboration avec Jules Hoffmann, quelque temps avant son prix Nobel de médecine, puis avec Jean-Luc Imler, du même institut, deux ans plus tard. L'idée était notamment de comprendre la machinerie moléculaire impliquée dans la réponse immunitaire. Après une étude génétique, un certain nombre de protéines ont été identifiées, et l'équipe du SMBP a fini par effectuer une analyse exhaustive de celles-ci. Un pool total de 369 molécules (correspondant à 291 gènes), dont 92 % possèdent des orthologues chez l'homme !

Une voie royale, donc, pour procéder à une longue série d'analyses fonctionnelles comparées, qui s'annoncent d'ores et déjà féconde. À partir d'une seule de ces molécules, Jean Luc Imler (CNRS), Catherine Schuster (Inserm) et l'équipe du SMBP ont constaté son implication dans la propagation des virus. Cette protéine, Rack1, fait la différence entre la traduction normale de la cellule et celle des virus, qui l'utilisent comme point d'ancrage sur le ribosome pour se propager et détourner la machinerie de la cellule-hôte. La mise au jour de ce mécanisme apporte de nouvelles pistes de traitement pour différents virus (virus d'insecte, hépatite C, rhinovirus, etc.). Une découverte qui, à elle seule a valu à l'équipe le prix La Recherche 2015 dans la catégorie Biologie. Qui sait ce que cachent les 368 autres molécules ?

UN ÉQUIPEMENT DE POINTE

Le SMBP tire sa spécificité de sa plateforme technologique, qui appartient au groupe des treize plateformes nationales IBiSA (Infrastructures en biologie santé et agronomie) pour la protéomique. En 2015, quinze équipes académiques et trois groupes industriels sont venus travailler sur les 6 spectromètres de masse tournant en routine en couplage nanoLC, mais sont aussi venus traiter leurs échantillons et se former en protéomique avec les ingénieurs du SMBP.



NanoLCMALDIsetup : La chromatographie en phase liquide est systématiquement miniaturisée dans des colonnes dont le diamètre interne ne dépasse pas 75µm. Les produits séparés sont alors collectés par de petits automates par fractions d'environ 40 µL sur cible MALDI (Matrix Assisted Laser Desorption ionization) comme sur l'image, ou en couplage avec la source nanoESI de façon plus classique.

Par ailleurs, le réseau CNRS des Très Grand Équipement (TGE) de recherche des FT-ICR (spectromètres de masse à transformée de Fourier) constitue désormais une fédération de recherche (FR 3624), en partenariat avec l'École Polytechnique, et les universités Pierre et Marie Curie, Paris Saclay, Lille, Rouen, et Lorraine. Les développements récents dans ce domaine font de la spectrométrie de masse un outil analytique de choix pour la communauté de recherche académique.

Ainsi les équipes françaises disposant d'appareillages de génération récente (avec un champ magnétique de 7 à 9,4 Teslas) mettent à la disposition de la communauté française et internationale leurs matériels et compétences (30 % du temps d'expérience disponible) pour la réalisation et l'exploitation des expériences. Cette fédération est décentralisée sur les sept sites équipés depuis 2010, dont l'ESPCI. Une procédure d'appel d'offres permanent permet aux chercheurs intéressés de soumettre leur projet de manière très souple et avec un temps de réponse minimal. Si celui-ci est retenu après expertise externe et qu'il entre dans la part du temps d'expérience réservé, le TGE prend en charge les coûts d'analyse par FT-ICR.



EN BREF

Deux thèses marquantes

Parmi les thèses marquantes soutenues au laboratoire, on peut citer celle de Sophie Liuu qui propose un nouveau protocole de classification des amyloses (maladies sévères provoquant des dépôts de protéines insolubles dans les tissus). La méthode éviterait le recours à des anticorps présélectionnés par l'anatomopathologiste et permet une approche sans *a priori*. Elle augmente l'efficacité tout en réduisant le temps de digestion (passant de 15 heures à 90 secondes) et recourt à une caractérisation moléculaire par nanochromatographie couplée à la spectrométrie de masse à haute résolution. Cette approche peut

post-traductionnelles, en proposant deux nouvelles stratégies pour ce domaine qui constitue toujours un défi pour la science protéomique. Les deux approches analytiques ont été appliquées à l'étude de l'oxydation des cystéines. La première apporte des améliorations techniques importantes et une innovation dans le traitement des données. La seconde offre une large gamme d'applications qui peut s'étendre aux tissus et aux biopsies. Les stratégies développées sont désormais en cours de miniaturisation.

À LIRE : Sophie Liuu. *Analyse protéomique ciblée à haute résolution : un outil puissant pour le diagnostic clinique à partir de prélèvements de tissus amyloïdes bruts* Chimie-Physique [physics.chem-ph]. Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, 2014. Français.

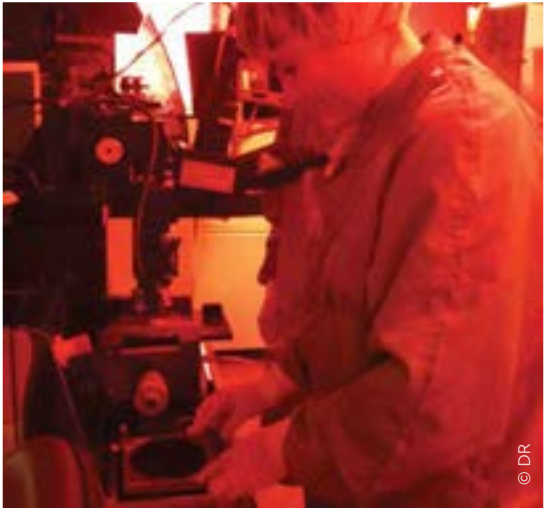
Shakir Mahmood Shakir. *Développement de nouvelles stratégies analytiques pour la caractérisation moléculaire des états d'oxydation à l'échelle protéomique* Chimie analytique. Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, 2015. Français.

Ces études sont en cours de valorisation.

Nouvelle approche pour les tauopathies

Les tauopathies sont des maladies qui trouvent leur origine dans une agrégation des protéines Tau, molécules bien particulières des neurones. La maladie d'Alzheimer en est l'exemple le plus tristement connu. Or les dernières études ont démontré que la localisation des sites de dégradation de cette protéine pourrait être importante pour mieux comprendre ses mécanismes cellulaires d'agrégation, en particulier le domaine N-terminal de la protéine. L'équipe du SMBP a ainsi réussi à optimiser une approche protéomique pour identifier un certain nombre de nouvelles espèces Tau tronquées sur l'extrémité N-terminale.

À LIRE : *Role of the Tau N-terminal region in microtubule stabilization revealed by new endogenous truncated forms*, M. Derisbourg, C. Leghay, G. Chiappetta, F.-J. Fernandez-Gomez, C. Laurent, D. Demeyer, S. Carrier, V. Buée-Scherrer, D. Blum, J. Vinh, N. Sergeant, Y. Verdier, L. Buée et M. Hamdane, *Scientific Reports*, 14 mai 2015.



Le laboratoire est intégré dans l'IPGG et à ce titre bénéficie des infrastructures de microfabrication pour le design de nouvelles stratégies analytiques miniaturisées.

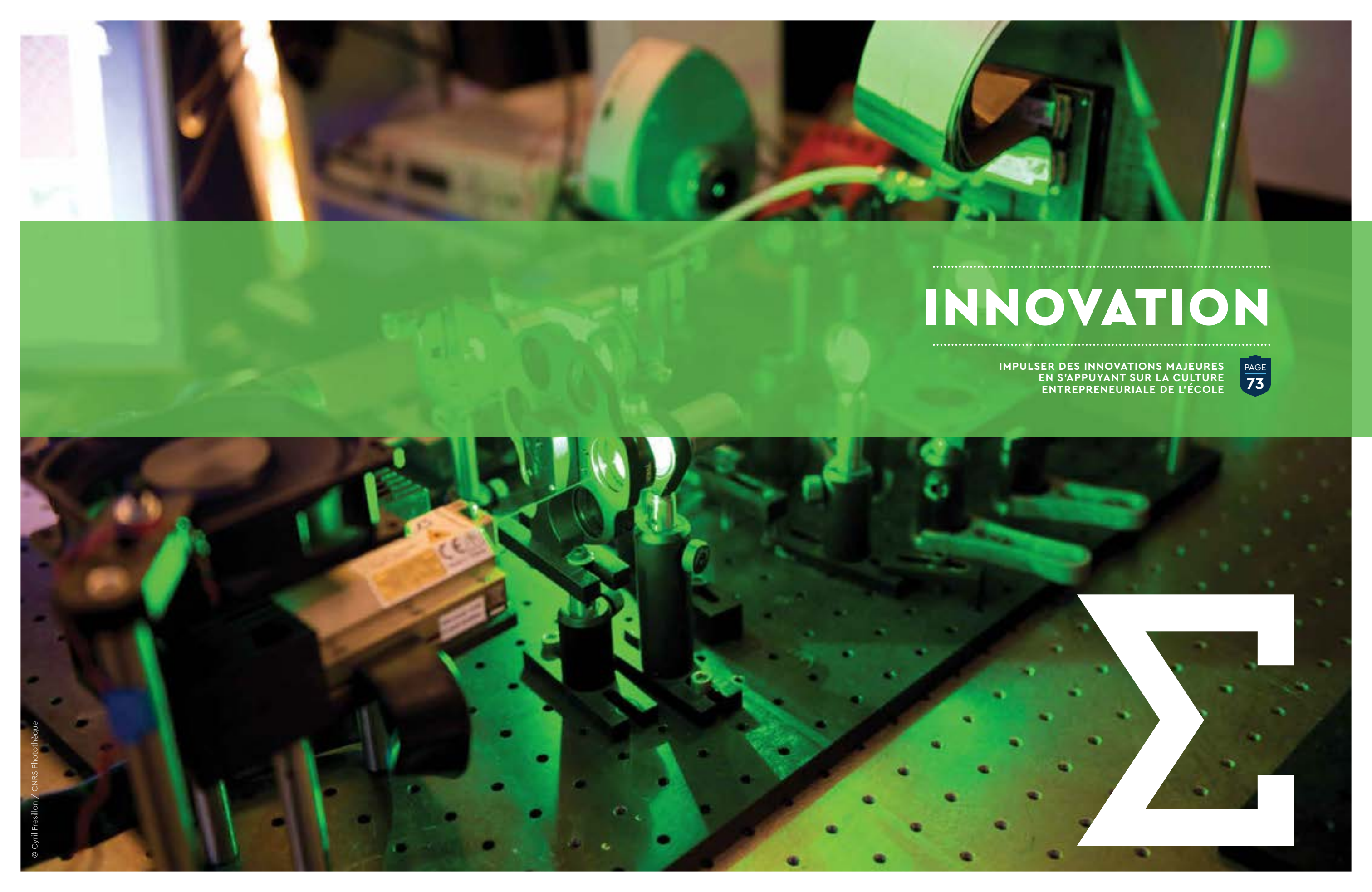
être généralisée à l'étude des protéines à partir de tissus bruts que ce soit dans le domaine biomédical ou dans l'agroalimentaire.

Autre soutenance importante, la thèse de Shakir Shakir s'oriente vers la quantification des modifications



POUR EN SAVOIR PLUS

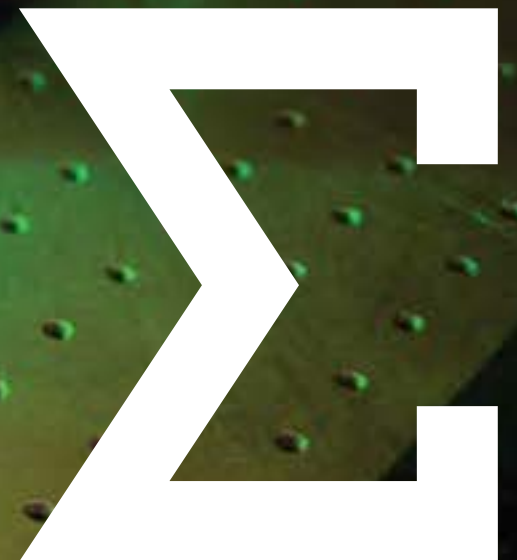
RACK1 Controls IRES-Mediated Translation of Viruses, K. Majzoub, M. Lamine Hafirassou, C. Meignin, A. Goto, S. Marzi, A. Fedorova, Y. Verdier, J. Ile Vinh, J. A. Hoffmann, F. Martin, T. F. Baumert, C. Schuster et J.-L. Imler, *Cell*, oct. 2016, j.cell.2016.10.041.



INNOVATION

IMPULSER DES INNOVATIONS MAJEURES
EN S'APPUYANT SUR LA CULTURE
ENTREPRENEURIALE DE L'ÉCOLE

PAGE
73



D'HIER À AUJOURD'HUI, UNE KYRIELLE D'INVENTIONS RÉVOLUTIONNAIRES

Plus d'un siècle après sa création, l'ESPCI peut se targuer d'être l'école aux six prix Nobel. Car c'est au cœur de ses laboratoires que de grandes découvertes scientifiques sont nées. Retour sur ces inventions d'hier et d'aujourd'hui qui ont non seulement révolutionné la chimie et la physique, mais surtout notre vie quotidienne.

1907



LE LUTÉCIUM

Ainsi nommé en 1907 par Georges Urbain, ingénieur ESPCI, en hommage à la ville de Paris (ancienne Lutèce), le lutécium, dernier élément de la série des lanthanides, compte parmi les terres rares. L'isotope ¹⁷⁷Lu est utilisé en médecine nucléaire dans le traitement de certaines tumeurs.

1903



LE RADIUM

Pierre (enseignant chercheur) et Marie Curie (chercheuse) découvrent le radium et le polonium dans les laboratoires de l'ESPCI en 1898. Ils obtiennent le prix Nobel de physique pour cette découverte en 1903.



LE TUBE NÉON

L'invention de l'ingénieur Georges Claude, en 1910, marque les débuts du tube de couleurs fluorescent dans le domaine des enseignes lumineuses. Georges Claude (également inventeur d'un procédé de liquéfaction de l'air) rachètera même les établissements Paz et Silva (électroménager et publicité lumineuse), acquis ensuite par J.-C. Decaux. Il est le fondateur d'Air liquide avec son camarade de promotion Paul Delorme.

1910

1915



LE SONAR

Pendant la Première Guerre mondiale, Paul Langevin (professeur, puis directeur de l'ESPCI de 1925 à 1946), met au point un appareil pour détecter les sous-marins ennemis en utilisant la réflexion des ondes ultrasonores sur ces objets. C'est la naissance du sonar.

1917



LES ANTIOXYGÈNES

Le rubrène est un antioxygène. Il s'agit de substances qui, ajoutées à faible dose à des matières oxydables, sont capables d'empêcher leur dégradation. L'étude des antioxygènes, initiée dans les laboratoires de l'ESPCI et du Collège de France vers 1917, trouve encore aujourd'hui des applications dans la cosmétique et dans les traitements anticancéreux.

1928



LA BOÎTE NOIRE

Alors ingénieur à l'ESPCI, Paul Dubois invente en 1928 un oscillographe permettant d'enregistrer les informations situées dans un avion. Celui-ci est à l'origine de l'enregistreur photographique de vol Hussenot-Baudouin mis au point en 1939. Il est surnommé "boîte noire" à cause de sa chambre noire photographique.

1935



LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

Frédéric Joliot-Curie (ingénieur ESPCI) et sa femme Irène, fille de Marie Curie, découvrent la radioactivité artificielle en 1935. Une prouesse qui leur vaut le prix Nobel de chimie. Les applications sont nombreuses, notamment dans le domaine de l'imagerie médicale.

1939



LA CHIMIE MACRO-MOLÉCULAIRE

Georges Champetier (41^e promotion), est un des initiateurs de la chimie des polymères en France. La notion de macromolécule est d'abord proposée en Allemagne par Hermann Staudinger. Dès 1939, une conférence sur les macromolécules est organisée à l'ESPCI.

1968



LES CHAMBRES À FILS

Georges Charpak révolutionne la détection des particules en 1968 avec la chambre proportionnelle multifils qui remplace le détecteur à bulles, beaucoup moins rapide. Ses détecteurs de particules élémentaires révolutionnent à la fois le traitement informatique des données et l'imagerie médicale. Son invention lui vaut le prix Nobel de physique en 1992.

1985



LA GASTRONOMIE MOLÉCULAIRE

Discipline scientifique à part entière, la gastronomie moléculaire et physique voit le jour en 1985 grâce à Hervé This, ingénieur ESPCI, et Nicholas Kurti, physicien à Oxford. À l'interface de la physique et de la chimie, ils ont modélisé les réactions chimiques de la cuisine (émulsion, floculation, convection, effets tensio-actifs, etc.).

1990



LES MIROIRS À RETOURNEMENT TEMPOREL

Fondateur de l'institut Langevin Ondes et Images de l'ESPCI Paris, le physicien Mathias Fink met au point, en 1990, une technique de retournement temporel des ondes acoustiques qui trouve notamment des applications en médecine (imagerie médicale, lithotritie, thérapie du cerveau), en détection sous-marine ou en domotique.

1990



LA MATIÈRE MOLLE

Sur les traces de Georges Champetier initiateur de la chimie des polymères en France dans les années 1930, Pierre-Gilles de Gennes obtient le prix Nobel de physique en 1990 pour ses recherches sur la matière molle (polymères, cristaux liquides). Dans son éloge, le Comité Nobel fait référence au directeur de l'ESPCI (1976-2002) comme "le Newton de notre temps".

1996



LA BOX INTERNET

Inventeur, chercheur, professeur et créateur d'entreprises, Jacques Lewiner, ancien directeur scientifique de l'ESPCI (1987-2001), lance en 1996 la société Inventel qui fabrique la première box internet pour France Télécom, la Livebox.

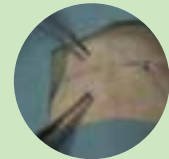
2015



IDENTIFIER LES NEURONES DE LIEU

En 2015, en implantant de faux souvenirs dans le cerveau d'un rongeur endormi, Karim Benchenane a fait d'une pierre deux coups. Il a expérimenté le concept d'inception, mais aussi et surtout identifié les neurones associés à un lieu dans le cerveau du rongeur.

2013



LE COLLAGE DES TISSUS BIOLOGIQUES

Ludwik Leibler et son équipe ont réussi à accélérer la fermeture et la guérison des plaies profondes. En 2013, son équipe présente un concept de collage des gels et des tissus biologiques grâce à une solution aqueuse de nanoparticules. Cette méthode d'adhésion permet une cicatrisation et une régénération des tissus, sans inflammation ni nécrose.

2001



LA RÉVOLUTION MICROFLUIDIQUE

En 2001, Patrick Tabeling rejoint l'ESPCI et crée le laboratoire Microfluidique, MEMS et Nanostructure. Il prend ensuite la tête de l'Institut Pierre-Gilles de Gennes pour la microfluidique, place forte de cette discipline en Europe dont l'école est partie prenante.

2011



L'IMAGERIE FONCTIONNELLE ULTRARAPIDE

À l'aide d'ultrasons, Mickaël Tanter met au point en 2011 une technique inédite d'imagerie fonctionnelle dont la résolution spatiale et temporelle dépasse toutes les techniques d'imagerie cérébrale utilisées traditionnellement. La technologie est en plus non invasive, et transportable.

2011



LES VITRIMÈRES

Ludwik Leibler est un pionnier de la physico-chimie des polymères. En 2011, il invente une nouvelle classe de matériaux organiques : les vitrimères. Ces matériaux polymères inédits, à base de polyesters, sont insolubles, façonnables à volonté et recyclables, tout comme le verre, mais légers, élastiques et résistants.

LE PARTENARIAT GAGNANT-GAGNANT DES CHAIRES INDUSTRIELLES

Les chaires industrielles ont vocation à assurer des recherches dans des domaines stratégiques et prioritaires pour les acteurs du monde économique. Ce partenariat de 4 à 5 ans en moyenne s'appuie sur le trio recherche, industriels et formation.

Les chaires industrielles d'enseignement et de recherche assurent des partenariats privilégiés entre l'ESPCI Paris et les leaders que sont Michelin, Total, Saint-Gobain, Axa et Hutchinson. Sources de financement de la recherche et de la formation pour l'école, mais aussi sources de recrutement et d'innovations d'excellence pour les industriels, les chaires assurent un cadre de travail plus ouvert que les appels à projet par exemple. Concrètement, il s'agit de dons privés et défiscalisés (à hauteur de 60 % conformément à la loi sur le mécénat des entreprises) qui sont utilisés dans des programmes de recherche et de formation de l'ESPCI. À cela s'ajoutent des visites sur les sites des entreprises, des conférences, des bourses pour des stages à l'étranger et des bourses d'excellence.

LA CHAIRE SAINT-GOBAIN "SCIENCES DES MATÉRIAUX ET SURFACES ACTIVES"

Depuis 2007, cette chaire, partagée avec l'école Polytechnique, propose des stages et des thèses aux étudiants dans un domaine aux multiples applications : verres hydrophobes ou autonettoyants, transistors transparents, couches minces pour les éclairages de demain ou le développement du photovoltaïque, nanomatériaux pour l'électronique et l'optique.

LA CHAIRE MICHELIN "SCIENCES DES MATÉRIAUX"

Créée en 2008, elle promeut et développe les activités de recherche autour des thématiques suivantes : polymères et matériaux composites, structures nanométriques et propriétés mécaniques des matériaux, physico-chimie des interfaces et de l'adhésion, tribologie, rhéologie et mise en œuvre, vieillissement, méthodes de caractérisation et description multi-échelles des matériaux composites à matrice polymère, modélisation des propriétés mécaniques et du comportement viscoélastique.

LA CHAIRE AXA "IMAGERIE BIOMÉDICALE"

Elle est hébergée depuis 2013 au sein de l'institut Langevin Ondes & Images de l'ESPCI Paris. Elle soutient financièrement les travaux d'Emmanuel Fort, professeur à l'ESPCI Paris et créateur des PSE (Projet scientifique en équipe). Elle a pour objet le développement de nouvelles méthodes d'imagerie optique pour comprendre les mécanismes cellulaires à l'échelle de la molécule unique et la mise au point de nouvelles photo-thérapies utilisant des nanoparticules d'or.

CHAIRE TOTAL - ESPCI PARIS "SCIENCES AUTOUR DES ÉNERGIES, DU CARBONE ET DE L'ENVIRONNEMENT"

Cette chaire, inaugurée le 27 septembre 2010 et renouvelée en 2016, vise le développement des savoirs et des solutions technologiques inédites, viables et soucieuses d'environnement en matière de production, stockage et utilisation de l'énergie et du carbone. Ce partenariat prévoit une série d'actions en faveur de la formation comme des bourses, des stages en entreprises, des moyens de laboratoire financés par Total.

LA CHAIRE DE RECHERCHE DEEP DURABILITÉ DES ELASTOMÈRES ET DES POLYMÈRES

Elle a été signée le 15 décembre 2016 entre la société Hutchinson, Mines ParisTech et l'ESPCI Paris. Signée pour une durée de 7 ans, elle permettra des stages, 7 thèses et un postdoctorat. Son objectif est la compréhension et la prédiction des durées de vie des matériaux élastomères et polymères soumis à de fortes sollicitations mécaniques développés par Hutchinson pour des applications techniques dans le domaine des transports (aéronautique, automobile, ferroviaire).

Sanofi et l'ESPCI signent une convention de mécénat



Pour des interactions fécondes et durables, l'ESPCI Paris privilégie les partenariats de haut niveau sous diverses formes (mécénat, contrat de recherche) avec des entreprises comme Lafarge, Nexans, Total, ou encore Schlumberger pour ne citer que celles-là.

Le 8 octobre 2014, une convention de trois ans est signée avec Sanofi pour accélérer le développement de futurs médicaments grâce aux systèmes microfluidiques. Les équipes de l'ESPCI et de Sanofi étudient, à très grande échelle et dans des délais très courts, les risques de toxicité potentielle de nouveaux candidats médicaments. Ce premier projet donnera lieu à des essais dont les résultats permettront d'optimiser l'étude des interactions médicamenteuses sur des cellules humaines (notamment celles du foie) afin de prévenir d'éventuels effets indésirables. Quant au second projet, sa mission sera d'identifier les bénéfices possibles de l'utilisation des technologies microfluidiques dans la mise au point ou l'optimisation de systèmes d'administration de molécules thérapeutiques, qu'elles soient chimiques ou biologiques, afin de toujours mieux répondre aux besoins des patients.

Un parrain pour chaque promotion



Alors que depuis 15 ans, le parrain des promotions ESPCI est un industriel leader dans son domaine (Total, Areva, L'Oréal, Michelin, Nestlé, Nexans, Safran, Schlumberger), le parrain de la 133^e promotion 2014-2017 se nomme Withings, une start-up née au sein de l'école grâce à Éric Careel, ingénieur ESPCI. En 2015, retour aux fondamentaux avec Arkema, groupe chimiste français au rayonnement international. En 2016, c'est la société Adocia qui parraine les 135. Société familiale fondée en 2005, Adocia est spécialisée en biotechnologies, dans le développement et la formulation de protéines en particulier pour le traitement du diabète.

Visites de sites, offres de stages, simulation d'entretiens d'embauche, contribution financière à certaines activités du Bureau des élèves sont au programme.

UNE STRUCTURE D'APPUI À LA CRÉATION D'ENTREPRISES

Labellisé en 2014 par la Ville de Paris, PC'up, l'incubateur de l'ESPCI Paris, accueille au total 16 start-up réparties, depuis janvier 2016, entre ses nouveaux locaux de 600 m² situés à l'IPGG et son campus.

DE LA RECHERCHE À LA START-UP

PC'up est le fruit de la culture entrepreneuriale de l'ESPCI Paris, créatrice de nombreuses start-up depuis sa fondation (en moyenne trois start-up par an). Des découvertes majeures telles que le radium, le sonar et plus récemment l'imagerie médicale ultrarapide ou le caoutchouc autocicatrisant ont donné naissance à de multiples *success stories* entrepreneuriales.

UN INCUBATEUR AU COEUR D'UN ENVIRONNEMENT SCIENTIFIQUE PRESTIGIEUX

« Les start-up incubées ont la chance de pouvoir bénéficier de l'écosystème existant à l'école », explique Jean-Baptiste Hennequin, secrétaire général de l'ESPCI Paris et directeur de PC'up. L'un des objectifs majeurs de l'incubateur est de développer les relations entre les laboratoires de l'ESPCI et les start-up. De par leur proximité géographique avec l'école, elles sont en relation constante avec nos 522 chercheurs et enseignants-chercheurs ainsi qu'avec nos élèves. Outre un appui au montage de projets (H2020, PIA 3, etc.) ces jeunes sociétés bénéficient aussi d'un accès privilégié aux équipements de pointe des différents sites de l'école et de l'Institut Pierre-Gilles de Gennes (IPGG). Cet accompagnement permet notamment de répondre aux besoins très ciblés des start-up en matière de recherche et développement. Elles profitent d'un réseau d'experts au sein de cet écosystème d'innovation unique en son genre. PC'up se veut également un lieu de partage et de convivialité grâce auquel les start-up sont invitées à participer à des déjeuners avec les laboratoires, des ateliers thématiques ou encore à des événements communs avec l'ESPCI et l'IPGG.

16 START-UP INCUBÉES

Abbelight, Biomillenia, Calyxia, CapTiss, Cardiawave, DNA Script, DropMapp, HiFi Bio, Greenerwave, Inorevia, iSpheres, LOMA Innovation, MicroBrain, Microfactory, Milidrop, PlatOD

CHIFFRES-CLÉS DE PC'UP

61 emplois créés en 1 an

13 millions d'euros levés

32 brevets et licences de brevet déposés

De multiples prix : i-Lab, Concours Mondial de l'Innovation, Scientistar, Prix du potentiel technologique Génopole, Emergence, MIT review, Prix de l'entreprise innovante Medicen

IPGG, CENTRE D'EXCELLENCE DÉDIÉ À LA MICROFLUIDIQUE

Fidèle à sa réputation d'école de l'innovation, l'ESPCI est au cœur de la création d'un des instituts leaders mondiaux de la microfluidique, l'Institut Pierre Gilles de Gennes (IPGG). Nouvelle discipline scientifique, la microfluidique se veut révolutionnaire et prometteuse car elle permet de manipuler des volumes de fluides minuscules (de l'ordre du nano, pico ou femto litre) à l'aide de nouvelles technologies.

L'IPGG est un espace dédié à la recherche de 3 000 m², rue Jean Calvin, Paris 5^e, avec une plateforme technologique unique qui groupe une salle blanche, un atelier de micro-usinage, une salle grise, une salle de culture cellulaire, etc. C'est aussi 4 grands établissements d'enseignement supérieur et de recherche : l'ENS, Chimie ParisTech, l'ESPCI Paris et l'Institut Curie ; 50 collaborations industrielles et 15 équipes de recherche PSL. L'IPGG est donc un pôle d'excellence international pour porter cette révolution dont les applications industrielles sont considérables dans les domaines de la santé (détection précoce de maladies infectieuses), de l'énergie, de la chimie verte, de la cosmétique (gel de produits délicats) ou encore de l'agroalimentaire.



TROIS QUESTIONS À

.....
JEAN-BAPTISTE HENNEQUIN
Secrétaire général de l'ESPCI Paris
.....

Qu'est-ce qui favorise l'incubation d'entreprises au sein de l'école ?

La liberté de l'ESPCI a été préservée de l'asphyxie bureaucratique, cette figure si bien décrite par F.A Hayek dans *La route de la servitude*, qui a tant nuit à la valorisation de la recherche dans notre pays. Grâce à la Ville de Paris, une tutelle qui a accordé une grande autonomie à la direction de l'ESPCI, il n'existe pas de figure immense et tutélaire qui prétend dicter à chaque chercheur avec qui et comment il doit déposer son brevet. À l'ESPCI, le principe est que le chercheur décide librement l'organisme valorisateur de ses inventions. Culturellement, les chercheurs de l'ESPCI sont proches de l'industrie avec laquelle ils aiment travailler. Des exemples de réussites entrepreneuriales ont créé des vocations.

On parle de trois start-up par an

Oui mais ce rythme s'est accéléré ces trois dernières années en raison de deux phénomènes : l'effet local "Institut Pierre-Gilles de Gennes en microfluidique" qui attire les meilleures start-up du domaine vers l'incubateur de l'ESPCI et l'effet global "start-up" qui conduit les meilleurs scientifiques et ingénieurs à se lancer dans l'aventure. L'environnement scientifique de la montagne Sainte-Geneviève est un des plus denses du monde.

Quelle est la place de ces sociétés au sein de l'école ?

Toutes les sociétés incubées disposent d'un accès à l'ensemble des infrastructures scientifiques de l'école pendant une période d'incubation de trois ans, renouvelable une fois pour une année. L'ESPCI gère directement l'incubateur au moyen d'une équipe dédiée qui développe trois axes originaux d'accompagnement :

- Le développement des relations entre les start-up incubées et les laboratoires de l'école. Les plus grandes découvertes naissent de rencontres inopinées que l'ESPCI crée au moyen de temps forts start-up/scientifiques.
- Les relations entre les laboratoires et les élèves-ingénieurs et la stimulation de l'entrepreneuriat étudiant.
- L'aide au montage de projets partenariaux de recherche-développement entre les start-up, les industriels et les laboratoires publics.



VALORISATION DU PATRIMOINE SCIENTIFIQUE

PAGE
83

LA BIBLIOTHÈQUE : INFORMATION RESSOURCES ET PATRIMOINE

Inaugurée en 1933 par Paul Langevin, la Bibliothèque de l'ESPCI Paris a aujourd'hui une double mission, documentaire et patrimoniale. Les milliers de documents scientifiques et techniques disponibles attirent aussi bien les élèves-ingénieurs que les chercheurs français et étrangers. Depuis 2015, elle conduit plusieurs actions en étroite coopération avec la Direction Ressources et Savoirs de PSL qui coordonne le réseau des bibliothèques de la Communauté d'Université et Établissement (ComUE).

UNE RICHE PALETTE DE RESSOURCES DOCUMENTAIRES ET PATRIMONIALES

Plus de 10 000 revues électroniques en texte intégral publiées par les grands éditeurs scientifiques (ACS, APS, AIP, IOP, Wiley, Springer, Elsevier, RSC, Nature, Science) et des bases de données spécialisées pour la recherche bibliographique et bibliométrique sont consultables depuis tous les postes informatiques des sites de l'ESPCI et à distance.

L'offre documentaire est complétée par le service PEB (prêt entre bibliothèques) et par des achats d'articles à l'unité (Pay-per-View). La Bibliothèque propose chaque année plusieurs séances de formation à destination des élèves et des doctorants pour faciliter la prise en mains des outils de la recherche bibliographique.

La Bibliothèque abrite également des collections historiques de grande valeur scientifique et patrimoniale comme les fonds Paul Langevin, Georges et André Claude, Georges Champetier, Pierre Biquard ou Pierre-Gilles de Gennes. Le service d'archives constitué autour de ces collections attire tous les ans plusieurs chercheurs français et étrangers, qui y trouvent matière pour leurs travaux de recherche.

COLLECTE, RESTAURATION, CONSERVATION

Au cours des deux dernières années, la Bibliothèque a mis en œuvre plusieurs actions à caractère patrimonial : les diplômes et décorations d'Albin Haller, directeur de l'ESPCI (1905-1925) ont été dépoussiérés, restaurés, mis à plat et conditionnés ; plusieurs fonds d'archives scientifiques ont été traités, dédoublonnés, classés et reconditionnés [fonds



Jacques Lewiner (1943-2001), Jean Rigaudy (1921-2005), Georges et André Claude (1889-1997), archives administratives (1922-2011)].

Par ailleurs, des livres anciens en mauvais état de conservation font régulièrement l'objet d'un traitement spécial de nettoyage et leur reliure est refaite. Ce fut le cas de plusieurs dizaines de livres au cours des deux dernières années.

Enfin, le fonds historique de la Bibliothèque a été enrichi par deux dons familiaux : un lot de 200 photographies de Pierre Biquard, ancien élève et professeur à l'école (1965-1971) et les archives de Georges Champetier, ancien élève et directeur de l'école (1969-1976), officiellement entrées dans les collections de l'ESPCI Paris.

« La Bibliothèque est membre du consortium Couperin depuis 2001. »

Collaboration avec PSL



Depuis 2015, la coopération de la Bibliothèque avec le réseau des bibliothèques de PSL a porté sur trois axes :

- **La mutualisation des abonnements.** Le nombre d'abonnements mutualisés a été ces deux dernières années en constante augmentation. Ceci a permis à l'ESPCI d'enregistrer une baisse de ses dépenses d'abonnements, tout en bénéficiant d'une offre documentaire plus étoffée.
- **La numérisation patrimoniale.** Suite aux appels à projets de PSL, deux corpus de documents patrimoniaux provenant des fonds de l'ESPCI ont pu être numérisés et mis en ligne : Conseils Internationaux de Physique Solvay, corpus constitué de documents issus du fonds Paul Langevin et une collection de documents issus du fonds Georges Champetier.
- **Le signalement des ressources.** À l'issue d'un long travail de préparation des données, conduit en étroite collaboration avec la Direction Ressources et Savoirs de PSL et les ressources informatiques locales, les notices de nos ressources documentaires (imprimées et électroniques) ont été remontées et sont actuellement référencées dans le portail PSL Explore. L'ouverture d'un nouveau portail pour nos revues électroniques a par ailleurs créé un point d'accès complémentaire aux ressources de l'ESPCI. L'ensemble de ces transformations a conduit à revoir l'organisation du site internet de la Bibliothèque de l'école.



ESPACE DES SCIENCES PIERRE-GILLES DE GENNES DÉCOUVRIR LES SCIENCES AUTREMENT

Cet espace constitue, depuis 1994, un lieu unique où grand public et monde scientifique se rencontrent à travers des expositions pédagogiques, des animations ludiques et des événements transdisciplinaires.

Alors directeur de l'ESPCI, Pierre-Gilles de Gennes imagine l'Espace des Sciences en 1994. Lieu d'animation grand public et laboratoire d'innovation pour la médiation scientifique, l'Espace des Sciences Pierre-Gilles-de-Gennes (ESPGG), rebaptisé ainsi en juin 2007, se situe à l'interface entre science, culture, art et société. Passerelle entre le grand public et le monde scientifique, il constitue un lieu ouvert pour favoriser les échanges, les rencontres et les réflexions communes entre chercheurs, enseignants, élèves de tout âge, journalistes, artistes, curieux des sciences et des cultures. En 2015, l'ESPGG est devenu un espace ESPCI Paris - PSL.

MUSÉE DE SCIENCE ET ESPACE D'ANIMATION

Pour valoriser le patrimoine historique et les recherches menées à l'ESPCI Paris, ainsi que pour réfléchir sur leur mise en perspective du point de vue des relations science-technologie-société, l'ESPGG s'attache à multiplier ses actions à travers :

- des expositions temporaires et permanentes (dont celle dédiée aux instruments originaux de Pierre et Marie Curie) ;
- des animations scientifiques pour publics familiaux et scolaires (comme les "Ateliers de créativité technique" ou les animations sur les cristaux liquides, le grand froid, les sables) ;
- des conférences expérimentales grand public retransmises, depuis janvier 2015, sur la chaîne YouTube de l'université des sciences en ligne (Unisciel) et sur le site internet de l'ESPGG ;
- des séminaires sur la communication des sciences, la pédagogie, la recherche et innovation responsables (RRI) et les questions de science et société ;
- des événements, soirées et rencontres entre art, science et culture ;
- des activités d'accompagnement de l'enseignement des sciences dans la dynamique de La Main à la Pâte (programme ASTEP).



- Des collaborations avec des associations étudiantes comme EPICS pour offrir à tous les publics des rencontres rapprochées et inhabituelles avec le monde de la recherche.

Depuis 2011, l'association TRACES (Théories et Réflexions sur l'Apprendre, la Communication et l'Éducation Scientifiques) anime l'ESPGG, avec le concours de la troupe Les Atomes Crochus, laboratoire d'innovations de la culture scientifique.

QUAND L'ART RENCONTRE LA SCIENCE

L'ESPGG aborde également l'art comme un outil permettant de construire et d'interroger les rapports entre science et société. Considérant en effet que lorsque l'art se fait questionnement sur le monde et qu'il s'adresse à la science et à la technologie, il suscite auprès des scientifiques des interrogations et une réflexion intéressante à exposer. Des collaborations fructueuses sont menées chaque année avec des artistes issus notamment de l'École nationale supérieure des Arts Décoratifs (ENSAD) ou du Collège de France. En 2015, à l'occasion de l'année internationale de la lumière, l'ESPGG s'est associé au plasticien, scénographe et concepteur lumière Tom Huet (EnsadLab). Ce dernier a réalisé

un volume en filtre prismatique qui détourne et diffracte la lumière, troublant ainsi notre interprétation de l'espace. Une déclinaison de son œuvre "Système cosmique" a été proposée dans les vitrines art-sciences de l'ESPGG.

MOBILISER LES CONNAISSANCES

Au-delà du grand public, l'ESPGG s'adresse également aux chercheurs, industriels, journalistes, enseignants, étudiants qui sont invités à s'y former, à valoriser leurs travaux, à nouer de nouvelles collaborations, à rencontrer le public et à tester leurs idées d'avenir à la manière des nouveaux living labs. L'ESPGG propose ainsi des formations à la médiation scientifique, notamment dans le cadre de l'École de la médiation ESTIM, des ateliers sur la réalisation des manipulations innovantes accessibles aux grand public (Instant manip), des projections-débats, des journées de réflexion / ateliers tels les journées sur la Bioart ou sur le transhumanisme, des tables rondes et débats entre artistes, chercheurs, décideurs politiques, souvent en lien avec des événements tel les festivals Quartier du livre, Raccord(s), Imagine Science, ou encore le programme "Questions de sciences, enjeux citoyens" de la Région Ile de France. L'ESPGG est aussi impliqué dans plusieurs projets européens sur l'éducation et la culture scientifique, et peut être engagé dans les activités de vulgarisation des projets de recherche des établissements PSL.

EN 2015

3 194 animations scolaires
115 classes accueillies
2 404 animations grand public
+ de 5 000 visiteurs aux expositions temporaires

Pour en savoir plus : espgg.org



ANOSMIE : QUAND L'ODORAT S'EMMÊLE !

Du 18 mars au 31 juillet 2015, l'ESPGG a accueilli l'exposition Anosmie : vivre sans odorat. Grâce au travail de la photojournaliste Éléonore de Bonneval, les quelques 2 000 visiteurs ont pu réfléchir à leur mémoire olfactive, redécouvrir les odeurs de leur enfance et prendre conscience de leur importance dans leur vie sociale. À l'ESPCI Paris, les chercheurs du laboratoire Sciences Analytiques, Bioanalytiques et Miniaturisation tentent d'ailleurs de développer une stratégie d'analyse pour déterminer la signature olfactive d'individus et d'établir des cartes d'identité "à l'odeur".

50 ADOS S'INTERROGENT SUR LEUR CERVEAU...

Tout au long de l'année scolaire 2014-2015, des groupes de 5 à 8 jeunes de 11 à 18 ans et leur référent ont participé au projet scientifique "Cerveau des Ados". À raison d'une à trois rencontres, ils n'ont eu de cesse de questionner leur propre vision du cerveau humain et de ses méandres cognitifs. Ce travail leur a permis de réfléchir à la construction des connaissances scientifiques, de rencontrer des chercheurs ou encore de construire des hypothèses. L'ensemble de leurs protocoles expérimentaux a été présenté du 15 au 27 juin 2015 au sein de l'ESPGG.

RESSOURCES ET GOUVERNANCE

DISPOSER D'UN MODÈLE
FLEXIBLE ET AUTONOME

PAGE
88

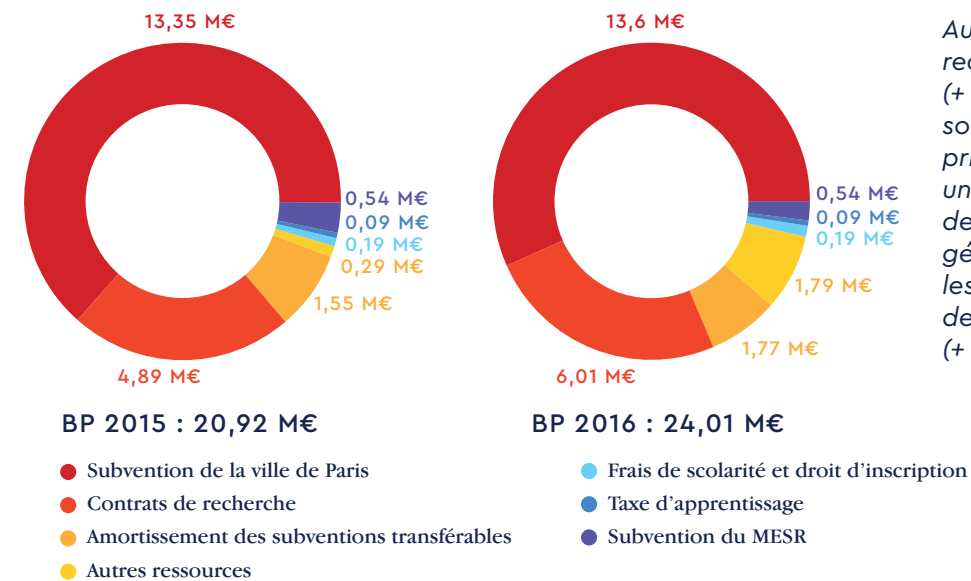


PERSONNEL ESPCI 2016

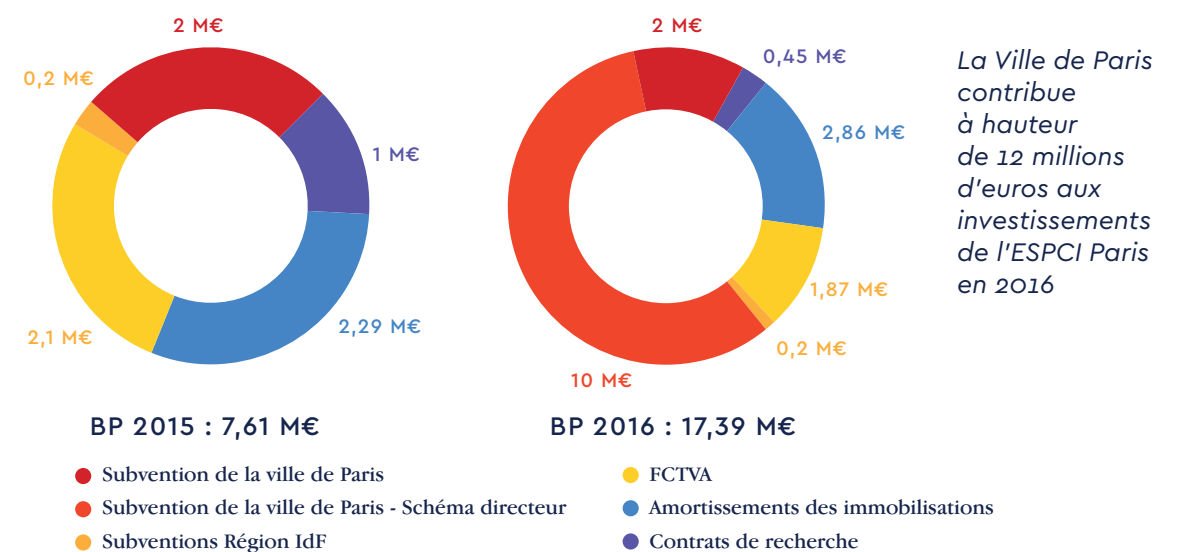
Nombre de salariés ESPCI : **217**
Salariés de moins de 25 ans : **11**
Moyenne d'âge : **39 ans**
Nombre de femmes : **86**
Proportion de femmes : **39,60%**
Personnels fonctions supports administratifs et techniques ESPCI : **71**
Professeurs et Maîtres de conférences ESPCI : **72**
Thésards et Post-doctorants ESPCI : **65**
Nombres de stagiaires en 2016 ESPCI : **68**

BUDGET ESPCI 2015 - 2016

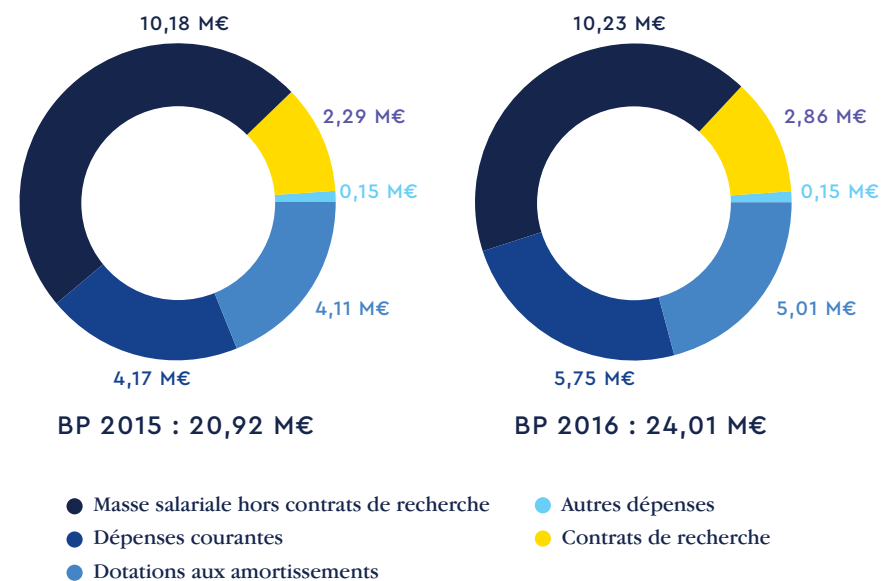
RECETTES DE FONCTIONNEMENT DIVERSIFIÉES



RECETTES D'INVESTISSEMENT SOUTENUES DE LA VILLE DE PARIS

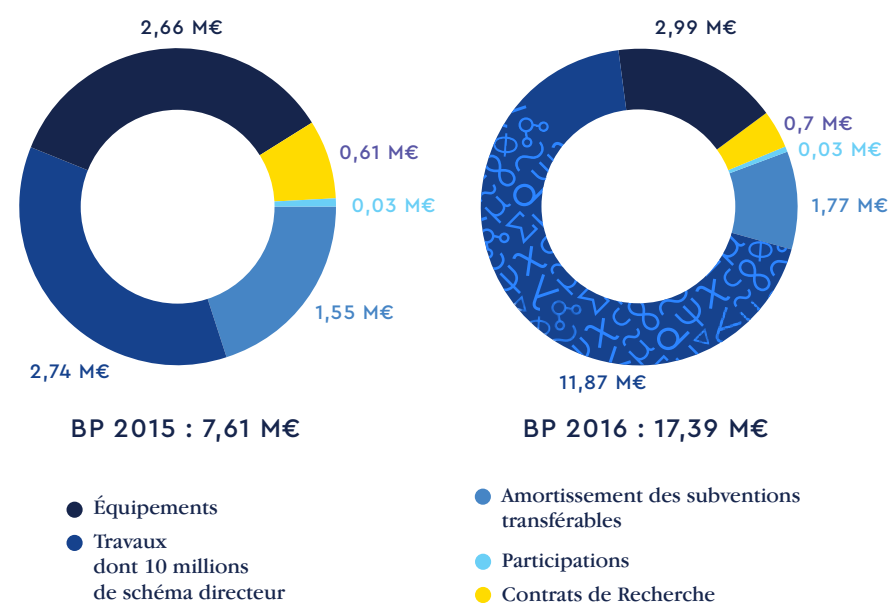


DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT



L'augmentation des recettes de fonctionnement répond au besoin de financement de nouvelles dépenses courantes

DÉPENSES D'INVESTISSEMENT

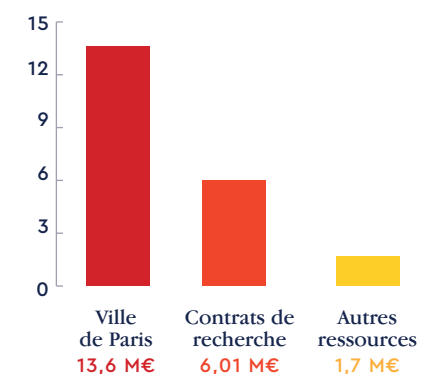


Une augmentation du budget d'investissement, compte-tenu du schéma directeur immobilier

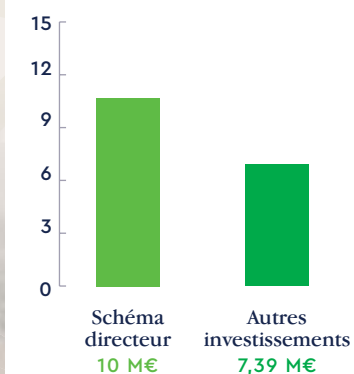


CHIFFRES CLÉS 2016

PRINCIPALES RECETTES DE FONCTIONNEMENT



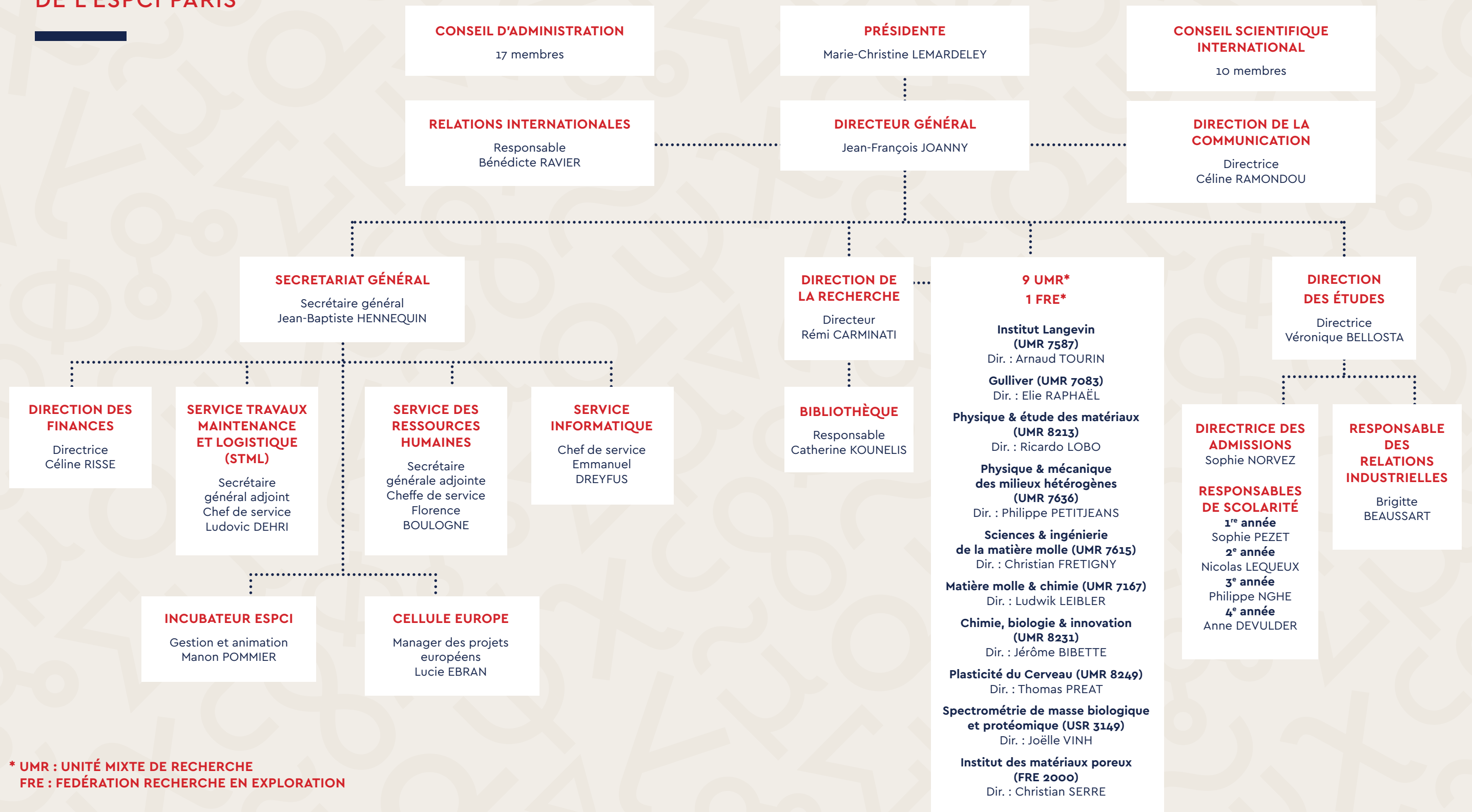
DÉPENSES D'INVESTISSEMENT



PRINCIPALES DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT



ORGANIGRAMME SIMPLIFIÉ DE L'ESPCI PARIS



LE CONSEIL D'ADMINISTRATION

ADMINISTRATEURS DÉSIGNÉS

Présidente
M^{me} Marie-Christine Lemardeley
• Conseillère de Paris
• Adjointe à la Maire de Paris, chargée de toutes les questions relatives à l’enseignement supérieur, la vie étudiante, la recherche

ADMINISTRATEURS AVEC VOIX DÉLIBÉRATIVE

(par ordre alphabétique)

M. Edmond Amouyal
• Représentant du Ministère de l’enseignement supérieur et de la recherche

M^{me} Florence Berthout
• Conseillère de Paris
• Maire du 5^e arrondissement

M. Armel de la Bourdonnaye
• Représentant de ParisTech
Directeur de l’École Nationale des Ponts et chaussées

M. Jean Chambaz
• Président de l’UPMC Sorbonne Université
• Professeur de biologie cellulaire à la faculté de médecine Pierre-et-Marie-Curie

M^{me} Sandrine Charnoz
• Conseillère de Paris
• Conseillère du 12^e arrondissement

M. Yves Contassot
• Conseiller de Paris
• Conseiller du 13^e arrondissement

M^{me} Alexandra Cordebard
• Adjointe à la Maire de Paris, chargée de toutes les questions relatives aux affaires scolaires, à la réussite éducative, aux rythmes scolaires

M. Sylvain Gilat
• Président élu d’ESPCI Alumni

M. Didier Guillot
• Conseiller de Paris
• Conseiller du 18^e arrondissement

M^{me} Béatrice Lecouturier
• Conseillère régionale d’Île-de-France
• Conseillère de Paris
• Conseillère du 16^e arrondissement
• Déléguée auprès du maire du 16^e arrondissement, chargée de l’enseignement supérieur

M. Franck Lefèvre
• Conseiller de Paris
• Conseiller du 15^e arrondissement
• Docteur-ingénieur à la Direction générale de l’armement (DGA)

M. Jean-Louis Missika
• Conseiller de Paris
• Conseiller du 12^e arrondissement
• Adjoint à la Maire de Paris, chargé de toutes les questions relatives à l’urbanisme, l’architecture, aux projets du Grand Paris, au développement économique et à l’attractivité

M^{me} Rachel-Marie Pradeilles-Duval
• Sous-directrice des formations et de l’insertion professionnelle
• Représentant la Direction générale de l’enseignement supérieur et de l’insertion professionnelle (DGESIP)/MENESR

M. Didier Roux
• Directeur de la recherche et de l’innovation du groupe Saint-Gobain

M. Thomas Tiennot
• Élève-ingénieur de la 134^e promotion (2^e année)
• Président élu du Bureau des élèves (BdE)

ASSISTENT AVEC VOIX CONSULTATIVE

M. Jean-François Joanny
• Directeur général

M^{me} Véronique Bellosta
• Directrice de l’enseignement

M. Rémi Carminati
• Directeur de la recherche

M. Jean-Baptiste Hennequin
• Secrétaire général

EXPERTS INVITÉS (ÉLUS)

M. Nicolas Lequeux
• Professeur ESPCI dans l’Unité de recherche de physique et d’étude des matériaux
• Représentant du corps enseignant

M^{me} Mathilde Reyssat
• Maître de conférences dans l’Unité de recherche Gulliver
• Représentante du corps enseignant

M. Richard Dara
• Appariteur
• Représentant des personnels administratifs et techniques

M. Guillaume Sarfati
• Élève-ingénieur de la 132^e promotion
• Représentant des élèves-ingénieurs de 4^e année

M. Lucas Sixdenier
• Élève-ingénieur de la 133^e promotion
• Représentant des élèves-ingénieurs de 3^e année

M^{me} Meriem Bensouda Koraichi
• Élève-ingénieure de la 134^e promotion
• Représentante des élèves-ingénieurs de 2^e année

M^{me} Line Holtzer
• Élève-ingénieure de la 135^e promotion
• Représentante des élèves-ingénieurs de 1^{re} année

LES MEMBRES DU CHSCT DE L'ESPCI

PRÉSIDENTE

Marie-Christine Lemardeley

REPRÉSENTANTS DU PERSONNEL

Yacine Oussar
• Titulaire UCP-UNECT

Camille Sauvage
• Titulaire FO

Christian Beaugrand
• Suppléant UCP-UNECT

REPRÉSENTANTS DE L'ADMINISTRATION

Jean-François Joanny
• Directeur de l’ESPCI

Jean-Baptiste Hennequin
• Secrétaire général

Ludovic Dehri
• Responsable du Service des travaux de la maintenance et de la logistique (STML)

Matthieu Carel
• STML

Adeline Favier
• Service des ressources humaines (SRH)

Matthieu Buard
• Service prévention et sécurité au travail (SPST)

UN CONSEIL SCIENTIFIQUE D'ENVERGURE INTERNATIONALE

L'ESPCI Paris s'est dotée depuis 2007 d'un Conseil scientifique international (CSI) qui présente annuellement au Conseil d'administration une analyse écrite de l'activité d'enseignement et de recherche et des propositions d'orientations. Les membres du CSI sont nommés pour un mandat de 6 ans, renouvelable. L'ESPCI Paris fait ainsi partie des quelques institutions d'enseignement supérieur et de recherche qui ont su réunir une équipe d'envergure exceptionnelle, capable de mener une réflexion globale et prospective sur les grandes orientations des politiques scientifique et pédagogique de l'institution.

PRÉSIDENT

Prof. Michael Cates

- **Lucasian Professor of Mathematics at the University of Cambridge**
- **Fellow of the Royal Society (FRS)**
- **Fellow of the Royal Society of Edinburgh (FRSE)**

Physicien théoricien de la matière molle, Mike Cates est réputé pour ses travaux sur les polymères, les colloïdes, les tensioactfs, les suspensions de bactéries et les milieux granulaires.

MEMBRES ISSUS DU MILIEU ACADÉMIQUE

Prof. Jian Ping Gong

- **Professor at the Laboratory of Soft & Wet Matter at Hokkaido University, Sapporo (Japan)**

Spécialiste des polymères et des matériaux nouveaux à base de polymères (hydrogels, etc.), Jian Ping Gong étudie les propriétés physiques et biologiques de ces matériaux innovants.

Prof. Laura H. Greene

- **Physics professor at Florida State University**
- **Chief Scientist at the National High Magnetic Field Laboratory**
- **Professor of physics at the University of Illinois at Urbana-Champaign**

Expérimentatrice en physique de la matière condensée, Laura Greene s'intéresse aux systèmes d'électrons fortement corrélés et aux nouveaux matériaux.

Prof. Édith Hamel

- **Professeur, Département de neurologie et neurochirurgie, Institut neurologique de Montréal, Université McGill (Canada)**

Neurobiologiste, Édith Hamel explore les interactions entre neurones astrocytes et micro-vaisseaux.

Prof. Dr. Georg Maret

- **Professor, Soft Matter Physics, University of Konstanz (Allemagne)**

Physicien expérimentateur, Georg Maret est spécialiste à la fois de la matière molle et de la propagation de la lumière dans les milieux désordonnés.

Prof. Amos B. Smith III

- **The William Warren Rhodes Robert J. Thompson Professor of Chemistry, Department of Chemistry, University of Pennsylvania (États-Unis)**
- **Member, Monell Chemical Senses Center, Philadelphia**
- **Associate Director, Penn Center for Molecular Discovery**

Chimiste organicien, Amos Smith développe de nouvelles méthodes de synthèse, notamment pour la synthèse de molécules ayant des applications pharmacologiques.

Prof. Samuel I. Stupp

- **The Board of Trustees Professor of Materials Science, Chemistry, & Medicine, Northwestern University (États-Unis)**
- **Director, Institute for BioNanotechnology in Medicine**

Après avoir travaillé sur la chimie des polymères, Sam Stupp s'intéresse à la médecine régénérative. Il travaille sur les applications biomédicales des matériaux supramoléculaires.

MEMBRES ISSUS DU MILIEU INDUSTRIEL

Dr. Armand Ajdari

Vice-président recherche & développement de Saint-Gobain (France)

Dr. Éric Carreel

Président-fondateur des sociétés Inventel, Invoxia, Sculpteo & Withings (France)

Dr. Helen Routh

Vice-présidente, Strategy & Innovation, Philips (Boston, États-Unis)

UN CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT POUR SUIVRE L'ÉVOLUTION DES FORMATIONS

Le Conseil de perfectionnement pose chaque année un regard attentif sur certains enseignements, regroupés par disciplines, ou bien sur des aspects globaux de la politique de formation sur proposition de la Direction des études. Ses rapports sont ensuite transmis au Conseil scientifique international.

Le Conseil de perfectionnement est dirigé par le directeur des études et comprend :

- 6 représentants du Conseil des enseignants (3 professeurs et 3 maîtres de conférence), élus par leurs pairs et renouvelables par tiers (un professeur, un maître de conférence), tous les 4 ans.
- 6 représentants des élèves-ingénieurs (au moins un par année), élus par leurs pairs parmi les promotions présentes à l'école.
- 6 membres extérieurs (4 personnalités issues du milieu industriel et 4 issues du milieu académique), nommés pour 4 ans par le directeur général, sur proposition du directeur des études.

MEMBRES EXTÉRIEURS

PERSONNALITÉS ISSUES DU MILIEU INDUSTRIEL

M^{me} Dominique BAUDE (102°)

Directrice de projet Nouveaux Produits chez Essilor International

M. Lionel Breton (89°)

Président et CEO de ForceA

M^{me} Bernadette CHARLEUX

Directrice adjointe de la recherche et du développement chez Saint-Gobain

M. Bertrand DEMOTES-MAINARD

Directeur de Thales Research & Technology (TRT)

PERSONNALITÉS ISSUES DU MILIEU ACADÉMIQUE

M. Sergio CILIBERTO

Directeur de recherche CNRS au laboratoire de physique de l'École normale supérieure de Lyon, président du Conseil de perfectionnement

M^{me} Agnès BENASSY-QUÉRÉ

Professeur à l'université Panthéon-Sorbonne, présidente du Conseil d'analyse économique (CAE)

M. Ludovic JULLIEN

Professeur à l'UPMC et au département de chimie de l'École normale supérieure de Paris

M. Alain Prochiantz

Professeur au Collège de France, membre de l'Académie des sciences

REPRÉSENTANTS DU CONSEIL DES ENSEIGNANTS

M^{me} Annie Colin

Professeur au laboratoire Sciences et Ingénierie de la Matière Molle

M. André Klarsfeld

Professeur au Laboratoire de Plasticité du Cerveau

M. Marc Fermigier

Professeur au laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes

M. José Bico

Maître de conférence au laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes

M^{me} Alice Pavlowsky

Maître de conférences au Laboratoire de Plasticité du Cerveau

M. Jérôme Vial

Maître de conférences au laboratoire de sciences analytiques, bioanalytique et miniaturisation

La Directrice des Études (Véronique Bellosta) et les responsables d'année (Sophie Pezet 1A, Nicolas Lequeux 2A, Philippe Nghe 3A, Anne Devulder 4A) siègent également au Conseil de perfectionnement. D'autres experts extérieurs peuvent aussi être appelés à siéger si besoin est.



ESPCI PARIS

ÉCOLE SUPÉRIEURE
DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLES
DE LA VILLE DE PARIS

10, rue Vauquelin, 75231 PARIS CEDEX 05
+ 33 1 40 79 44 00

espci.fr   