

ESPCI  PARIS | PSL 

# INSTITUT LANGEVIN

# 3

## QUESTIONS À

— ARNAUD TOURIN —

Directeur de l'Institut Langevin



### Quelle est la stratégie de l'Institut ?

Elle repose sur trois piliers : promouvoir une approche transdisciplinaire de la physique des ondes ; exploiter la synergie entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée ; transformer les produits de nos recherches en innovations de rupture et assurer leur valorisation, notamment par la création de start-up. Notre dernière-née, Myriade, a été créée en 2017 dans le contexte du projet Tara Oceans. Lauréate au concours d'innovation 2018, elle propose de commercialiser un instrument permettant de détecter et trier des nanoparticules, et en particulier des nano-objets biologiques tels que des virus, des phages ou des vésicules extracellulaires.



### Le laboratoire vient d'essaimer...

En effet, l'équipe menée par Mickaël Tanter a pris son autonomie en devenant en janvier 2019 un nouveau laboratoire dont la stratégie est délibérément tournée vers la recherche translationnelle et clinique. Pour ce qui nous concerne, notre objectif premier reste de percer les secrets de la propagation ondulatoire dans les milieux les plus complexes. Puis, à partir des nouveaux concepts qui émergent de cette recherche très fondamentale, nous concevons des instruments originaux pour manipuler les ondes. Nous ne nous interdisons aucun domaine d'application, depuis la médecine et la biologie jusqu'à la géophysique en passant par les télécommunications ou le contrôle non destructif.



### Quelles sont les grandes tendances à venir dans vos thèmes de recherche ?

Les nouvelles stratégies que nous proposons pour la microscopie super-résolue ouvrent la voie à des applications en biologie cellulaire ; la déclinaison aux différents types d'onde d'une approche originale d'imagerie en milieux complexes, dite matricielle, offre de belles perspectives dans des domaines aussi variés que l'échographie, la Tomographie Optique Cohérente ou l'imagerie volcanique. La compréhension profonde de l'effet des corrélations du désordre sur la propagation d'une onde jette les bases d'une véritable "ingénierie du désordre" au carrefour de la physique ondulatoire et de la science des matériaux.



**1** LabEx

**8** bourses ERC obtenues par des chercheurs de l'Institut Langevin en 10 ans

**11** start-up créées

**450** emplois créés

**238** publications dans des revues internationales à comité de lecture

**34** nouveaux dépôts

# DE LA PHYSIQUE FONDAMENTALE À L'INNOVATION !



L'originalité de l'Institut Langevin est d'exploiter les profondes synergies entre les différents types d'ondes afin d'apprendre à manipuler celles-ci dans les environnements les plus complexes, et de proposer approches originales et conception de nouveaux instruments pour l'imagerie et la communication. Les ondes concernées couvrent ainsi un spectre très large allant des ondes mécaniques (acoustiques, sismiques et vagues à la surface de l'eau) aux ondes optiques (infrarouges et visibles) en passant par les ondes électromagnétiques (radiofréquences, micro-ondes, rayonnements térahertz). Ce mariage de compétences présente un double intérêt : les nouvelles idées peuvent être rapidement testées pour un type particulier d'ondes (par exemple, les ultrasons) avant d'être transposées à un autre (par exemple, en optique) ; et de nouvelles modalités d'imagerie combinant deux ondes différentes peuvent être développées, une onde fournissant le contraste de l'image, l'autre gouvernant sa résolution, dans une approche baptisée "imagerie multi-ondes".

Innovier en s'appuyant sur une recherche fondamentale d'excellence est au cœur de la stratégie de l'Institut Langevin. L'enjeu est d'assurer un transfert efficace des connaissances issues de la recherche fondamentale vers le monde socio-économique. À cette fin, un "pôle innovation" dédié a été créé au sein de l'Institut grâce au financement du LabEx

## *Innovier en s'appuyant sur une recherche fondamentale d'excellence*

(Laboratoire d'Excellence) WIFI: une expérience unique dans le paysage des laboratoires publics français. Dirigé par Daphnée Raffini, une juriste, ce pôle s'emploie à insuffler l'esprit d'entreprise chez les chercheurs et doctorants de l'Institut et à les doter des compétences et outils nécessaires pour assurer un transfert technologique efficace. Dans ce contexte, 84 brevets ont été déposés et 6 start-up ont été créées (représentant 86 salariés) depuis 2012 : Greenerwave, Cardiawave, Abbelight, Iconeus, Lighton et Myriade. L'excellence du pôle innovation a été reconnue par le Grand prix "Écosystème territorial" de la fondation MMA des entrepreneurs du futur 2018 et le prix du Club de Paris des Directeurs de l'Innovation en 2019.

Ce fonctionnement suscite d'ailleurs l'intérêt des pouvoirs publics : deux membres du gouvernement, Frédéric Vidal et Mounir Mahjoubi, respectivement ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et secrétaire d'État auprès du Premier ministre chargé du Numérique, sont venus visiter les locaux en septembre 2017 et y rencontrer les start-uppers.

# EN BREF

## Découverte d'une corrélation inédite

Quand une lumière cohérente traverse un matériau désordonné, une partie est transmise tandis qu'une autre est réfléchi. Un phénomène d'interférences complexe entre les ondes suivant des chemins différents crée dans les deux cas une figure de "speckle", c'est-à-dire un motif d'intensité d'apparence aléatoire. Pourtant, des travaux récents, initiés par un travail théorique mené à l'Institut Langevin, ont prouvé l'existence d'une corrélation statistique faible entre les figures réfléchies et transmises. L'expérience a été réalisée dans le cadre d'une collaboration avec l'Université d'Exeter. Ce résultat laisse entrevoir la possibilité d'agir sur le speckle transmis à partir de mesures du speckle réfléchi, ce qui pourrait ouvrir la voie à des techniques d'imagerie non invasives.

**À LIRE :** *Non-Gaussian Correlations between Reflected and Transmitted Intensity Patterns Emerging from Opaque Disordered Media*, I. Starshynov, A. M. Panagui-Diaz, N. Fayard, A. Goetschy, R. Pierrat, R. Carminati et J. Bertolotti, *Physical Review X* 8, 021041, 2018.

## L'holographie rentre dans l'ère nano

Les chercheurs de l'Institut Langevin ont été capables de réaliser la reconstruction holographique en trois dimensions du champ diffusé par la pointe d'un microscope optique de champ proche (SNOM) couplée avec l'environnement. Le principe repose sur la rétropropagation numérique du champ électromagnétique qu'une nanosource de lumière émet en direction d'une caméra lorsqu'elle se trouve dans un environnement donné. Il s'agit d'une première dans le domaine de la microscopie de champ proche qui ouvre d'importantes perspectives, d'une part pour mieux comprendre l'interaction lumière/

matière aux nano-échelles et, d'autre part, pour sonder la propagation des ondes au sein de matériaux complexes multidiffusants. Ce travail, financé par le LabEx WIFI, est le fruit d'une collaboration entre l'Institut Langevin et l'Institut de la Vision (Sorbonne Université). Nancy Rahbany a obtenu le prix "Outstanding Young Scientist" lors de la 15<sup>e</sup> Conférence internationale sur l'optique de champ proche et la nanophotonique pour ce travail effectué pendant son post-doctorat à l'Institut Langevin.

**À LIRE :** *One-Shot Measurement of the Three-Dimensional Electromagnetic Field Scattered by a Subwavelength Aperture Tip Coupled to the Environment*, N. Rahbany, I. Izeddin, V. Krachmalnicoff, R. Carminati, G. Tessier et Y. De Wilde, *ACS Photonics* 5, n° 4 : 1539-1545, 2018.

## Sismocardiographie

Les chercheurs de l'Institut ont développé une caméra ultrasonore permettant de mesurer à distance les mouvements du thorax et de l'abdomen d'un individu. Cette caméra pourrait offrir une alternative au spiromètre, ce dispositif dans lequel soufflent les patients pour déterminer le débit d'air expiré. La sensibilité de cette caméra est telle qu'elle donne également accès aux battements cardiaques. Une zone relativement large (30 × 40 cm environ) peut ainsi être cartographiée avec un taux d'échantillonnage de plusieurs centaines d'hertz. Ce nouveau dispositif de sismocardiographie a été testé sur huit patients sains volontaires.

**À LIRE :** *Airborne ultrasound surface motion camera: Application to seismocardiography*, P. Shirkovskiy, A. Laurin, N. Jeger-Madiot, D. Chapelle, M. Fink et R. K. Ing, *Applied Physics Letters* 112, n° 21, 2018.

ESPCI  PARIS | PSL 

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.psl.eu](http://espci.psl.eu)

