

I_g

R_echerche

Les Acteurs
de la
Recherche

À

L'INSTITUT
GALILEE

EDITO :

- Bruno MANIL, Directeur de l'Institut Galilée, p 3
- Khaled HASSOUNI, Directeur adjoint à la recherche de l'Institut Galilée, p 3

NOS LABOS :

- Mohamed BELMEGUENAI, LSPM, (CNRS-UPR3407): Autour des nanotechnologies, p 5
- *Didier LETOURNEUR, LVTS (U1148) : Nouveau Président du Conseil scientifique de l'Inserm, p 11
- Frédéric Du-BURCK, LPL (CNRS-UMR7538) : Au plus près de la seconde, p 19
- Benoît RITTAUD, LAGA (CNRS-UMR 7539) : Les journées Mathématiques Franco-Marocaines, p 29
- Hélène PERRIN, LPL (CNRS – UMR7538) et Jocelyn ACHARD, LSPM (CNRS-UPR3407) :
Autour des technologies quantiques à l'USPN, p 33
- Amal ALLOUCHE, LSPM,(CNRS-UPR3407), Découvrez la vie d'une post-doctorante au laboratoire LSPM, p 38
- Murielle MAIRE, LVTS (INSERM- UMRS 1148 – Universités Sorbonne Paris Nord et PARIS CITE) :
Ingénieur d'étude en analyse chimique à l'Institut Galilée, p 51
- Fatih ZIGHEM, LSPM (CNRS-UPR3407) : Lauréat de l'Institut Universitaire de France, p 58

EDITO



**Bruno
MANIL**
Directeur de
l'Institut Galilée

LES LABORATOIRES DE L'INSTITUT GALILEE

Après une vie bien remplie, la Gazette de la Recherche de notre Institut laisse la place à une nouvelle formule : **IG-recherche, le magazine des acteurs de la recherche au sein l'Institut Galilée.** Cette nouvelle formule se veut centrée sur la vie des acteurs de la recherche au sein de notre Institut : enseignants-chercheurs & chercheurs, BIATSS & IT, doctorants. & post-doctorants. Elle se veut également un outil permettant de nous **découvrir les uns les autres** et de renforcer les liens au sein de notre institut. Outre les articles scientifiques grand-public, nous y découvrirons des interviews, des nouvelles courtes et des annonces permettant de faire connaître les parcours de nos collègues, leurs activités au jour le jour, les projets qu'ils portent ou dans lesquels ils sont impliqués, les distinctions qu'ils obtiennent, ainsi que les manifestations qu'ils contribuent à organiser. Ainsi, cette **nouvelle formule** tentera d'illustrer et mettre en lumière la **diversité des acteurs** et des actions qui font la vie de la recherche au sein de notre Institut. Elle tentera également de faire la lumière sur le parcours académique des collègues à différents stades de leurs carrières.

Ainsi, vous découvrirez dans ce numéro un programme scientifique de grande envergure impliquant deux laboratoires de notre institut, un projet de recherche original et une manifestation scientifique internationale impliquant deux membres de l'Institut ainsi que les interviews de quatre collègues :

un enseignant-chercheur dont l'activité est caractérisée par un fort rayonnement avec plusieurs publications dans la revue *Nature*, un chercheur occupant des responsabilités scientifiques de premier plan au niveau national, un jeune enseignant-chercheur ayant bénéficié d'une distinction de premier plan et une jeune chercheuse post-doctorante participant à un projet européen d'envergure.

Il s'agit là du premier numéro **d'IG-Recherche** et le comité de rédaction est particulièrement intéressé par **tout retour** qui pourrait en améliorer le contenu tant au niveau de la forme que du fond. Vous pouvez adresser vos remarques et propositions à : communication.galilee@univ-paris13.fr

Nous profitons par ailleurs de cet édito pour rappeler que l'Institut Galilée a mis en place un **soutien financier aux actions de recherche** mené par l'ensemble des personnels, enseignants-chercheurs, BIATSS & IT, doctorants & post-doctorants contribuant à une activité de recherche au sein de ses laboratoires. Le texte relatif à la mise en place et aux modalités d'accès à ce soutien a été communiqué aux directeurs des laboratoires, et des campagnes d'information à ce sujet seront menées régulièrement. Vous pouvez également vous rapprocher de l'Institut pour toute demande d'information relative à ce soutien :

secretariat2.direction.galilee@univ-paris13.fr

Il ne nous reste plus qu'à vous souhaiter une très bonne lecture et vous donner rendez-vous au prochain numéro !



**Khaled
HASSOUNI**
Directeur adjoint
à la recherche de
l'Institut Galilée



NOS LABOS





Mohamed

Belmeguenai

Autour des nanotechnologies



Quel a été votre parcours doctoral et post doctoral en quelques mots ? Sur quoi porte votre thèse ?

De 2001 à 2004, j'ai réalisé ma thèse à l'université de Paris 11 (aujourd'hui Paris Saclay), à Orsay, à l'Institut d'électronique fondamentale. J'ai effectué mes travaux de recherche sur la « dynamique rapide de l'aimantation des nanostructures magnétiques à forte anisotropie perpendiculaire ». Puis, de 2005 à 2006, j'ai travaillé durant un an en tant qu'ATER à temps complet à l'université de Basse Normandie à Caen. Ensuite, je suis parti en Allemagne pour un post-doc de 2006 à 2007.

En quoi cette expérience à l'étranger a-t-elle été bénéfique ?

Effectuer un post-doctorat à l'étranger est un élément important d'enrichissement scientifique qui permet également de décrocher un poste d'enseignant-chercheur en France. Je suis resté 15 mois dans un laboratoire de physique expérimentale. J'ai travaillé sur la dynamique d'aimantation dans les systèmes à base de couches ferromagnétiques couplées par échange intercouche. Cela m'a permis d'acquérir la maîtrise de certaines techniques avancées et originales que j'ai ensuite implantées au LSPM. Je connaissais par ailleurs le travail de recherche en salle blanche que j'ai énormément pratiqué durant ma thèse. J'ai ainsi acquis des compétences fortes en techniques de micro- et nanofabrication, mais aussi dans l'étude de la dynamique de l'aimantation. J'ai mis en place l'ensemble de ces techniques au sein de la centrale de proximité en nanotechnologies Paris-Nord (C(PN)2) et au LSPM dès mon recrutement à l'USPN en 2007.

Vous êtes arrivés ensuite au LSPM. Comment s'est effectuée votre intégration ? Quel a été votre rôle au niveau de la salle blanche sur la partie enseignement auprès des étudiants en Licence et Master à l'Institut Galilée ?

A mon arrivée à l'université, il n'y avait pas de salle blanche. A l'époque un collègue, Alexis Fischer, était à la tête d'un projet de mise en place d'une centrale de proximité en nanotechnologie. Mon recrutement a coïncidé avec le démarrage de deux formations, en lien avec la salle blanche. J'étais donc amené à contribuer à la conception et la mise en place de plusieurs enseignements expérimentaux en salle blanche.

Quelles étaient les formations concernées ?

L'une à l'IUT de Villeteuse sur les nanotechnologies, qu'on appelle « Licence professionnelle en nanotechnologies, ou « LP nano », l'autre à l'Institut Galilée pour le Master physique et applications qui a depuis changé de nom et s'appelle désormais Sciences et Génie des Matériaux. Il n'y avait pas d'enseignements en salle blanche à l'époque. Nous avons donc conçu et élaboré au sein d'une équipe de 5 personnes, 4 enseignants-chercheurs et un ingénieur, le contenu global des enseignements en lien avec la salle blanche, que ce soit en termes de cours magistraux, de TD ou de TP. Cette activité a évolué en permanence, et jusqu'à aujourd'hui, grâce à l'acquisition régulière d'équipements. Ainsi, j'ai été depuis 2008 à l'origine de la mise en place de nombreux enseignements expérimentaux et théoriques en relation avec la salle blanche.

Quel type de TP par exemple ?

Par exemple, les procédés de nettoyage permettant l'obtention de substrats de haute pureté, des mesures sous pointes, ainsi que plusieurs procédés de photolithographie, lithographie électronique, gravure, lift-off, etc. dont bénéficient les étudiants depuis près de 15 ans.

Vous avez été moteur dans la naissance de l'enseignement lié à la salle blanche. Qu'est-ce que cela vous fait d'être à l'origine de certains enseignements ?

J'ai fait partie des premiers enseignants à s'impliquer en salle blanche. Mon rôle a été plus particulièrement de faire bénéficier les formations de Licence et Master de cet outil de pointe dans lequel a investi notre université. Ceci m'a conféré un profil particulier au sein de l'Institut Galilée où nous sommes seulement quelques-uns à pouvoir assurer ce type d'enseignements. Mon parcours m'a en outre conféré une expertise particulière et originale à l'Institut Galilée me permettant de mettre en place des projets pédagogiques à la fois en nanotechnologies, en physique et en électronique. Cela permet de former des étudiants sur des technologies de pointe avec la possibilité de s'insérer dans le milieu professionnel après la Licence ou le Master ou de continuer en thèse de doctorat. J'aimerais souligner que de ce point de vue, j'ai toujours essayé de garder une cohérence entre mes activités pédagogiques et de recherche, de manière à faire bénéficier les étudiants des savoirs et des techniques mis à jour continûment.

C'est un triple profil ?

Tout à fait.

Combien de formations à l'Institut Galilée sont concernées par l'enseignement lié à la salle blanche ?

À ce jour, je suis impliqué dans le master SGM (Sciences et Génie des Matériaux) et ses 4 parcours. Nous avons commencé au départ par une licence et un master à deux parcours « nanosciences et nanotechnologies ». Aujourd'hui, avec le master SGM, nous avons des promotions qui frôlent la centaine d'étudiants. Le nombre d'étudiants est du même ordre en deuxième année.

Pour l'école d'ingénieur, vous intervenez dans quelle spécialité ?

J'interviens dans deux filières : instrumentation, et télécommunications et réseaux.

Pouvez-vous évoquer avec nous l'impact de la salle blanche sur le stage industriel des étudiants ?

Oui, dans le cadre du parcours Matériaux Fonctionnels du Master SGM, dont j'ai la responsabilité depuis 2018, je donnerai l'exemple récent d'étudiants qui ont obtenu des stages avec des entreprises comme Renault, STMicroelectronics et EDF. Ce type de lien avec le milieu industriel devrait se renforcer.

Au niveau de la recherche, quels sont vos apports sur le plan local et l'impact et la visibilité de vos travaux sur le plan international ?

Mes formations doctorale et post-doctorale m'ont donné des compétences fondamentales en nanomagnétisme avec une ouverture vers le domaine plus appliqué de la spintronique. De ce fait, dès mon arrivée au LSPM, j'ai mis en place progressivement 3 grands axes de recherche sur les corrélations entre les propriétés magnétiques et structurales ; l'étude des nouveaux effets d'interface dans les systèmes à base de matériau ferromagnétique/ matériau lourd ; le contrôle des propriétés et des effets d'interface via le champ électrique ou la température, des systèmes à base des mêmes matériaux. J'ai développé plusieurs expériences de recherche fondamentale motivées par des applications en spintronique.

Pour cela j'ai mis en place plusieurs dispositifs dont certains sont originaux. Nous sommes en particulier parmi les premiers au monde à mettre en évidence la mesure de l'interaction DMI (Dzyaloshinskii-Moriya) par Diffusion Brillouin. Ceci nous a mis, avec Mourad Cherif, Yves Roussigné et Andrei Stachkevitch, sur le devant de la scène avec une publication dans la revue internationale Physical Review B : rapid communications. Toutes ces activités de recherche que j'ai portées nous ont également permis d'établir plusieurs collaborations avec des groupes de premier plan dans les domaines du nanomagnétisme et de la spintronique aussi bien au niveau national (Spintec à Grenoble par exemple) qu'international (Roumanie, Allemagne, Angleterre, Grèce, Singapour, Australie et Etats-Unis).

LSPM

Ces collaborations dans lesquelles nous avons joué un rôle majeur ont permis d'obtenir plusieurs résultats de premier plan qui ont été publiés 5 fois dans la revue prestigieuse Nature depuis 2016. Ceci a certainement contribué au rayonnement de notre université comme en atteste le nombre important de doctorants et post-doctorants de laboratoires reconnus en France et à l'étranger que nous avons accueillis à maintes reprises, avons formé à nos techniques et approches expérimentales et accompagné dans leurs travaux de recherche. Cela nous a également permis de contribuer à plusieurs projets collaboratifs d'envergure financés par l'ANR.

De quoi êtes-vous le plus fier ?

En termes d'enseignement, probablement de ma contribution au démarrage et au développement de la Centrale de Proximité en Nanotechnologies d'une part, et à la mise en place d'enseignements bénéficiant de cette centrale aux niveaux du Master SGM et de la Licence SPI de l'Institut Galilée. Au niveau de la recherche, probablement d'avoir implanté de nouvelles thématiques originales dans mon laboratoire et d'avoir développé plusieurs dispositifs expérimentaux pertinents. Grâce à cela, et au travail de longue haleine que j'ai mené, parfois dans des conditions difficiles, depuis plus de quinze ans, nous avons obtenu des résultats de premier plan qui ont été publiés dans les meilleures revues comme Nature. Ainsi, notre équipe est aujourd'hui très reconnue et a probablement fortement contribué au rayonnement de notre université.



LVTS

D IDIER
L ETOURNEUR

➤ NOUVEAU

PRESIDENT DU
CONSEIL
SCIENTIFIQUE
DE L'INSERM



Nous aimerions avoir un retour sur votre expérience suite à votre nomination en tant que Président du Conseil Scientifique de l'INSERM...

**Que vous a apporté cette nouvelle nomination ?
Quelles sont les nouvelles fonctions qui vous incombent ?**

J'ai démarré il y a un an avec un mandat de Président sur 5 ans. J'ai été élu par le Conseil Scientifique qui est une instance avec 24 membres dont la moitié est élue par le personnel et l'autre moitié nommée sur proposition de la direction. Elle est établie avec une double labellisation du Ministère de la Santé et de la Prévention et du Ministère de la Recherche et de l'enseignement Supérieur. Le Président est élu par le Conseil Scientifique sur proposition du PDG. J'ai été élu il y a un an sur proposition de l'ancien PDG. La première découverte pour moi a été que cela prend effectivement beaucoup de temps au quotidien.

Pouvez-vous nous détailler vos missions ?

Le Conseil scientifique est une instance de proposition sur des aspects liés à la politique scientifique. Les membres du conseil réfléchissent, proposent des pistes et rédigent des notes. Nous organisons des réunions avec des instances au sein de l'Inserm. Nous pouvons également être sollicité en interne par le personnel ou les commissions scientifiques spécialisées. Nous avons différentes missions, notamment au niveau des grandes orientations de l'Inserm comme la suppression ou la modification des équipes et des unités de recherche. Nous travaillons en lien avec les commissions spécialisées. Nous sommes en charge de :



- la création, la suppression ou la modification des unités de recherche en lien avec les commissions scientifiques spécialisées.
- la politique de recrutement des chercheurs. Nous participons aux jurys d'admission des concours des chargés de recherche et des directeurs de recherche de 2^{ème} classe. Ces jurys sont présidés par le PDG.
- la promotion des chercheurs sur proposition des Commissions Spécialisées dans chaque domaine. Cela concerne les chargés de recherche hors classe ainsi que les directeurs de recherche de 1^{ère} classe et de classes exceptionnelles.
- la répartition des postes qui sont proposés sur les Commissions Spécialisées : il y a un certain nombre de postes ouverts au concours et l'affectation par domaine scientifique est décidée par le PDG après sollicitation du Conseil Scientifique.



- des accueils en éméritat et des autorisations exceptionnelles à concourir.

- des actions de valorisation, de formation et d'information du grand public et de l'Institut sur des problèmes scientifiques. Celles-ci sont menées sur une base scientifique où le Conseil Scientifique peut être sollicité. Le président du Conseil Scientifique participe au Conseil d'Administration de l'Inserm qui se réunit tous les trimestres. Il participe ainsi au fonctionnement de l'Institut auprès des représentants de l'Etat, des tutelles et des syndicats.

- Un aspect plus particulier que j'avais envie d'aborder concerne l'amélioration de la recherche au sein de l'Inserm et plus généralement de la communauté scientifique Française.

- On peut s'autosaisir de toutes les questions que l'on souhaite en lien avec les différentes directions de l'INSERM sur des champs spécialisés.

Actuellement, on traite de thématiques telles que la santé et le climat, la prise en compte de la valorisation industrielle dans les processus de recrutement et de promotion, les données en santé, les questions autour de l'augmentation des rémunérations des CDD et des différences de rémunération entre les anciens et les nouveaux contrats, ainsi que l'évaluation des plateformes scientifiques.

On a donc une multitude de chantiers qui débouchent sur des réunions, des discussions, des notes et des actions que l'on soumet à la direction, typiquement au PDG ou aux directeurs délégués généraux, soit de la stratégie, soit de l'administration. Nous menons également des actions visant à mettre en œuvre nos propositions.

Quel a été votre parcours académique et comment se situe votre appartenance à l'Institut Galilée au sein de ce parcours ?

J'ai été pendant 6 ans Président d'une des commissions scientifiques. A l'époque, il y en avait 6, dont une qui traitait de santé publique et de technologies pour la santé. J'ai participé à des évaluations scientifiques dans ces domaines qui ont été ensuite utilisées par le Conseil Scientifique ou le PDG pour prendre des décisions de recrutements ou de promotions. J'ai cette vision de Président mais aussi de directeur d'unité et de chef d'équipe. Cela fait plus de 25 ans que je suis chef d'équipe : au début au sein d'une équipe CNRS à l'Institut Galilée puis à l'Inserm. J'ai occupé la fonction de Directeur d'Unité pendant 11 ans. J'ai donc développé depuis plus de 20 ans une vision de chercheur, de chef d'équipe et de directeur d'Unité au sein de l'Institut Galilée dont je suis issu. Cela fait en effet 43 ans, donc bien avant que l'Institut prenne son nom actuel, que je suis arrivé en tant qu'étudiant à l'Institut Galilée.

Sur l'ensemble des missions que vous avez énumérées, qu'est-ce qui vous motive plus particulièrement ?

On a une mission un peu régalienne à savoir le fonctionnement de l'Inserm, les promotions, les recrutements en lien avec les commissions spécialisées qui proposent la liste des candidats admissible. Ce sont des missions que l'on effectue régulièrement, qui relèvent du Conseil Scientifique et qui sont la dernière étape avant la décision définitive de recrutement de fonctionnaires. Ce sont des fonctions importantes avec l'impression que l'on peut aider à réaliser les bonnes expertises : c'est toujours stimulant mais chronophage. Cela permet de s'ouvrir à un grand nombre de disciplines, à des groupes de travail différents avec l'envie de faire avancer certains modes de fonctionnement ou d'améliorer le système de Recherche en lien avec les universités, les hôpitaux ou les organismes de recherche... Outre ces missions régulières, nous menons au fil de l'eau un autre type de missions plus prospectives visant à proposer des choses nouvelles.

Je ne vais pas dire que certaines missions sont plus intéressantes que les autres. Il faut garder son analyse critique sur toutes les procédures de recrutement, de promotions, de décisions, d'éméritats de fermetures d'unités : c'est un travail très important et sur lequel il faut faire preuve d'intégrité et disposer de la capacité à prendre des décisions dont les conséquences sont très importantes. Il faut en effet savoir qu'à l'Inserm, les mandats d'unités ne sont renouvelés qu'une seule fois. Il faut rester humble sur ces capacités à émettre des recommandations dans des domaines parfois complexes. Quand les unités sont fermées, il faut alors en recréer d'autres et certaines des équipes ne sont pas labellisées. Ce sont donc des décisions lourdes de conséquences même si c'est le PDG et le Président d'université qui décident à la fin... Tout cela a pour but d'améliorer la vie et le fonctionnement d'un Institut.

Que souhaiteriez comme avancée pour notre université ?

Mon orientation est avant tout médicale. J'ai une formation d'ingénieur, un doctorat de Chimie à l'USPN. Cette nomination en tant que Président du Conseil Scientifique m'amène peut-être à discuter plus encore avec le Président de l'Université à avoir plus d'interactions autour de diverses problématiques, des stratégies d'organisation, des thématiques médicales au-delà de l'échelle de chaque laboratoire. Je peux ainsi échanger avec Christophe Fouqueré pour développer une vision ou des échanges orientés dans le domaine médical. On peut apporter une réflexion scientifique sur les forces en présence et les faiblesses : savoir comment on peut améliorer une situation ...

Est-ce une bonne idée d'aller dans ce champ très concurrentiel qui est déjà développé à quelques kilomètres de là avec des forces déjà organisées ? Est-il judicieux d'accueillir ou de privilégier telle ou telle discipline afin de renforcer la visibilité des actions entreprises ? Devons-nous développer tel ou tel lien avec tel hôpital ou service hospitalier ? Comment pouvons-nous accompagner ces thématiques ? C'est ce genre de réflexions stratégiques et scientifiques qui permettent d'échanger avec le Président, et la VP Recherche.



LVTS

**Quels seraient
les 3 adjectifs
que vous
donneriez pour
résumer votre
parcours ?**

Je vais déjà en donner deux : c'est la rigueur et l'éthique. Pour faire ce travail qui a un impact sur les personnes et leurs activités, il faut le faire en bonne connaissance de cause... être clair sur les conséquences que cela peut engendrer... Rigueur et éthique sont donc les premiers mots qui me viennent. Et ce qui me vient également, c'est l'ouverture d'esprit. A l'Inserm, on est face à tellement de sujets dans des thématiques tellement différentes qui peuvent être innovantes. Il faut rester humble sur ses propres capacités à décider sur les domaines émergents, ou sur les pistes que l'on peut considérer comme des voies de garages... Il faut être ouvert aux évolutions et sur les gens, suivre de près l'évolution des thématiques dans un contexte international. Il faut au final une bonne ouverture d'esprit.

Frédéric

D_u-**B**URCK

Au plus près de la seconde



Comment mesurer l'unité de temps ?

On définit l'unité de temps (la seconde) à partir d'une transition atomique de l'atome de césium dont la fréquence a été fixée à exactement 9 192 631 770 Hz, soit un peu plus de 9 GHz (1 GHz = 10^9 Hz), une fréquence qui appartient au domaine des radiofréquences (RF). Le hertz est l'inverse de la seconde. C'est-à-dire qu'une seconde correspond à exactement 9 192 631 770 oscillations de la radiation émise par l'atome. Concrètement, l'étalon de temps (ou de fréquence) est réalisé par une horloge atomique au césium. Cette fréquence peut paraître élevée, mais en physique fondamentale ou appliquée on est amené à mesurer des fréquences bien plus grandes. Par exemple, la lumière visible est une onde électromagnétique dont la fréquence est de quelques centaines de THz (1 THz = 10^{12} Hz) : 500 THz pour le vert, soit plus de 50 000 fois plus élevée que la fréquence de l'étalon au césium.

On se doute qu'il n'est pas simple de mesurer de telles fréquences : il faut comparer la fréquence que l'on souhaite mesurer avec celle de l'étalon. Jusqu'aux années 90, seuls quelques laboratoires de métrologie dans le monde avaient cette possibilité avec des chaînes de raccordement constituées de dizaines d'oscillateurs RF et de lasers verrouillés en phase les uns sur les autres. Mais à la fin des années 90, les progrès réalisés dans les lasers générant des peignes de fréquences ont permis de faire plus simplement ce raccordement, et ainsi de « démocratiser » la métrologie du temps-fréquence en rendant accessible à un grand nombre de laboratoires la mesure des fréquences optiques avec une grande exactitude.



LPL

Les lasers permettent donc d'obtenir une fréquence stable de mesure dans le domaine optique ?

Oui. Ces peignes de fréquences sont des lasers qui émettent simultanément un grand nombre de fréquences équidistantes et qui sont bien synchronisées entre elles. Ils peuvent générer des impulsions dont la durée peut être aussi courte que la dizaine de femtoseconde ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) avec des taux de répétitions allant de plusieurs centaines de MHz à plusieurs dizaines de GHz. C'est ainsi qu'ils permettent le raccordement du domaine optique (qui correspond à la fréquence des raies d'émission du laser) au domaine RF (correspondant au taux de répétition du peigne) et donc, le raccordement à l'étalon à 9 GHz.

Pouvez-vous nous préciser comment le LPL développe sa recherche autour de cette mesure du temps ?

Un élément essentiel est l'infrastructure nationale de recherche REFIMEVE (REseau Fibré METrologique à Vocation Européenne) financée par deux Equipex coordonnés par l'USPN, qui réalise le transfert longue distance d'une fréquence optique ultra-stable sur le réseau Internet académique RENATER. Ce projet participe à la construction d'un réseau à l'échelle européenne avec des connexions vers l'Allemagne, l'Italie ou l'Angleterre. L'objectif est de pouvoir comparer entre elles les meilleures horloges atomiques développées dans les laboratoires de métrologie, dont les performances de stabilité sont nettement supérieures à celles des horloges du GPS, si bien que les comparaisons satellitaires par GPS ne permettent pas de les comparer précisément. Les développements initiés par l'Equipex REFIMEVE+ se poursuivent par la mise en place de l'Équipement Structurant pour la Recherche (ESR/Equipex) T-REFIMEVE qui a pour objectif de mettre à disposition de la communauté scientifique et des industriels un ensemble complet de signaux de temps et de fréquence au meilleur niveau international que les laboratoires de métrologie puissent fournir. Ces signaux ultra stables sont générés par le SYRTE, un laboratoire de l'Observatoire de Paris co-porteur du projet.

Le fait de disposer de références de fréquences ultra-stables ouvre des possibilités extraordinaires en recherche, notamment dans le domaine de la spectroscopie moléculaire qui est développée au LPL. Les mesures des fréquences des transitions moléculaires avec une grande exactitude permettent des tests de physique fondamentale comme la recherche de variation des constantes fondamentales pour l'exploration du modèle standard, ou l'étude de la violation de la parité dans les molécules chirales (des molécules qui ne se superposent pas à leur image dans un miroir) induite par l'interaction électrofaible, effet qui n'a encore jamais été observé.

Pouvez-vous nous détailler votre recherche ?

Avec mon collègue Vincent Roncin, nous avons débuté il y a quelques années un projet autour des peignes de fréquences à semi-conducteurs. Ce sont des composants qui ont été développés initialement pour les télécommunications optiques à $1,5 \mu\text{m}$ et nous voulons évaluer leurs potentialités pour des applications à la métrologie des fréquences. Il s'agit de composants intégrés donc compacts, qui seraient très bien adaptés à la réalisation de dispositifs transportables. D'autant qu'à cette longueur d'onde, l'industrie des télécommunications optiques offre toute une panoplie de composants compacts, fibrés et qui présentent un haut niveau de fiabilité.

Notre premier objectif est de bien comprendre les phénomènes qui limitent la stabilité du peigne de fréquences généré par le laser : Est-il possible de complètement stabiliser l'ensemble des fréquences du peigne ? Quelles sont les origines des bruits du composant et comment sont-ils couplés entre eux ? De plus, pour la classe de composants que nous étudions plus particulièrement (des diodes laser Fabry-Pérot à batonnets quantiques), les mécanismes de naissance et d'entretien du peigne de fréquences ne sont pas parfaitement élucidés et nous pensons que notre approche pourrait apporter des éléments pour une meilleure compréhension de ceux-ci.

Pour ces études, nous avons dû développer une instrumentation spécifique et adaptée. Par exemple, la longueur d'onde d'émission du peigne de fréquence ne coïncide pas avec la référence de fréquence REFIMEVE. Nous avons donc réalisé un dispositif pour transférer la stabilité de la référence REFIMEVE à des lasers accordables qui peuvent injecter ou analyser le peigne de fréquence. Nous avons aussi développé une référence locale fondée sur un laser à semi-conducteur dont la fréquence optique est verrouillée sur une transition de la molécule d'acétylène. Tous ces développements sont basés sur des composants fibrés et conduisent à des montages compacts qui ne nécessitent pas d'alignement.

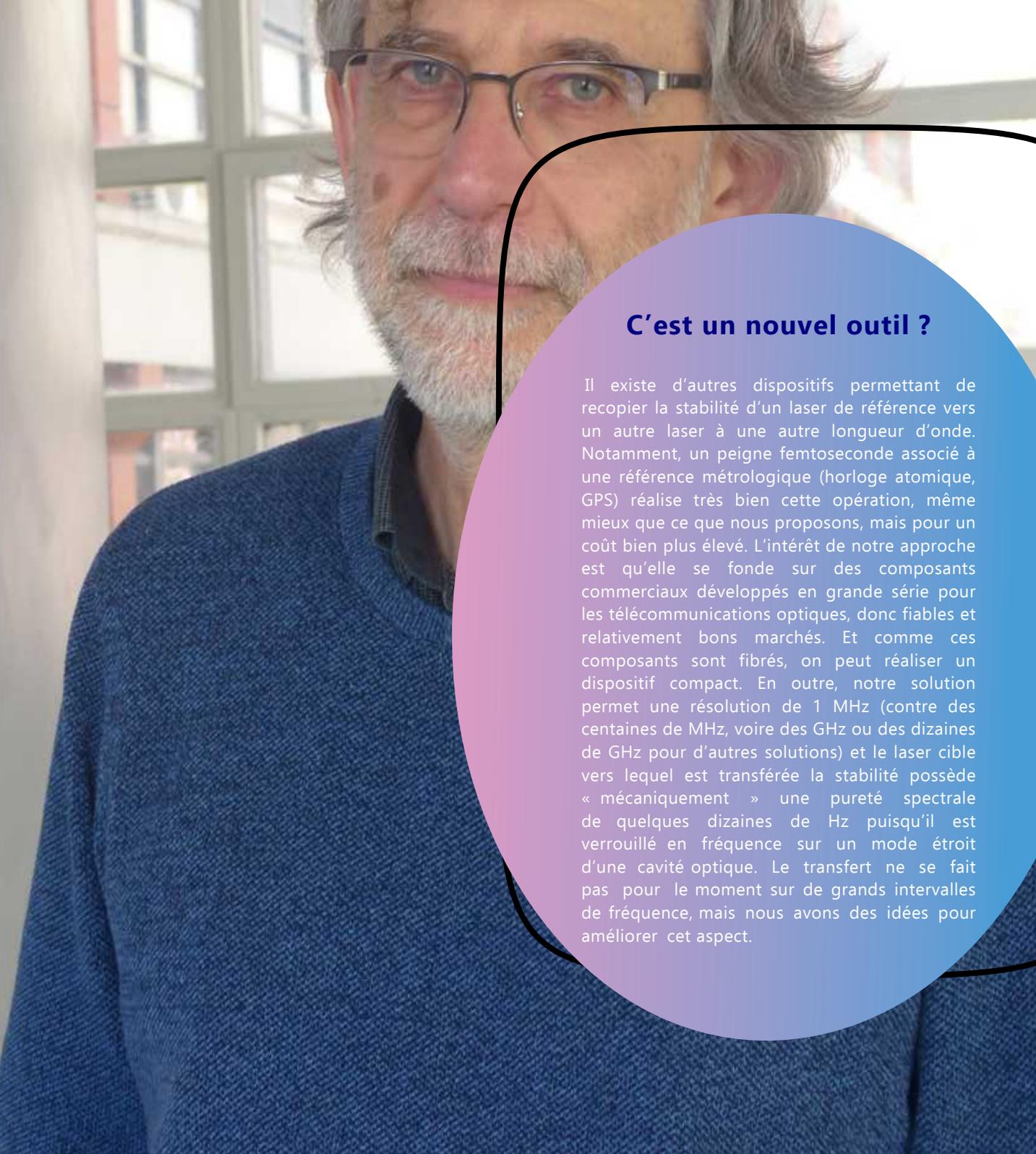


Cela a d'ailleurs fait l'objet d'un article dans la gazette de la recherche...?

Absolument. Nous avons décrit les résultats obtenus avec des premières versions de ces dispositifs. Depuis, nous avons amélioré les performances d'un facteur 200 (la copie de la stabilité de la référence se fait maintenant au niveau de 5×10^{-15} en valeur relative) et surtout, nous avons analysé en détail les processus qui limitent ce transfert, ce qui nous permet d'envisager des versions améliorées. Et cela ouvre des perspectives qui vont bien au-delà de notre application, et qui concernent aussi bien le monde académique que les entreprises.

Vous passez ainsi du fondamental à l'appliqué ...

Oui. Notre approche a été de bénéficier des développements technologiques réalisés pour les télécommunications optiques (composants à semi-conducteurs, composants fibrés, ...) pour réaliser des dispositifs compacts pour la métrologie des fréquences pour nos besoins propres. Nous avons réalisé une référence locale qui n'a certes pas les performances de REFIMEVE, mais qui présente l'avantage d'être autonome, et nous avons la possibilité de transférer la stabilité de celle-ci sans dégradation, pour le moment sur une dizaine de nanomètres, mais bientôt au-delà. Nous nous sommes rendu compte que ces caractéristiques intéressaient beaucoup de gens : des laboratoires ou des industriels qui ne bénéficient pas de la connexion à REFIMEVE, et qui, même s'ils l'avaient, ne disposeraient pas du moyen de transférer sa stabilité aux longueurs d'onde qui les intéressent ; ou encore des applications qui nécessitent de disposer sur le terrain d'une fréquence optique stable, nos choix technologiques permettant d'envisager un dispositif robuste et transportable.



LPL

C'est un nouvel outil ?

Il existe d'autres dispositifs permettant de recopier la stabilité d'un laser de référence vers un autre laser à une autre longueur d'onde. Notamment, un peigne femtoseconde associé à une référence métrologique (horloge atomique, GPS) réalise très bien cette opération, même mieux que ce que nous proposons, mais pour un coût bien plus élevé. L'intérêt de notre approche est qu'elle se fonde sur des composants commerciaux développés en grande série pour les télécommunications optiques, donc fiables et relativement bons marchés. Et comme ces composants sont fibrés, on peut réaliser un dispositif compact. En outre, notre solution permet une résolution de 1 MHz (contre des centaines de MHz, voire des GHz ou des dizaines de GHz pour d'autres solutions) et le laser cible vers lequel est transférée la stabilité possède « mécaniquement » une pureté spectrale de quelques dizaines de Hz puisqu'il est verrouillé en fréquence sur un mode étroit d'une cavité optique. Le transfert ne se fait pas pour le moment sur de grands intervalles de fréquence, mais nous avons des idées pour améliorer cet aspect.

Combien êtes-vous au LPL à travailler sur ce thème ?

Nous sommes deux permanents : Vincent Roncin que j'ai déjà cité et moi-même. Nous avons une doctorante, Tatiana Steshchenko qui a travaillé sur le transfert de stabilité et la stabilisation du peigne de fréquences à semi-conducteurs et qui est en train de rédiger sa thèse. Un nouveau doctorant commencera en septembre et un post-doc partagera son temps entre le LPL et une entreprise partenaire pour développer une méthode de transfert sur de plus grands intervalles de longueur d'onde. Il est financé par le labex national First-TF dont le LPL est membre fondateur.

Je veux d'ailleurs souligner l'importance des doctorants et des post doctorants, qui sont sur les manip, et qui font avancer les choses. Leur activité est essentielle au laboratoire.

Quel est l'avenir de votre projet ?

Sur le plan fondamental, nous voulons poursuivre notre étude des peignes de fréquences à semi-conducteurs en l'étendant à d'autres type de lasers (lasers à puits quantiques, à cascades quantiques), car certains mécanismes de verrouillages des modes ou génération des bruits sont probablement comparables. Ce sera une partie du travail du nouveau doctorant dont je viens de parler.

Sur le plan des développements instrumentaux, nous avons des projets de collaborations avec des partenaires académiques et des partenaires industriels. Une demande de financement auprès de l'ANR est en cours pour le développement d'une référence autonome transportable pour des applications aux technologies quantiques. Celles-ci nécessitent de réaliser le transfert du proche infra-rouge ($1,5 \mu\text{m}$) vers les longueurs d'onde visibles.

Nous avons aussi des idées pour réaliser une référence locale (un laser dont la fréquence est verrouillée sur une transition de l'acétylène) avec une nouvelle approche. Ce travail fait l'objet d'une collaboration avec l'équipe Spectroscopie atomique aux interfaces du LPL qui étudie les interactions entre les molécules et les parois. On teste la mise en œuvre de cellules extrêmement minces ($< \mu\text{m}$) dans lesquelles on mesure des signaux spectroscopiques qui pourraient être utilisés pour la stabilisation des lasers. Là encore, il s'agit d'un travail fondamental qui pourrait conduire à des applications. Il est notamment soutenu par le labex First-TF et par le programme national GRAM

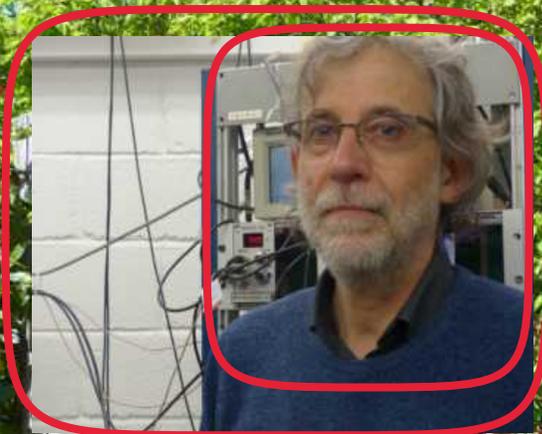


Vous préférez travailler l'instrumentation ou bien effectuer de la recherche fondamentale ?

Mon objectif n'est pas de développer des applications industrielles. Les développements instrumentaux que nous avons réalisés étaient destinés à mener des expériences pour étudier le fonctionnement de certains lasers, et cela reste notre objectif premier. Pour ces développements, nous avons opéré des choix technologiques en fonction des moyens dont nous disposions. Il nous a fallu comprendre les phénomènes qui limitaient les dispositifs que nous réalisions pour les amener au niveau de performance qui nous était nécessaire. Je considère que même s'il s'écarte de notre objectif initial, ce travail est très enrichissant car il élargit nos compétences d'expérimentateur et il arrive qu'il mette en lumière des effets nouveaux comme cela a été le cas.

Mais une fois que l'instrument répond à nos besoins, on se prend au jeu, et on voudrait savoir s'il est possible de faire mieux. Le fait que des partenaires, notamment industriels, aient manifesté un intérêt marqué pour notre approche nous a incité à aller plus loin dans la compréhension des limites ultimes, ce qui est finalement aussi une activité fondamentale. On voit qu'il n'est pas si évident de distinguer l'étude fondamentale des applications. J'ajouterais qu'en ce qui concerne ces développements instrumentaux, à la différence d'un industriel qui doit rapidement trouver une solution à son problème, même s'il ne sait pas bien pourquoi elle marche (ou pas), nous avons la possibilité d'aller au fond des choses, et je pense que cela est très utile car cela permet d'explorer de nouvelles approches et d'étudier de nouveaux effets.





Vous parvenez donc à lier les 2 aspects ...

La recherche fondamentale a pour objet le développement des connaissances. Cela ne veut pas dire qu'elle n'a pas de retombées pour la société, mais celles-ci peuvent attendre plusieurs dizaines d'années. Notre activité porte finalement sur des problèmes très « terre-à-terre » : comprendre le fonctionnement de composants optoélectroniques et développer une instrumentation. Les retombées sont à bien plus court terme. Mais notre approche consiste en une compréhension profonde des phénomènes ce qui nous conduit forcément à des questions fondamentales. Donc oui, dans cette mesure, on doit lier les deux aspects.

LES JOURNEES MATHEMATIQUES FRANCO-MAROCAINES



Benoit RITTAUD



Benoit Rittaud, Enseignant-chercheur au laboratoire du LAGA de l'Institut Galilée et Arij Bouzelmate, Enseignante-chercheuse à la Faculté des sciences de Tétouan ont co-organisé les "journées mathématiques franco-marocaines" du 13 au 16 mars dernier. La manifestation s'est tenue avec succès sous le haut patronage de Bruno Manil, Directeur de l'Institut Galilée (représenté par Olivier Lafitte, aussi orateur), de Christophe Fouqué, Président de l'Université Sorbonne Paris Nord (qui est intervenu à distance) mais aussi en présence du service de coopération et d'action culturelle et de l'attachée à la science de l'Ambassade de France au Maroc. L'objectif de cet évènement était triple : autour de la journée internationale des mathématiques (Pi-Day, 3/14) était proposée une formation à la vulgarisation des mathématiques en direction des jeunes enseignants chercheurs, l'animation d'ateliers en direction de lycéens qui avaient été conviés, et la présentation des implications et évolutions liées aux mathématiques dans la société. De nombreux directeurs d'écoles Nationales ou Supérieures de Sciences appliquées du Nord du Maroc étaient également présents pour échanger durant ces journées.

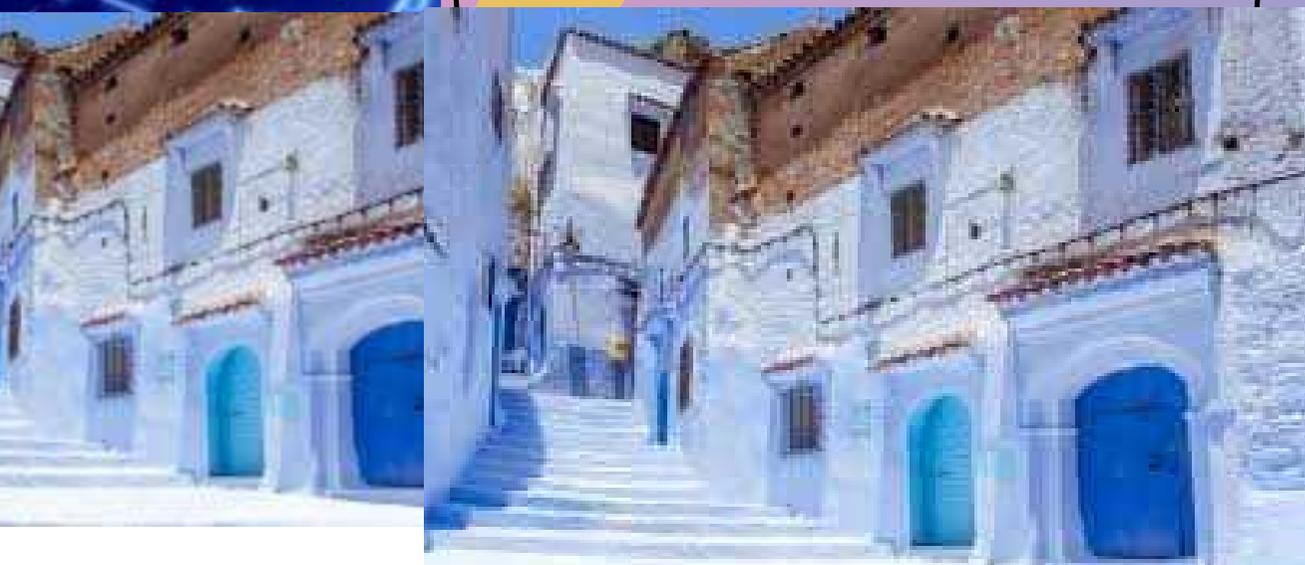
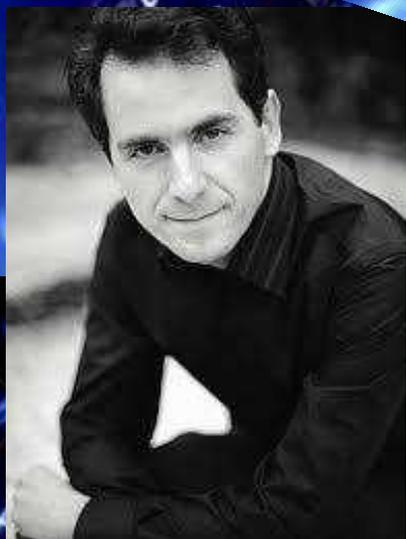


LAGA

LES JOURNEES MATHEMATIQUES FRANCO- MAROCAINES

Le programme scientifique de ces journées était organisé autour de huit conférences plénières, par des chercheurs des universités Sorbonne Paris Nord, Lille, Paris Diderot, Le Havre, Lyon, et en association avec l'université de Montréal et de plus de 90 communications qui ont été acceptées pour présentation dans des sessions parallèles.

Ces journées se sont conclues par la découverte de Chefchaouen et de sa région pour les partenaires universitaires. Tous les participants ont remercié les organisateurs pour ces journées très réussies et qui ont pu souligner les coopérations présentes et à venir entre Sorbonne Paris Nord et la faculté des sciences de Tetouan, en particulier le rôle fondamental d'Arij Bouzelmate dans le succès de cette manifestation d'envergure.





LAGA

Retour sur les journées Mathématiques Franco- Marocaines

Pouvez-vous nous indiquer comment est né le projet ? Les journées Mathématiques franco-marocaines ont-elles permis de créer sur place de nouvelles collaborations ?

Cela fait deux ans que l'on a créé des discussions autour des mathématiques. Il y a quelques temps, durant la pandémie, est née l'idée de créer un événement en présentiel à l'occasion du « PI day » qui est la journée internationale des mathématiques pour l'UNESCO.

Comme première idée de départ, nous avons souhaité fixer la date du 14 mars qui fait directement référence au nombre $\pi=3, 14\dots$. Puis, nous avons voulu élargir la thématique pour ne pas nous en tenir à uniquement à l'aspect de vulgarisation, mais faire de ce colloque un élément phare de la recherche dans le domaine des mathématiques avec pour objectif principal de rassembler des chercheurs d'horizons différents. Durant cet événement, il y a eu plusieurs volets : on a commencé par lancer une formation de vulgarisation avec des présentations de conférences thématiques puis des ateliers autour des mathématiques, un peu basé sur le modèle de Savante Banlieue et ce avec la participation de plusieurs pays francophones. Christian Mercat qui vient de Lyon, moi-même ou d'autres personnes qui n'ont pas pu faire le déplacement avons produit le même genre de manifestation en Algérie et à Genève.



Quels sont vos objectifs sur le long terme ?

Ces ateliers ont été réalisés dans différents cadres selon les disponibilités de chacun, au sein d'une association de droit suisse, ALPaGe, créée il y a dix ans avec quelques collègues et hébergée par l'université de Genève. Cette association a été présente au salon des jeux des mathématiques de Paris. On y a présenté des ateliers à l'occasion des colloques EMS. Nous avons eu plus de 93 exposés réalisés par des étudiants et collègues venus de tout le Maroc, de Rabat à Marrakech et partout dans le pays. Au vu du nombre de présentations effectuées, on s'est aperçu que cela répondait à un besoin local car tous les exposés étaient de qualité. Nous avons eu des présentations orales suivies de 4 sessions parallèles sur des thèmes principalement d'analyse et aussi un volet didactique sur les mathématiques et leur vulgarisation. Cela a très bien marché, surtout grâce à l'engagement de ma collègue qui était sur place : Arij Bouzelmate.

Ensemble, nous souhaiterions renouveler cet événement l'année prochaine. On espère le programmer sensiblement à la même période de l'année au vu de l'enthousiasme des participants et de la satisfaction des retours. C'est un moment important pour notre université. Nous avons reçu un soutien de l'Université Sorbonne Paris Nord comme celui de l'université de Tetouan. On ne s'attendait pas à ce que tout fonctionne aussi bien. De nouvelles pistes s'ouvrent aujourd'hui. On espère que cela continue sur le long terme... Nous avons eu des chercheurs d'autres universités invités comme Mustafa Bekta au Havre et Christian Mercat de Lyon ou bien Laurent Vidier de Paris.

A l'issue du colloque nous sommes partis à la découverte de la région, Nous avons effectué une visite culturelle dans un village en montagne à Chechaouen pour profiter de la région. Le circuit a été organisé par une association qui dépend de l'université de Tetouan, Al Jabr.

Un dernier mot résumant pour vous les journées Mathématiques Franco-Marocaines ?

Prometteur pour l'avenir.



LSPM et LPL



• HELENE

P
ERRIN

• JOCELYN

A
CHARD



De nouvelles technologies de rupture, basées sur les concepts fondamentaux de la physique quantique, donnent accès à des moyens de calcul révolutionnaires, à de nouveaux capteurs de grande sensibilité, ou la sécurisation des transferts de données. Des laboratoires de l'Institut Galilée sont engagés dans cette aventure.

Les technologies quantiques exploitent les concepts de superposition ou d'intrication, qui sont au cœur des travaux qui ont récemment valu le prix Nobel de physique 2022 au français Alain Aspect. Ces concepts, associés au contrôle d'objets quantiques individuels permettent de sécuriser les communications, développer des capteurs ultra sensibles ou révolutionner le calcul et la simulation numérique. La manipulation de ces subtils degrés de libertés quantiques et leur potentiel applicatif attirent une attention considérable, des multinationales (IBM, Google, Microsoft, etc.) aux institutions et états. L'Europe en a fait une de ses priorités majeures avec un Flagship sur 10 ans, et la France, consciente des enjeux considérables, a mis en place une Stratégie nationale pour les technologies quantiques. Dans ce contexte international très compétitif et stimulant, l'Université Sorbonne Paris Nord est fortement impliquée notamment à travers les travaux menés au sein des laboratoires LPL et LSPM.

La superposition quantique permet de combiner dans un même objet deux états différents, par exemple deux positions distinctes dans l'espace. Plusieurs objets quantiques peuvent être très fortement corrélés : on parle alors d'intrication.

AUTOUR DES TECHNOLOGIES QUANTIQUES A L'USPN

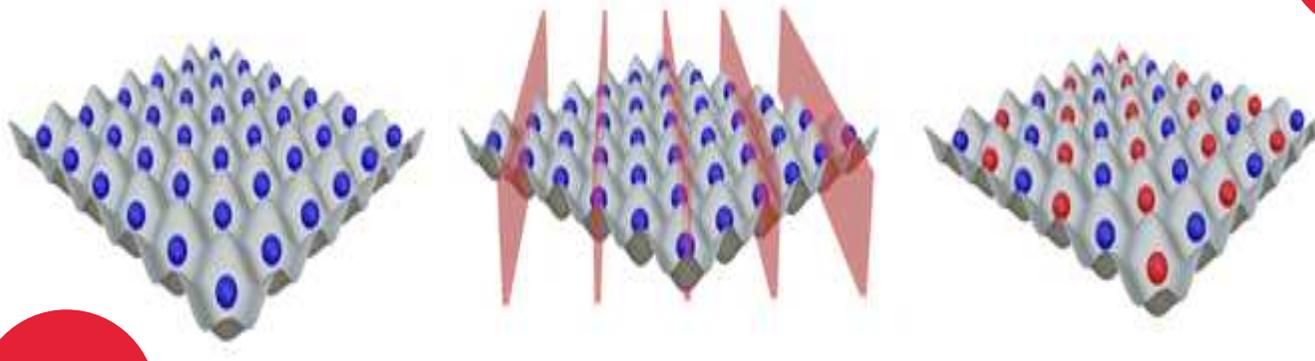
LSPM et LPL

Au LPL, plus de la moitié des chercheurs du laboratoire sont actifs dans le domaine des technologies quantiques, principalement autour de deux thématiques. Un axe développe des simulateurs quantiques à base d'atomes froids, des machines capables de reproduire au moyen d'expériences modèles très contrôlables des systèmes complexes, comme par exemple les matériaux magnétiques, afin de mieux en cerner les propriétés (voir figure). Deux autres axes sont engagés dans le développement de capteurs quantiques. On peut citer les capteurs de force à base d'atomes à proximité de nanoréseaux ou le développement de références de fréquence moléculaires, capteurs extrêmement sensibles, notamment de champ électrique ou micro-onde, dans un vaste domaine de fréquences. Dans ce cadre le LPL porte en particulier l'Equipex T-Refimeve associé à l'infrastructure REFIMEVE, qui vise à délivrer des références de temps et fréquence via un réseau de fibres optiques à des laboratoires de recherche avec une précision inédite. Les applications de ces références couvrent un large spectre, en particulier dans le domaine quantique où elles sont amenées à être utilisées pour le contrôle ultime des simulateurs quantiques – comme le contrôle des spins individuels pour le simulateur du LPL – ou pour les réseaux de communications quantiques.



LSPM et LPL

Simulateur quantique du magnétisme : principe du contrôle avec un laser de l'état magnétique d'atomes ultrafroids placés dans une structure lumineuse périodique. Le laser permet de retourner localement le moment magnétique (ou « spin ») de certains atomes, passant d'une structure où tous les spins sont identiques (en bleu sur la figure) à une structure alternée (rouge et bleu).

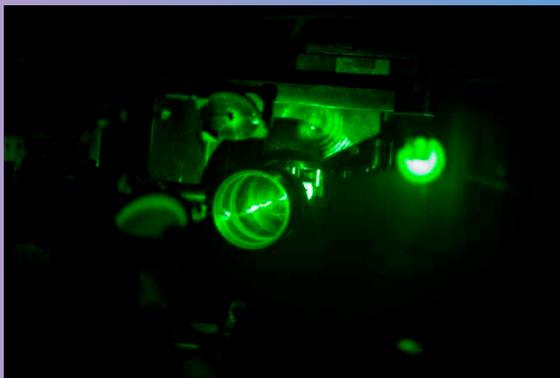


LSPM et LPL



Le LSPM possède une expérience reconnue dans la **synthèse de diamant CVD** qui lui permet d'obtenir des cristaux dont les propriétés dépassent celles des meilleurs diamants naturels. Depuis une vingtaine d'années, des efforts ont été spécifiquement consacrés à la croissance du diamant dopé avec des **centres NV** (Azote-Lacune). Ces défauts sont d'excellents capteurs quantiques de champs magnétiques, qui présentent l'avantage d'une grande sensibilité à l'échelle nanométrique et ce à température ambiante. Le LSPM s'est imposé comme l'un des rares laboratoires au monde capable de produire un matériau optimisé pour ces applications et est devenu un partenaire incontournable pour la production de ces capteurs. Il participe ainsi à des projets de recherche d'envergure dont **l'Equipex e-Diamant** dont l'objectif est de créer un réseau technologique national pour les applications scientifiques et industrielles liés à ces capteurs quantiques diamant. Le savoir-faire développé au laboratoire a également permis l'émergence de la **startup HiQuTe Diamond** dont l'objectif est de rendre disponible commercialement des films de diamant de qualité quantique.

LSPM et LPL



Plus largement, les laboratoires de l'Institut Galilée sont impliqués dans les structures régionales et nationales dans le domaine des technologies quantiques. Le LSPM et le LPL, qui faisaient déjà partie du domaine d'intérêt majeur (DIM) SIRTEQ² financé par la région Île-de-France, ont rejoint en 2022 le DIM QuantIP³ (Quantum Technologies in Paris Region) coordonné par le LPL, qui rassemble 41 laboratoires et 1100 chercheurs, doctorants et postdoctorants de la Région. Enfin, quatre laboratoires de l'Institut (LPL, LSPM, LIPN et LAGA) prennent part au projet national QuantEdu dédié à la formation des étudiants dans le quantique et qui finance notamment du matériel pour l'enseignement et des contrats doctoraux.

A_{MAL}

A_{LLOUCHE}

2017: Etudiante en Master 2 en physique de la matière condensée à l'université libanaise. Elle vient en France dans le cadre d'une co-diplômation pour faire un stage de Master 2 dans le domaine de la simulation numérique au sein de l'Institut des Molécules et Matériaux du Mans (IMMM)...

Octobre 2021 : Elle soutient sa thèse au laboratoire LSPM à l'Institut Galilée.

Sujet de thèse : "les apports de la dynamique moléculaire classique pour l'étude des plasmas poussiéreux".

Sujet de post-doc : "Etudes des propriétés des clusters de tungstène par voie quantique en utilisant la théorie de la fonctionnelle de la densité DFT".

Post-doctorante jusqu'à fin 2023 au laboratoire LSPM.

LSPM

**Découvrez la vie d'une
post-doctorante
au laboratoire LSPM**



Pouvez-vous évoquer avec nous comment vous avez rejoint le LSPM ?

Après avoir terminé mon stage, j'ai recherché une opportunité de thèse dans le domaine de la simulation. J'ai alors découvert l'offre de thèse proposée par le laboratoire LSPM à l'Institut Galilée. J'ai décidé de postuler et j'ai passé ensuite avec succès une audition avec l'école doctorale qui m'a sélectionnée pour soutenir cette thèse sous la direction de Monsieur Khaled Hassouni et le co-encadrement de Monsieur Jonathan Mougnot.

Pourriez-vous me fournir quelques informations sur le sujet de votre thèse ?

L'idée générale de mon sujet de thèse émerge de l'étude des plasmas poussiéreux et plus particulièrement de la phase de nucléation et croissance des poussières dans ces milieux. Nous nous sommes focalisés sur l'étude de la croissance de poussières de carbone par des méthodes utilisant la dynamique moléculaire classique.



Pourquoi avoir choisi les poussières de carbones uniquement ?

Le carbone présente de nombreuses possibilités d'applications dans divers domaines tels que les nanotechnologies, la bio-médecine... Il a toujours suscité de ce fait un vif intérêt de la part de la communauté scientifique. Ceci a été particulièrement le cas dans le cadre du projet international ITER, plus spécifiquement en lien avec la possibilité de formation de poussières au niveau des plasmas de bord. Notre projet est orienté sur trois types de matériaux : le carbone, le tungstène et le béryllium. Ma thèse s'est déroulée dans le cadre du projet MONA financé par l'Agence Nationale de la Recherche. Mon rôle dans ce projet était d'étudier les différentes structures de clusters carbonés et leurs mécanismes et cinétiques de formation. De ce point de vue, la disponibilité de différents types de potentiels d'interactions classiques pour le carbone a facilité le développement de notre méthodologie.

Quels sont les objectifs que vous avez visés tout au long de votre thèse ?



Pouvez vous nous donner une explication rapide de votre méthodologie de travail?

Nous avons visé deux objectifs principaux : le premier a consisté à identifier les structures de carbone les plus stables et les plus abondantes alors que le second a visé l'étude de la croissance des clusters carbonés par le collage d'un atome de carbone ou d'un dimère C₂.

Nous avons généré par simulation numérique des clusters contenant plusieurs atomes de carbone liés entre eux, i.e., entre une dizaine et une centaine d'atomes, à partir d'un nuage contenant le même nombre d'atomes de carbone mais libre et placés aléatoirement dans le domaine de simulation. Pour se faire, nous avons développé une méthode où le nuage d'atomes de carbone initialement libre est chauffé à une température de 3000 kelvin. Nous avons laissé le système se relaxer à cette température avant de le refroidir lentement à très basse température. Lors de cette opérations les atomes de carbone initialement libres établissent des liaisons chimiques pour former des 'condensats' dont la structure évolue pendant les étapes de chauffage, relaxation et refroidissement jusqu'à obtenir un cluster stable. Nous avons ensuite soumis les clusters ainsi générés à des collisions avec un atome ou un dimère de carbone, i. e., C ou C₂. Pour se faire, nous avons envoyé le projectile vers le "cluster cible" puis nous avons regardé si celui-ci collait ou pas en fonction de la vitesse, du point et de l'angle d'impact sur le cluster cible.



Lorsque vous avez obtenu les structures, combien de fois l'opération a-t-elle été répétée ?

En fait, notre procédure nommée méthode de condensation et recuit combinés et qui comporte trois phases : chauffage, relaxation et refroidissement sont appliquées une fois pour chaque état initial donné. Cependant différents types de structures peuvent se former selon les positions initiales des atomes de carbone. Par conséquent, afin de statuer sur les stabilités et les abondances de ces différents types de structure, nous avons procédé à une étude statistique en effectuant une centaine de simulation partant d'une centaine d'états initiaux où les atomes de carbone sont positionnés de manière aléatoire.



Combien de temps cela prend-il pour établir cette étude statistique ?

J'ai passé 6 ou 7 mois à réaliser cette partie. On a étudié une large gamme de taille, avec des clusters pouvant contenir de 2 à 80 atomes de carbone, i.e., de C₂ jusqu'à C₈₀. Le temps du calcul dépend surtout de la taille du système. Plus on augmente sa taille, plus cela prend du temps.

Le petit cluster commence où ?

Tous les clusters avec moins de 30 atomes de carbone, i.e., au-dessous de C₃₀, peuvent être considérés comme petits



ds

my

egrés

Vous faites de la recherche pour analyser la poussière du carbone : quelle est l'avantage de travailler sur ce matériau par rapport aux autres matériaux comme le tungstène ?



Ce sont 2 matériaux différents. On s'est intéressé au carbone car il a un grand nombre d'applications. Il intervient également dans la synthèse de diamant. A ce titre, mon travail peut être également utile dans le cadre d'un projet de recherche mené actuellement au LSPM sur la nucléation en phase gazeuse de nanoparticules

Travaillez - vous aussi sur des manips ?

Non, je fais juste des simulations numériques.



Au niveau des probabilités : quelle est l'importance de calculer des probabilités de collage ?

Au sein de l'équipe où j'ai été recrutée, plusieurs personnes travaillaient déjà sur des logiciels de simulation des plasmas et des aérosols pour essayer de comprendre les mécanismes de croissance du carbone dans les plasmas. Pour effectuer leurs recherches, ils ont besoin de ce que l'on appelle des « données de bases ». Celles-ci sont en relation avec les structures que l'on peut obtenir durant la phase de croissance et aussi sur les « sections efficaces » des différents processus de collage qui sont liées aux probabilités que ces processus aient lieu. Mon travail de recherche a été d'identifier les structures et de calculer les sections efficaces pour donner des données de base fiables qui pourront ensuite être intégrés dans les logiciels de simulation des plasmas poussiéreux afin d'étudier les mécanismes de nucléation et d'agrégation.

Qu'est ce qui vous a amené à faire ce type de recherche ?

Durant le stage que j'ai effectué à l'université du Maine, j'ai commencé à explorer de près ce domaine de recherche et surtout la simulation. C'est à ce moment là que je me suis dit que je voulais poursuivre dans ce domaine.

Est-ce que votre post-doctorat porte sur la continuation de votre thèse ?

Non, en fait mon post-doctorat n'est pas une continuation de ma thèse, c'est un tout nouveau sujet qui se base sur "l'étude des interactions entre clusters du tungstène par des méthodes quantiques". Cela diffère des thèmes traités durant ma thèse puisque j'ai abordé le carbone par des méthodes classiques.

Qu'apporte le tungstène par rapport au carbone ?

Le tungstène est un matériau métallique. Par rapport au carbone, le tungstène est plus complexe car le nombre de potentiels classiques disponibles pour l'étudier est beaucoup plus limité, d'où la difficulté de réaliser des calculs de dynamique moléculaire classique, surtout si on veut s'intéresser aux espèces chargées.

Comment parvenez - vous à analyser ce matériau ?

Mon travail sur le tungstène se situe dans le cadre d'un projet européen financé par EUROFUSION. Ce projet collaboratif rassemble plusieurs équipes Françaises et Européennes. Ma contribution dans ce projet concerne l'étude des propriétés des clusters de tungstène. Nos résultats seront utilisés par les autres groupes impliqués dans le projet pour l'appliquer sur leurs expériences ou leurs simulations. Il s'agit d'une vraie collaboration. Ils ont besoin pour cela d'éléments fiables sur les propriétés du tungstène comme les structures de clusters de différentes tailles de tungstène, la polarisabilité de ces clusters, leurs densités électroniques... Notre objectif dans ce projet est d'étudier plus particulièrement les clusters de tungstène chargés qui sont encore très mal connus. Avec la dynamique moléculaire classique, on ne peut accéder qu'aux structures des clusters tungstène neutre et l'ensemble des propriétés citées précédemment ne peuvent être obtenu. C'est pour cela que je suis amenée à mettre en œuvre des méthodes quantiques, notamment la DFT et, dans un futur proche, la dynamique moléculaire quantique.

Quel est l'apport du quantique dans votre recherche ?

La mécanique quantique et plus précisément la DFT, nous permet d'étudier avec précision des systèmes chargés ce qui n'est pas le cas de la mécanique classique.

Quel est le rôle du tungstène dans les réacteurs nucléaires ?

Dans les réacteurs nucléaires ITER par exemple, le tungstène est le matériau constitutif du divertor, élément du réacteur qui a pour rôle d'évacuer la majeure partie de la puissance générée lors des réactions de fusion, ainsi que les particules et les impuretés générées lors de ces réactions. Dans les conditions de fort flux d'énergie auquel est soumis le divertor, le tungstène peut être pulvérisé et transporté dans le plasma de cœur où ont lieu les réactions de fusion. Ceci peut conduire à une altération importante des propriétés du plasma et à une détérioration du réacteur.

Que vous apporte le fait d'être en France par rapport au Liban pour effectuer votre recherche ?

Un des premiers avantages en France est qu'il existe un grand nombre d'universités et de laboratoires de recherche. Nous avons plus de choix. En comparaison avec le Liban, le nombre de domaines de recherche sont beaucoup plus limités. De plus, la majorité des professeurs libanais ont suivi leurs études en France. Ils essaient toujours de garder une collaboration avec les universités françaises. Au Liban, il n'y a pas de grands laboratoires pour effectuer des recherches poussées. Pour accéder à des outils performants nécessaire à la mise en œuvre de leurs projets de recherche, les chercheurs libanais sont obligés de collaborer avec d'autres équipes internationales que ce soit en France ou dans d'autres pays.

Depuis combien de temps êtes vous en France ?

Je suis en France depuis 6 ans. J'ai suivi un stage de 6 mois puis je suis arrivée directement ici pour faire ma thèse et je poursuis mon post doctorat au LSPM.

Comment voyez-vous la poursuite de votre recherche ?

Actuellement je pourrais dire que je peux poursuivre ma recherche dans plusieurs domaines vu les compétences que j'ai acquises durant ma thèse et mon post-doctorat. Ces compétences me permettent en particulier d'envisager une conversion professionnelle dans le domaine de l'informatique, par exemple pour des applications scientifiques. C'est un domaine qui est très demandé depuis la covid.

Que vous a appris la vie en laboratoire ?

Après 5 ans dans ce laboratoire, celui-ci est devenu comme ma deuxième famille. Je suis proche de tous les membres. L'ambiance y est vraiment géniale. Sur le plan professionnel, nous organisons régulièrement des réunions d'équipe où nous discutons et présentons nos travaux devant tous les membres. Cela nous permet d'échanger des connaissances et de faire progresser nos projets. De plus, nous avons l'opportunité de collaborer avec les différentes équipes du laboratoire, ce qui est essentiel pour avancer dans le domaine de la recherche. La direction représentée par Monsieur Dominique Vrel est toujours prête pour nous écouter en cas de besoin. Les gens du service administratifs et informatiques du laboratoire sont aussi magnifiques.





Quelles sont les qualités nécessaires selon vous pour travailler dans la même recherche que vous ?

Les chercheurs scientifiques doivent avoir une soif de connaissances et une curiosité. Il faut avoir aussi la patience et la capacité à gérer tout problème sans stresser. Il faut avoir un esprit collaboratif parce que dans ce domaine le travail en équipe est essentiel. En plus il faut de la motivation et aussi bien choisir les domaines et emplois en adéquation avec ses connaissances. Même si on ne connaît pas tout, c'est normal : on est là pour apprendre... Il faut au moins connaître les idées de bases avant de postuler à un emploi ou bien une thèse.

LVTS

M u r i e e M A I R E

INGENIEUR d'ANALYSE
CHIMIQUE A
L'INSTITUT GALILEE



Comment avez-vous débuté votre métier?

J'ai commencé à travailler dans l'industrie agroalimentaire autour du risque microbiologique après avoir effectué un DUT en industrie alimentaire...

Au départ, ma formation était tournée essentiellement vers la microbiologie et non la chimie. En rejoignant ce secteur, j'ai surtout veillé à travailler sur deux niveaux importants : limiter les risques sanitaires et proposer un aliment le plus sain possible en sortie de production. Travailler sur la microbiologie est essentiel. Il faut savoir que beaucoup d'aliments que nous consommons nécessitent des microorganismes dans leur fabrication. Lorsque nous mangeons des yaourts, du pain ou du fromage, ce sont tous des aliments qui sont fabriqués à l'aide de microorganismes (levures pour le pain, ferments bactériens pour les produits laitiers, moisissures pour certains fromages...). On a vu dans l'actualité ces derniers temps, avec la contamination de certaines denrées alimentaires comme les pizzas, combien la sécurité bactériologique était importante.

J'ai travaillé au départ durant plus de 2 ans dans une usine en Alsace qui fabriquait du saumon fumé. Je devais mettre en place le laboratoire d'analyse et assurer le suivi de la production à tous les stades de la fabrication du saumon. L'usine était totalement neuve et j'avais la responsabilité du laboratoire d'analyse. Je devais assurer les vérifications bactériologiques du saumon que ce soit en chambre froide ou bien en salle de fumage. Le poisson est livré congelé, stocké en chambre froide puis ensuite décongelé pour être transformé. Je devais suivre une par une toutes les étapes de fabrication : le salage, le séchage, le fumage et le conditionnement en barquette. Chacune de ces étapes est contrôlée au niveau bactériologique, physicochimique (vérification du taux de sel, du fumage, du séchage...) et même gustatif, jusqu'à l'emballage du produit.

LVTS

Comment êtes-vous devenue ingénieur d'étude en analyse chimique ?

Durant 8 ans, après un concours de technicien du ministère de l'Agriculture, j'ai travaillé à l'École Nationale Supérieure des Industries Alimentaires (ENSIA) à Massy, aujourd'hui fusionnée à AgroParisTech. C'est là que j'ai commencé à faire de la chimie. J'ai suivi des cours du soir pour obtenir mon diplôme d'ingénieur en biochimie alimentaire, tout en exerçant mon activité le jour. J'ai ensuite effectué un stage de 9 mois sur les « arômes de cuisson de la génoise » qui peuvent être modifié selon les ingrédients utilisés et en particulier le type de matière grasse. J'ai par la suite passé ma soutenance et décroché mon diplôme d'ingénieur en 2009.

J'ai rejoint l'Institut Galilée en 2007, grâce à un concours d'assistant ingénieur qui m'a permis d'intégrer le laboratoire LVTS (Laboratory for Vascular Translational Science). Ma principale mission consiste à participer aux activités de recherche et de développement sur les biomacromolécules, les biomatériaux et les nanoobjets utilisés dans le domaine cardiovasculaire, pour l'imagerie médicale et le traitement de différentes pathologies.

Pouvez-vous évoquer quel est votre principal axe de recherche au LVTS ?

Je travaille principalement, avec les chercheurs de mon unité, sur un polysaccharide (gros sucre) le *fucoïdane*. Il s'agit plus précisément d'un polysaccharide sulfaté produit à partir d'algues brunes. Ce sucre a des propriétés très intéressantes sur le plan médical et en particulier dans le domaine cardiovasculaire.



Il se lie à une protéine : la p-sélectine. Il s'agit d'une protéine transmembranaire exprimée par les plaquettes activées et les cellules endothéliales en situation pathologique. Elle a un rôle important dans le recrutement des neutrophiles et des monocytes lors du processus inflammatoire. Les maladies cardiovasculaires sont silencieuses. Il n'y a, la plupart du temps, pas de symptômes annonciateurs, qui amènent à consulter son médecin, comme c'est le cas dans d'autres maladies. Au LVTS, nous essayons de mettre au point des techniques d'imagerie qui permettent de détecter ces maladies, avant que les symptômes (AVC, infarctus, embolie pulmonaire, rupture d'anévrisme...) souvent graves, n'apparaissent. Nous travaillons aussi sur des méthodes thérapeutiques.

Notre unité de recherche est basée sur 3 sites : Villetaneuse, Bobigny et l'hôpital Bichat. Actuellement, je travaille avec les radiopharmaciens de l'unité, à la mise au point d'un agent de contraste pour l'imagerie moléculaire des maladies cardiovasculaires par scintigraphie.

Le but est d'introduire un isotope radioactif, le Gallium 68, sur un vecteur, le fucoïdane, couplé au préalable, avec des molécules chélatrices, pour pouvoir l'utiliser comme agent de contraste ciblé, en Tomographie par Emission de Positons (TEP), pour la détection de pathologies cardiovasculaires et en particulier les AIT (accidents ischémiques transitoires).

Comme un AVC (Accident vasculaire Cérébral), l'AIT est dû à une obstruction d'un vaisseau sanguin dans le cerveau. Les symptômes sont les mêmes que ceux de l'AVC (faiblesse musculaire, paralysie, difficulté à parler...). Contrairement à l'AVC, l'AIT est, comme son nom l'indique transitoire, c'est-à-dire que les symptômes durent de quelques secondes à quelques minutes, avant de disparaître. Néanmoins, un AIT est un signe d'alerte très sérieux, puisqu'il indique qu'il y a des caillots dans la circulation sanguine et donc que le risque de faire prochainement un véritable AVC est extrêmement élevé.

L'AIT est transitoire, mais en aval du caillot qui avait bouché le vaisseau sanguin la paroi des vaisseaux qui ont été privés d'oxygène et de nutriments durant l'AIT expriment à leur surface interne la P-sélectine, c'est-à-dire même molécule que l'on retrouve à la surface des plaquettes activées dans le thrombus. C'est cette P-sélectine que l'on veut mettre en évidence avec l'agent de contraste. Avant d'être injecté au malade, le chélateur couplé au fucoïdane va être mis en contact avec un métal radioactif, le Gallium 68 qu'il va piéger. Ensuite le fucoïdane va se fixer à la p-sélectine et le gallium pourra être détecté par scintigraphie (imagerie TEP).

Nous en sommes à la première étape de la mise au point de ce produit. Il faut d'abord vérifier que ça peut fonctionner en faisant des analyses in vitro (analyses physicochimiques sur le fucoïdane liés aux chélateurs, test de couplage avec le Gallium...). Si cela fonctionne il y aura des tests in vivo sur des animaux et seulement ensuite des essais sur l'homme. Cela prend plusieurs années.

N'y a-t-il pas un risque que le gallium reste dans le corps ?

D'abord, le Gallium a une demi-vie très faible d'environ une heure. Cela veut dire que toutes les heures, la quantité d'atomes radioactifs diminue de moitié.

Ensuite, utiliser un vecteur comme le fucoïdane va permettre de diminuer les quantités injectées. En effet, l'agent scintigraphique va se concentrer aux endroits d'intérêt et donc permettre d'avoir une bonne image même avec des quantités de Gallium extrêmement faibles.

Que vous apporte ce métier ?

J'aime beaucoup ce métier. Il n'y a pas de routine. On essaye chaque jour quelque chose de différent. Dans la recherche, il y a l'idée de progression. Il faut être très rigoureux et noter parfaitement toutes les étapes de ce qui est expérimenté. Chaque élément est important. Tout détail est susceptible de servir à l'avenir. Le cahier de laboratoire permet un suivi chronologique et de revenir sur chaque étape, si nécessaire.

Il faut aimer réfléchir et trouver sa propre façon de faire évoluer ses investigations. Il faut faire souvent preuve d'adaptabilité et de créativité.

J'apprécie aussi le travail en équipe. Nous avons des réunions régulièrement pour discuter de l'avancée des travaux et des difficultés rencontrées.

Dans le cadre de mes fonctions, j'encadre aussi des étudiants en stage. Cette année j'ai deux étudiantes, une en Master 2 et en une Licence 3 de chimie.

Dans ce laboratoire, une des grandes forces, c'est d'avoir des gens qui ont des compétences dans de multiples domaines, ce qui permet des échanges constructifs avec les collègues, comme avec les stagiaires.

Sur quels autres domaines travaillez-vous également ?

Le laboratoire a de nombreux sujets de recherche auxquels je participe. On fait du diagnostic et du **thérapeutique**.

L'an dernier j'ai travaillé sur des coils (*une sorte de fil de platine qui s'enroule comme une pelote*) pour le traitement des anévrismes. Lors d'un anévrisme, la paroi du vaisseau sanguin est déformée. La pression sanguine fait apparaître une poche qui est susceptible de se rompre. En effet les parois du vaisseau au niveau de l'anévrisme sont plus fines. La rupture crée une hémorragie qui peut être très grave selon l'endroit où cela se déclare. Les traitements actuels ont pour but d'aider à la cicatrisation de l'ouverture de l'anévrisme en occluant la poche anévrismale.

Dans 30% des cas, ces traitements s'avèrent inefficaces du fait d'un défaut de cicatrisation de la zone où s'est formé l'anévrisme. L'objectif était donc d'améliorer cette cicatrisation en greffant de façon covalente un polysaccharide sulfaté pro-cicatrisant à la surface des coils.

Parfois notre travail arrive jusqu'aux essais cliniques et c'est très satisfaisant.

Dans le cadre de mon métier, j'ai aussi de nombreuses tâches annexes à la recherche, comme la gestion des produits et des déchets, les commandes, l'entretien des appareils du laboratoire... Je suis aussi assistante de prévention depuis un an.

Ce métier est très varié. On ne fait pas tous les jours la même chose. J'aime évoluer dans le domaine expérimental et travailler en mode projet. J'apprécie de repartir à zéro à chaque fois : aller vers l'inconnu et découvrir sans cesse de nouvelles choses.

A close-up photograph of a multi-well plate, likely a 96-well plate. The wells are arranged in a grid. Some wells contain a red liquid, while others are empty. The letters C, D, E, F, and G are visible on the left side of the plate, indicating the rows.

C
D
E
F
G



Fatih ZIGHEM



LSPM

➤ **LAUREAT**

**INSTITUT UNIVERSITAIRE
DE FRANCE**

**FATIH
ZIGHEM**





Fatih Zighem : Lauréat IUF 2022 Membre junior

Fatih Zighem, Professeur des Universités à l'USPN et chercheur au laboratoire LSPM-CNRS UPR3407 (Institut Galilée), est nommé membre junior de l'Institut Universitaire de France (IUF) depuis le 1er octobre 2022, par arrêté de la Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, pour une durée de 5 ans.

Pouvez-vous nous dire comment s'est opérée cette désignation ? Que vous a-t-elle apportée ?

L'IUF accueille tous les enseignants-chercheurs, distinguant les lauréats Juniors, âgés de moins de 40 ans, et les lauréats Séniors, âgés de 40 ans et plus. Cette reconnaissance est accessible à tous les enseignants-chercheurs travaillant au sein d'une université française, sans présélection préalable. Il suffit de soumettre un dossier pour candidater.

Répondent ceux qui veulent ?

L'IUF est un prix ouvert à tous, sans aucune distinction préétablie par les universités. Chaque candidat présente son dossier accompagné d'un projet de recherche ambitieux. Chaque année, une campagne de publicité est menée par l'IUF pour encourager la participation de tous ceux qui le souhaitent. Le dossier décrit le projet de recherche que le candidat prévoit de mener pendant les 5 ans de mise en délégation, tout en considérant les opportunités de collaborations avec des projets européens. L'objectif est d'offrir une chance équitable à tous les enseignants-chercheurs désireux de participer et de promouvoir l'excellence scientifique dans la communauté académique.

Les thèmes de recherche sont-ils imposés ?

À l'IUF, les thèmes de recherche sont totalement libres, sans aucune restriction. C'est une caractéristique remarquable car toutes les disciplines y sont représentées de manière égale, des sciences humaines aux sciences dures.

Quel projet de recherche avez vous proposé ?

Mon projet de recherche vise à explorer de nouvelles perspectives pour le contrôle du magnétisme au sein de la matière solide, en évitant l'utilisation conventionnelle d'un champ magnétique. Actuellement, mon approche novatrice consiste principalement à exploiter les ondes acoustiques comme moyen de manipulation. En pratique, je m'efforce de créer une synergie entre les ondes acoustiques et les propriétés magnétiques des matériaux. En associant ces deux éléments, j'espère déverrouiller des possibilités passionnantes et ouvrir des voies de recherche jusqu'alors inexploitées. Les implications de cette recherche sont remarquables, offrant une multitude d'applications potentielles. Parmi celles-ci, figurent des systèmes magnétiques d'enregistrement ou de transfert de données bien plus économes en énergie. En utilisant des tensions pour générer des ondes acoustiques au lieu de courants électriques, nous pourrions réduire considérablement les coûts liés à la génération de champs magnétiques traditionnels.





Quelle en serait l'incidence ?

L'impact de cette approche innovante s'étend au-delà du simple aspect économique, car une maîtrise accrue du magnétisme ouvre la porte à de nouvelles technologies dans des domaines variés tels que l'électronique, l'informatique et la communication. En permettant un contrôle plus précis du magnétisme, nous pourrions voir naître des dispositifs plus performants et plus économes en énergie, ouvrant ainsi la voie vers une ère de développement technologique durable et respectueuse de l'environnement.

Cependant, il reste encore de nombreux défis à surmonter dans cette recherche passionnante. Je m'engage pleinement à explorer ces nouvelles possibilités en m'appuyant sur mes compétences en ondes acoustiques et en magnétisme, tout en collaborant avec des experts d'autres domaines pour garantir le succès de ce projet prometteur.



Avez-vous reçu un apport financier ? Que vous apporte cette mise en délégation ?

Grâce à l'IUF, les chercheurs lauréats bénéficient d'une décharge de 128 heures d'enseignement par an, leur permettant de se concentrer pleinement sur la recherche. De plus, ils reçoivent un soutien financier de 15 000 euros par an, favorisant la réalisation de projets innovants et ambitieux. Ces avantages contribuent à l'épanouissement professionnel des chercheurs et à l'avancement de la recherche scientifique.

Pouvez-vous nous parler de cette remise de prix ? Comment a-t-elle eu lieu ?

En automne 2022, lors d'une cérémonie prestigieuse, nous avons eu l'honneur de recevoir nos médailles IUF en présence de l'administrateur de l'IUF et de la Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Sylvie Retailleaux, également Présidente de Paris Saclay. À l'échelle nationale, 80 chercheurs juniors et 80 chercheurs seniors ont été distingués en tant que membres de l'IUF. Dans le cadre de l'université Sorbonne Paris Nord, nous avons été 3 lauréats à recevoir cette distinction : Hanna Hlawaty, Enseignante-chercheuse à l'UFR SMBH (INSERM U1198), et Flaminia Paddeu, géographe et maîtresse de conférence au laboratoire Pléiade. Lors de cette journée, nous avons eu l'honneur d'être accompagnés par Pascale Molinier, Vice-Présidente de la Commission de la Recherche à l'USPN. Cette reconnaissance représente une étape significative dans notre parcours de chercheurs et nous inspire à poursuivre notre quête de découvertes scientifiques et d'excellence dans nos domaines respectifs.

Quelques mots en conclusion ?

À l'Institut Galilée, nous sommes effectivement peu nombreux à avoir été honorés de cette distinction prestigieuse. À ma connaissance, je suis le seul physicien à avoir reçu ce prix jusqu'à présent. Cependant, je crois que l'autocensure peut jouer un rôle important, décourageant certains de nos collègues talentueux de déposer leur dossier de candidature.

Je souhaite donc encourager vivement mes collègues enseignants-chercheurs à saisir cette opportunité unique. Le processus de candidature peut sembler intimidant, mais il est important de se rappeler que nos contributions en tant que chercheurs méritent d'être reconnues et valorisées. Les avancées scientifiques que nous réalisons ont un impact significatif sur la société et la communauté académique, et cette distinction est une façon de célébrer nos réalisations.



Les équipes de Recherche de Fatih Zighem :
Damien Faurie, Mohammed Haboussi,
et les doctorants.

INTERVIEW

- Bruno MANIL, Directeur de l'Institut Galilée : directeur.galilee@univ-paris13.fr
- Khaled HASSOUNI, Directeur adjoint de la recherche à l'Institut Galilée et Professeur 3PE, IPS au LSPM, (CNRS-UPR3407) : khaled.hassouni@lspm.cnrs.fr
- Mohamed BELMEGUENAI, Enseignant-Chercheur, LSPM (CNRS-UPR 3407) : belmeguenai.mohamed@univ-paris13.fr
- Didier LETOURNEUR, Directeur du laboratoire LVTS, INSERM U 1148 et Président du Conseil scientifique de l'INSERM : didier.letourneur@inserm.fr
- Frédéric Du-BURCK, Professeur des universités, LPL (CNRS – UMR7538) : frederic.du-burck@univ-paris13.fr
- Benoît RITTAUD, Maître de conférence, LAGA (CNRS-UMR 7539) : rittaud@math.univ-paris13.fr
- Amal ALLOUCH, Post-doctorante au LSPM,(CNRS-UPR3407) : amal.allouch@lspm.cnrs.fr
- Murielle MAIRE, Ingénieur d'analyse chimique, LVTS (INSERM- UMRS 1148 - Universités Sorbonne Paris Nord et Paris Cité) : murielle.maire@univ-paris13.fr
- Fatih ZIGHEM, Professeur des universités LSPM (CNRS-UPR3407) : fatih.zighem@lspm.cnrs.fr

ARTICLE "AUTOUR DES TECHNOLOGIES QUANTIQUES" : CO-REDACTEURS :

Hélène PERRIN, LPL (CNRS – UMR7538), Directrice adjointe du LPL, Directrice de recherche au CNRS et Coordinatrice du DIM QuantIP : helene.perrin@univ-paris13.fr

Jocelyn ACHARD, LSPM (CNRS-UPR3407) : Professeur des universités, Responsable de l'axe PPANAM Opération de recherche Diamant et Matériaux Carbonés : jocelyn.achard@lspm.cnrs.fr

Directeurs de la publication : Bruno MANIL et Khaled HASSOUNI

Responsable éditoriale et chargée de la communication de l'Institut Galilée :

Xavière SANTARELLI, conception, rédaction et réalisation d'interview :

communication.galilee@univ-paris13.fr

I_g
Recherche

La revue de la recherche
à l'Institut Galilée