

RAPPORT
D'ACTIVITÉ
2023

IPGG MICRO FLUIDI QUE

L'INSTITUT DE
LA SCIENCE DE
LA MANIPULATION DES
FLUIDES À L'ÉCHELLE
NANO-, MICRO-
ET MILLIMÉTRIQUE





RAPPORT D'ACTIVITÉ 2023

« LES MONDES
DE L'INDUSTRIE
ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
ONT **TOUT À
GAGNER À
TRAVAILLER
ENSEMBLE** »

Pierre-Gilles de Gennes



SOMMAIRE

PAGE 4
• PRÉSENTATION DE L'INSTITUT CARNOT
IPGG MICROFLUIDIQUE

PAGE 5
• EDITO
MOT DU DIRECTEUR

PAGE 6
• LES INSTITUTS CARNOT,
LA PLUS PUISSANTE
OFFRE DE R&D POUR
L'INNOVATION DES ENTREPRISES

PAGE 7
• CHIFFRES CLÉS
DES INSTITUTS CARNOT

PAGE 8
• NOS APPLICATIONS
ET SECTEURS D'ACTIVITÉS

PAGE 9
• TRAVAILLEZ AVEC NOUS

PAGE 10
• NOS CHIFFRES CLÉS
2023

PAGE 11
• FAITS MARQUANTS
2023

PAGE 15
• NOS CHERCHEURS
PRÉSENTENT LEURS PROJETS

PAGE 20
• NOS PLATEFORMES
TECHNOLOGIQUES

PAGE 22
• NOS ÉQUIPES
ET LEURS THÉMATIQUES

PAGE 25
• NOS OFFRES DE
FORMATIONS





L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE



EDITO MOT DU DIRECTEUR

NOS MISSIONS

- **FACILITER**
LA RECHERCHE
PARTENARIALE
- **PROMOUVOIR**
LA COMPÉTITIVITÉ DES
ENTREPRISES FRANÇAISES
- **INNOVER**

L'Institut Carnot IPGG Microfluidique est l'un des 39 instituts Carnot, dont les missions consistent à faciliter la recherche partenariale et promouvoir la compétitivité des entreprises françaises par l'innovation. Notre institut s'intéresse plus particulièrement aux écoulements aux petites échelles, typiquement les nano- mi-

cro- & milli-fluidiques, aux phénomènes interfaciaux, à la matière molle et à toutes les applications où ces thématiques sont présentes.

A l'instar de l'Institut Pierre-Gilles de Gennes (IPGG), l'Institut Carnot IPGG Microfluidique rassemble 24 équipes de recherche rattachées à Chimie Paris-technique - PSL, l'ENS - PSL et à l'ESPCI Paris - PSL, établissements membres de l'Université PSL. Il agrège des savoir-faire transdisciplinaires en physique, chimie & biologie.

Cette proximité entre des expertises complémentaires constitue la marque de fabrique de notre institut : **l'excellence scientifique au service d'un large panel d'applications.**

En rassemblant des chercheurs d'horizons différents, notre institut se mobilise pour répondre aux questions des entreprises et apporter des réponses aux grands défis sociétaux, comme par exemple proposer des solutions énergétiques nouvelles, des procédés plus performants et plus verts, faire progresser la médecine, travailler à la recyclabilité des matériaux.

CET ÉTAT D'ESPRIT ET CET ÉCOSYSTÈME RICHE, PERMETTENT LE FOISONNEMENT D'IDÉES NOUVELLES ET LA CRÉATION D'INNOVATIONS DE RUPTURE

Avec 2 start-up créées en moyenne chaque année, notre institut contribue à la compétitivité et remplit pleinement son rôle de catalyseur de l'économie.

MICHAEL TATOULIAN
Directeur
de l'Institut Carnot
IPGG Microfluidique



L'année 2023 a été marquée par de nombreux événements ayant permis d'accroître notre présence sur le marché de la recherche partenariale.

En premier lieu, le Carnot IPGG a accueilli un nouveau chargé d'affaires dont la mission est de maintenir un lien fort entre l'institut et le monde industriel notamment par l'élargissement de notre écosystème et de notre réseau de partenaires. De plus, la nomination de l'université PSL en tant que lauréate des Pôles Univer-

sitaires d'Innovation 2023 permettra à l'institut IPGG d'augmenter ses relations avec le monde socio-économique et de renforcer les synergies avec les autres acteurs au sein de l'université PSL et au-delà.

Nos plateformes technologiques ont intensifié leur capacité à répondre aux demandes industrielles. La plateforme de chimie en flux continu « Paris Flow Tech » a été labellisée Corning Advanced Flow Reactor (AFR) Application Qualified Lab (AQL) lui permettant notamment de bénéficier d'équipements de pointe pour le développement de procédés ainsi que leur mise à l'échelle. La plateforme de prototypage microfluidique (UAR 3750) a quant à elle été rejoint par plusieurs ingénieurs. L'acquisition d'un nouvel équipement (Femtoprint) est une avancée majeure dans la fabrication des microsystèmes en verre. Un fablab a été créé afin de soutenir les startups et les entreprises de notre réseau dans leurs projets.

En 2024, des recrutements viendront consolider l'équipe pour augmenter notre visibilité vers le monde industriel et augmenter notre réactivi-

té aux besoins de nos partenaires. L'institut se prépare aussi au renouvellement du label Carnot qui sera accompagné par le rattachement de nouvelles équipes dans notre périmètre, ce qui permettra de renforcer les compétences de l'institut et ainsi d'accroître la force de notre offre auprès des entreprises.

L'ÉQUIPE CARNOT IPGG RESTE ENGAGÉE AU CÔTÉ DES ÉQUIPES DE L'INSTITUT POUR LES SOUTENIR DANS LA VALORISATION DE LEURS COMPÉTENCES

Notre ambition est d'augmenter l'impact de la recherche académique sur la transition industrielle française et internationale.

LES INSTITUTS CARNOT, LA PLUS PUISSANTE OFFRE DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

Un institut Carnot est une **structure de recherche publique** labélisée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, pour son engagement fort à **mener des activités de R&D conjointement avec des entreprises**. Les Instituts Carnot ont pour missions de développer des collaborations de recherche avec des partenaires privés et de favoriser les transferts de technologies.

LES INSTITUTS CARNOT SONT RECONNUS À LA FOIS POUR :

LEUR **EXCELLENCE** SCIENTIFIQUE

LE **PROFESSIONNALISME** DE LEUR RELATION AVEC LES ENTREPRISES



CHIFFRES CLÉS

39 INSTITUTS CARNOT
ENGAGÉS POUR L'INNOVATION
DES ENTREPRISES

20%

DES EFFECTIFS DE LA RECHERCHE PUBLIQUE
35 000 PROFESSIONNELS DE LA RECHERCHE EN ETP

55%

DE LA R&D FINANCÉE PAR LES ENTREPRISES À LA
RECHERCHE PUBLIQUE FRANÇAISE
11 000 CONTRATS DE RECHERCHE PAR AN

1 100

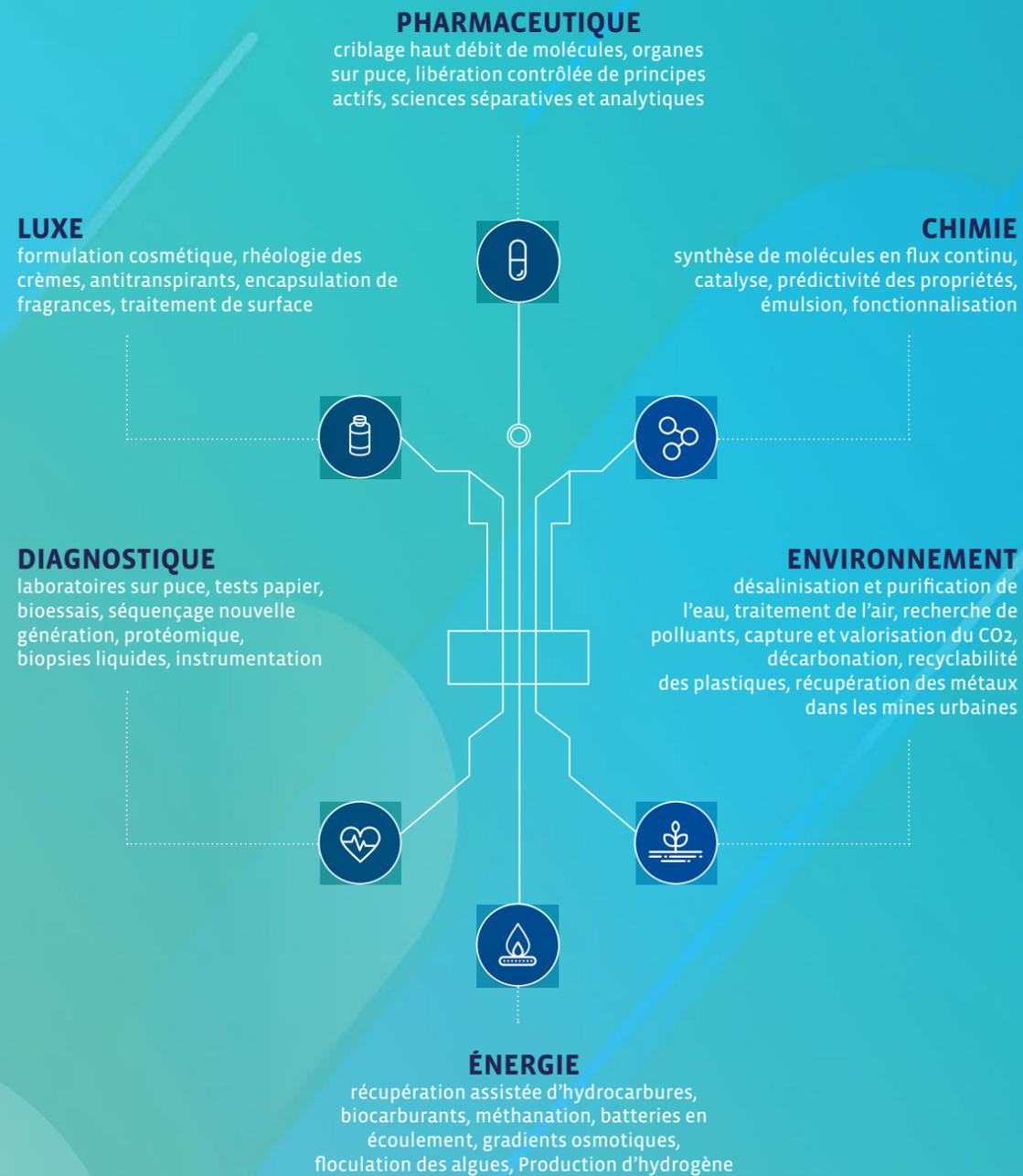
BREVETS
PRIORITAIRES DÉPOSÉS DANS L'ANNÉE,
AU 1^{ER} RANG DES DÉPOSANTS FRANÇAIS

110

SOCIÉTÉS ESSAIMÉES DANS L'ANNÉE

APPLICATIONS ET THEMES

EXEMPLES D'APPLICATIONS :



LES DIFFÉRENTES FORMES DE PARTENARIATS

NOUS PROPOSONS DIFFÉRENTS
TYPES DE **CONTRATS ADAPTÉS AUX
EXIGENCES DU PROJET :**

■ LE CONTRAT DE RECHERCHE BILATÉRAL

Contrat direct entre une équipe de recherche et une entreprise qui peut revêtir différentes formes en fonction du projet à développer : stage, thèse, CIFRE, postdoctorat, laboratoire commun, chaire industrielle sont autant d'exemples de modalités possibles.

■ LA COLLABORATION SUBVENTIONNÉE

Projet de recherche avec un financement public (ANR, BPI France, Région, Union Européenne)

■ LES PRESTATIONS DE SERVICES

Etude ponctuelle ciblée, conseil, prototypage, accès aux plateformes

■ LA FORMATION

Programme sur mesure pour acquérir de nouvelles connaissances

En misant sur des partenariats avec un laboratoire public, une entreprise peut réduire ses coûts de R&D, mettre en œuvre une stratégie de développement et être à la pointe de la prospective et des ruptures technologiques à venir. Nos collaborations de recherche sont éligibles au Crédit Impôt Recherche ainsi qu'au Crédit d'Impôt Collaboration de recherche (CICo) effectif au 1^{er} janvier 2022.

**IL EXISTE
DIFFÉRENTES
MANIÈRES DE
COOPÉRER AVEC
UNE ÉQUIPE
DE RECHERCHE.**

Il existe différentes manières de coopérer avec une équipe de recherche. Une collaboration peut porter sur l'accès à une technologie ou au savoir-faire d'une équipe, une étude de faisabilité, ou encore sur une collaboration de Recherche et Développement plus pérenne.

Les entreprises qui s'engagent dans un partenariat avec l'Institut Carnot IPGG Microfluidique trouvent une modalité de collaboration dimensionnée à leurs besoins.

CHIFFRES CLÉS 2023

DE L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE

24

ÉQUIPES DE RECHERCHE DANS 10 UMR

352

PERSONNELS DE RECHERCHE DONT
106 ENSEIGNANTS-CHERCHEURS •
192 DOCTORANTS & POST-DOCTORANTS •

305

PUBLICATIONS DE RANG A

7

NOUVELLES DEMANDES DE BREVETS DÉPOSÉS

5,2 M€

DE REVENUS DE CONTRATS DIRECTS

101

CONTRATS DE RECHERCHE DIRECTE AVEC LE
MONDE SOCIO-ÉCONOMIQUE

RÉPARTITION DU CHIFFRE D'AFFAIRES

• Grandes entreprises nationales



• ETI-PME nationales



• Entreprises étrangères



• Revenus de licences



NOUS SOMMES FIERS DE VOUS PRÉSENTER LES ÉLÉMENTS QUI ONT RYTHMÉ L'ANNÉE 2023 :

récompenses de chercheurs, essor de spinoff issues de nos technologies ou participation active sur des événements marquants sont l'illustration du dynamisme de nos équipes de recherche

FAITS MARQUANTS 2023

■ LES **PRIX** / RÉCOMPENSES

■ LES **SUCCÈS** DES STARTUP DE L'IPGG

■ LES **PARTICIPATIONS** AUX ÉVÈNEMENTS

1^{ER} JANVIER

Guillaume Iefèvre
Médaille de Bronze du CNRS
Prix de la division SCF

FÉVRIER

Valérie Pichon
Prix Chercheur de l'AfSep

5 JUIN

Charles Cavaniol
Prix iPhD (BPI)

14 JUIN

Energolauréat
promotion French
Tech 2030

5 JUILLET

Revobiom
Prix i-Lab

10 JUILLET

Université PSL
lauréat PUI

18 - 19 OCTOBRE

RDV Carnot
à Lyon

20 NOVEMBRE

Consortium
Microfluidics
à Cambridge

21 DÉCEMBRE

Christian Serre
Membre de l'Académie
des sciences

... 2023

EXEMPLES DE FAITS MARQUANTS 2023...



LES PRIX & RÉCOMPENSES 2023

**1^{ER}
JANVIER**

GUILLAUME LEFÈVRE
PRIX DE LA DIVISION SCF

Lauréat de la Médaille de bronze Talents du CNRS 2023, et du prix de la Division de Catalyse de la SCF 2023. Cette distinction récompense notamment ses recherches en chimie organométallique et en catalyse homogène.

FÉVRIER

VALÉRIE PICHON
PRIX CHERCHEUR DE L'AFSEP

Lauréate du prix chercheur 2023 remis par le comité d'administration de l'AfSep (Association Francophone des Sciences Séparatives).

**5
JUN**

CHARLES CAVANIOL
PRIX IPHD (BPI)

Lancé par Bpifrance dans le cadre du Plan DeepTech, le prix iPhD vise à récompenser les jeunes chercheurs porteurs de projets entrepreneuriaux mobilisant des technologies de rupture. Ce projet porté par Charles Cavaniole (équipe de Jacques Fattaccioli) vise à rendre accessible les thérapies cellulaires aux patients en attente de traitements en réduisant les coûts de fabrication

**10
JUILLET**

UNIVERSITÉ PSL
LAURÉAT PUI

L'Université PSL est lauréate de l'appel Pôles Universitaires d'Innovation (PUI) et a obtenu dans ce cadre un financement de 11 M€ qui lui permettra de développer ses activités sur l'ensemble de la chaîne de l'innovation, et de renforcer et coordonner les structures de transfert, d'accompagnement et d'innovation.

**21
DÉCEMBRE**

CHRISTIAN SERRE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

L'Académie des sciences reconnaît ainsi Christian Serre comme l'un des pionniers des solides poreux hybrides organique-inorganiques dont il a multiplié les propriétés (magnétiques, optiques, électriques) à côté de propriétés remarquables d'absorption et de stockage, en particulier de médicaments, tout en s'attachant à leur synthèse éco-responsable.



LES SUCCÈS DES STARTUP DE L'IPGG 2023

**14
JUN**

ENERGO
LAURÉAT PROMOTION
FRENCH TECH 2030

ENERGO annonce une levée de fonds de 16,5 millions d'euros pour le déploiement industriel et commercial de ses réacteurs catalytiques à plasma froid ainsi que pour l'accompagnement de la R&D et de la commercialisation de la technologie

**5
JUILLET**

REVOBIOM
LAURÉAT DU PRIX I-LAB

Lauréat du prix national au concours i-Lab 2023, Revobiom propose une machine d'évolution microbienne capable de diriger l'évolution de consortiums microbiens grâce aux technologies de la millifluidique digitale.



LES PARTICIPATIONS AUX ÉVÉNEMENTS 2023

**18-19
OCTOBRE**

**LES RENDEZ-VOUS
CARNOT**

L'institut Carnot IPGG était présent aux Rendez-Vous Carnot, les 18 et 19 octobre 2023, au Centre des Congrès de Lyon. Cet événement est organisé chaque année pour stimuler la rencontre entre entreprises et les organismes de R&D labellisés Carnot. Plus d'une centaine d'entreprises françaises et internationales étaient présentes. Cet événement est aussi un lieu de rencontre important pour connecter les 39 instituts Carnot entre eux, et dont la cohésion entre les équipes (chargés d'affaires, directeurs...) est une force supplémentaire. En effet, la formation d'alliances Carnot est un point privilégié dans la stratégie du réseau Carnot dans son positionnement en tant que guichet ouvert avec les entreprises pour répondre à leurs besoins sur des thématiques spécifiques.

**20
NOVEMBRE**

**CONSORTIUM
MICROFLUIDIQUE
2023**

Le Consortium microfluidique réunit des acteurs de la microfluidique européens pour développer leurs connaissances dans le domaine, partager leur savoir-faire, discuter les récentes applications, s'informer de la dynamique du marché et collaborer afin d'apporter des solutions dans le but de faire évoluer ce domaine d'innovation



LE RESSOURCEMENT SCIENTIFIQUE

■ FINANCEMENT :
363 000 EUROS INVESTIS

DÉCOUVREZ **LES 10 PROJETS SOUTENUS EN 2023**

■ **Équipe CSB2D/i-CLeHS**

Porteur du projet **Jean-François Soulé**
Catalyseurs photorédox à base d'acridinium pour la dépolymérisation de la lignine en flux continu

■ **Équipe RPS/SIMM**

Porteur du projet **Alba Marcellan et Nadège Pantoustier**
Remodeling of biomimetic collagen hydrogel filaments by chemical and mechanical conditioning

■ **Équipe SEISAD/i-CLeHS**

Porteur du projet **Anne Varenne**
Development of a microdevice for characterizing nanoplastics and their interactions with environmental and biological media

■ **Équipe CMC/C3M**

Porteur du projet **Amandine Guérinot**
Exploring Original Techniques for the Introduction of Strained Motifs (EXOTISM)

■ **Équipe LSABM/CBI**

Porteur du projet **Valérie Pichon**
Synthèse, caractérisation et application de supports sélectifs miniaturisés pour l'analyse de traces de métaux par ICP-MS

L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE
FINANCE DES ACTIONS DE RESSOURCEMENT GRÂCE À SON ABONDEMENT EN VUE DE DÉVELOPPER DES COMPÉTENCES CLÉS DANS DES SEGMENTS STRATÉGIQUES D'AVENIR.

■ **Équipe 2PM/IRCP**

Porteur du projet **Cédric Guyon**
Fonctionnalisation de molécules chimiques par jet plasma à la pression atmosphérique

■ **Équipe NMBS**

Porteur du projet **Carole Aimé**
Valorization of vascularized devices : broadening process and application

■ **Équipe NMBS**

Porteur du projet **Yong Chen**
Génération et caractérisation de sphéroïdes tumoraux sur puce

■ **Équipe NMBS**

Porteur du projet **Andrew Griffiths**
B-ternal, Developing the first platform to perform high-throughput immortalization of a mAb repertoire into CHO cells

■ **Équipe MIE/CBI**

Porteur du projet **Annie Colin**
Energy boosting process used for energy storage as well as for blue energy and saline gradient recovery as well as for CO2 valorization

INTERVIEW

PROJET PORTÉ PAR :

JEAN-FRANÇOIS SOULÉ

Professeur de chimie organique et catalyse à Chimie ParisTech-PSL, laboratoire CSB2D-Chimie Paris Tech-PSL Tech-PSL



CATALYSEURS PHOTORÉDOX À BASE D'ACRIDINIUM POUR LA DÉPOLYMÉRISATION DE LA LIGNINE EN FLUX CONTINU

EN QUOI CONSISTE VOTRE PROJET ?

Notre projet vise à valoriser la lignine, le seul polymère naturel contenant des unités aromatiques, produit par la nature via polymérisation radicalaire, ce qui lui confère une structure très complexe. Inspirés par ce processus, nous avons développé une méthode innovante de dépolymérisation radicalaire par catalyse photorédox. Cette approche repose sur la conception de nouveaux photocatalyseurs organiques, permettant la production de diols, une disconnexion jusqu'à présent inatteignable dans le domaine de la dépolymérisation de la lignine.

QUELLE EST SA PORTÉE ET SES APPLICATIONS ?

La lignine, étant un sous-produit abondant de l'industrie papetière et de la biomasse, représente une source précieuse de composés chimiques. Dans une approche de déconstruction pour reconstruction, nous visons à transformer ce polymère à faible intérêt en polymères de commodité tels que les polyuréthanes, réduisant ainsi les déchets et apportant une nouvelle dimension à l'économie circulaire. Notre projet ouvre de nouvelles perspectives dans le domaine des matériaux durables biosourcés.

QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES ?

Les prochaines étapes incluent le passage de la chimie en ballon à la chimie en flux continu pour augmenter la production. Nous chercherons également à coupler la préparation du catalyseur avec la dépolymérisation sans avoir à l'isoler, ce qui permettra de réduire les coûts du procédé. Ces améliorations visent à rendre le processus plus efficace et économiquement viable, tout en augmentant la capacité de production de manière significative.

INTERVIEW

PROJET PORTÉ PAR :

CAROLE AIMÉ

HdR dans la recherche physique à Sorbonne Université,
Chargée de recherche CNRS, HDR



INTERVIEW

PROJET PORTÉ PAR :

ANNE VARENNE

Professeure à Chimie Paris Tech-PSL,
Institute of Chemistry for Life and Health Sciences (i-CLeHS),
responsable de l'équipe SEISAD



VALORISATION DES DISPOSITIFS VASCULARISÉS : ÉLARGISSEMENT DU PROCESSUS ET DES APPLICATIONS

EN QUOI CONSISTE VOTRE PROJET ?

L'angiogenèse est un processus fondamental dans le développement et la progression du cancer et des pathologies cardiovasculaires ischémiques. Les tests d'angiogenèse les plus courants sont bidimensionnels, ne tiennent pas compte de la variabilité des microenvironnements rencontrés et ne permettent pas l'analyse de la perfusion microvasculaire. À l'aide de supports microfabriqués et microstructurés, ce projet vise à développer une interface permettant l'imagerie 3D haute résolution et l'analyse quantitative 3D de l'angiogenèse dans des conditions microenvironnementales contrôlées.

QUELLE EST SA PORTÉE ET SES APPLICATIONS ?

La génération d'un réseau microvasculaire à partir d'une structure microfabriquée à motifs est un modèle unique dans un domaine de recherche très actif. La caractérisation des premières étapes de l'angiogenèse, de l'anastomose (fusion des structures vasculaires) et de la perfusion microvasculaire avec cet outil permettra d'accéder à de nombreux tests utiles à la fois pour la recherche fondamentale sur la microvascularisation et les applications biomédicales visant à caractériser l'impact des agents pharmacologiques ainsi que des cellules ou sérums de patients.

QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES ?

Parallèlement à la perfusion de ces systèmes que nous développons actuellement en laboratoire, nous souhaitons valoriser par le dépôt d'un brevet ce dispositif et ses applications dans le domaine vasculaire et au-delà, en ciblant d'autres types de cellules invasives, notamment les cellules cancéreuses dans le cadre de la croissance tumorale, ainsi que la propagation des métastases. Ce projet Carnot offre donc une grande opportunité de renforcer et d'étendre notre innovation. Cela nécessite i/ l'élargissement du processus ; ii/ l'extension des applications ; et iii/ la comparaison des performances de notre dispositif à des systèmes commerciaux.

DÉVELOPPEMENT D'UN LABORATOIRE SUR PUCE POUR LA CARACTÉRISATION DES NANOPLASTIQUES ET DE LEURS INTERACTIONS AVEC LES MILIEUX ENVIRONNEMENTAUX ET BIOLOGIQUES

EN QUOI CONSISTE VOTRE PROJET ?

Notre société génère d'énormes quantités de plastiques, insuffisamment recyclés, représentant une bombe à retardement pour la santé. Outre leur impact visible sur l'environnement (comme le septième continent), les plastiques se dégradent en micro- et nano-plastiques (NPT). Ces derniers, encore peu étudiés, font l'objet de nombreux débats en raison de leur ubiquité, biodisponibilité et éventuelle toxicité élevée pour le biote et l'être humain, principalement en raison de leur capacité à traverser les membranes biologiques. Il est donc crucial de caractériser ces NPT, en tenant compte de leur faible concentration et de leur petite taille, ainsi que d'étudier leurs interactions avec les

milieux environnementaux et biologiques, afin de mieux comprendre leur dispersion dans l'environnement, leur rôle en tant que vecteurs de polluants environnementaux ainsi que leur impact sur la santé. À cette fin, un laboratoire sur puce basé sur des méthodologies électrocinétiques est développé pour la caractérisation fine des NPT et la compréhension de leurs interactions avec leur environnement.

QUELLE EST SA PORTÉE ET SES APPLICATIONS ?

Selon de nombreux scientifiques, le recyclage des plastiques est une illusion en raison de l'énorme quantité générée par l'humain. En plus d'une nécessaire réduction drastique de l'utilisation de plastiques, il est urgent de mieux comprendre les impacts

des NPT sur l'environnement et la santé. Cette compréhension approfondie des NPT permettra d'anticiper le devenir des NPT dans l'environnement, mais aussi de développer des méthodes de contrôle de la pollution et de décontamination.

QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES ?

La caractérisation de leur comportement dans l'environnement ou dans les milieux biologiques aidera également à modéliser leur distribution et leur devenir dans l'environnement ainsi que leur impact sur les êtres humains, et à mieux estimer leur potentiel en tant que nano-plateformes de stockage pour d'autres polluants environnementaux, conduisant à un processus de dépollution simultané.

INTERVIEW

PROJET PORTÉ PAR :

YONG CHEN

Directeur de recherche ENS



INTERVIEW

PROJET PORTÉ PAR :

CÉDRIC GUYON

Maitre de conférences Chimie Paristech



GÉNÉRATION ET CARACTÉRISATION DE SPHÉROIDES TUMORAUX SUR PUCE

EN QUOI CONSISTE VOTRE PROJET ?

Il s'agit du développement d'une nouvelle méthode de culture et de caractérisation des sphéroïdes tumoraux sur puce en utilisant une membrane à micro-puits hydrogel, une puce microfluidique, un système automatique de culture et de mesure de spectroscopie d'impédance trans-sphéroïdales.

QUELLE EST SA PORTÉE ET SES APPLICATIONS ?

Cette méthode peut être appliquée à la recherche de nouveaux médicaments et la détermination de sensibilité de médicament avec des échantillons cliniques. À la base de cette méthode, nous avons conçu un système de culture automatisé et portable à la portée de différents essais aux laboratoires d'analyse cellulaire.

QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES ?

Cette méthode sera appliquée aux cocultures de sphéroïdes tumoraux et d'autres types de cellules telles que les fibroblastes, les cellules capillaires et les cellules immunitaires. Par ailleurs, cette méthode sera aussi testée avec des cellules primaires et, si possible, avec des échantillons de biopsie.

FONCTIONNALISATION DE MOLÉCULES CHIMIQUES PAR JET PLASMA À LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

EN QUOI CONSISTE VOTRE PROJET ?

L'idée de ce projet consiste à développer un système capable de traiter des microgouttelettes par injection dans un jet plasma généré à la pression atmosphérique. L'objectif d'un tel procédé est de pouvoir traiter des quantités relativement importantes de liquide, contrairement à un système fonctionnant dans des micro-canaux. En réagissant avec une surface ou un liquide, la décharge plasma modifie directement les groupements chimiques accessibles par les radicaux. Ces modifications sont principalement déterminées par la nature du gaz utilisé pour la décharge. Le gaz est sélectionné pour apporter une chimie spécifique qui se greffe sur les molécules étudiées. Pour cette étude, nous envisageons d'utiliser des gaz plasma tels que l'O₂, N₂, un mélange N₂/H₂, l'Ar. Une attention particulière sera portée sur la nature des espèces générées dans la phase plasma et leur interaction avec les gouttelettes. Il faudra alors évaluer la capacité du procédé à fonctionnaliser différentes classes de composés chimiques mais également caractériser les mécanismes réactionnels mis en jeu.

QUELLE EST SA PORTÉE ET SES APPLICATIONS ?

Ce projet vise à développer un prototype de procédé plasma pour le traitement de liquides à grande échelle en utilisant la technologie de configuration «jet» d'AcXys Technologies. Cette étude permettra de comprendre les interactions plasma-liquide avec les espèces générées par les jets plasma à la pression atmosphérique. Actuellement, l'équipe est capable de réaliser des revêtements ou des fonctionnalisations sur des substrats plans, ainsi que sur des substrats granulaires, grâce au procédé mis au point en collaboration avec AcXys Technologies. La possibilité de traiter des liquides ouvre donc de nouvelles perspectives et nous permettrait de répondre à de nouveaux appels à projets. En cas de succès, le réacteur plasma pourra être adapté à une échelle industrielle en partenariat avec AcXys Technologies. L'équipe 2PM a déjà établi un partenariat avec cette PME pour d'autres applications industrielles, avec pour objectif à terme de créer un LabCom entre les deux entités. Ce type de procédé est respectueux de

l'environnement, sûr, économique et permet de s'affranchir de catalyseurs. Cette technologie est prometteuse et en cas de succès, elle peut intéresser l'ensemble du secteur de la synthèse chimique et du traitement des effluents liquides.

QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES ?

Le projet débutera par le recrutement prochain d'un ou d'une stagiaire qui aura la charge de travailler sur les principales tâches du projet. Dans un premier temps, nous nous concentrerons sur l'identification des paramètres du procédé et la caractérisation du plasma. Cette caractérisation permettra de mieux comprendre les mécanismes réactionnels et d'optimiser les performances du procédé. Dans un second temps, nous étudierons l'interaction entre le plasma et l'espèce liquide. Enfin, nous aborderons le rôle de l'évolution de la nature de l'espèce liquide à traiter et du gaz plasmagène afin de diversifier les fonctionnalisations et les mécanismes réactionnels.

LES PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES

UN SOUTIEN MAJEUR À LA RECHERCHE.

De nombreux projets de recherche nécessitent des moyens techniques pour lesquels des compétences extérieures aux laboratoires sont nécessaires impliquant, entre autres, la fabrication de prototypes (notamment de systèmes microfluidiques, ou de réacteurs), la caractérisation chimique, physico-chimique ou mécanique d'échantillons, ou lors de la montée en échelle de certains procédés chimiques. Forts de leurs expertises, les plateformes travaillent main dans la main avec nos chercheurs et entreprises au succès de chaque projet.

■ LA PLATEFORME DE MICROFABRICATION

La Plateforme Technologique de l'IPGG, Unité d'Appui et de Recherche CNRS UAR 3750 (<https://www.plateformeipgg.fr>) offre un accompagnement essentiel aux académiques, aux start-ups et aux industriels dans le domaine dynamique de la microfluidique. Elle propose un accès à de nombreux équipements de pointes (Salle blanche, grise, L2, microscopie, fablab...) permettant la conception, la réalisation, la caractérisation et l'utilisation de systèmes microfluidiques réalisés dans des matériaux variés comme le verre, les thermoplastiques et d'autres polymères et élastomères avec une très grande résolution (1 à plusieurs centaines de microns). Grâce à ses installations et à son équipe d'ingénieurs experts pluridisciplinaires, la plateforme de l'IPGG permet de nouvelles grandes avancées technologiques et scientifiques en microfluidique (autonomie, prestation, collaboration). Elle offre également des formations (à façon) aux académiques et aux industriels. Pour en savoir davantage, n'hésitez pas à contacter la plateforme (plateforme-ipgg@psl.eu).



Responsable plateforme :
BERTRAND CINQUIN
Bertrand.cinquin@espci.fr



Responsable valorisation :
IZADORA FUJINAMI TANIMOTO
Izadora.fujinami-tanimoto@espci.fr

■ LA PLATEFORME MÉCANIQUE

La plateforme mécanique, commune à deux établissements (ESPCI Paris PSL et de Chimie-ParisTECH PSL), a pour mission d'aider les chercheurs à concevoir et à réaliser des dispositifs expérimentaux originaux. La plateforme dispose notamment, d'un centre d'usinage 5 axes, d'un tour numérique multi-axes, d'une découpeuse laser CO₂, de plusieurs imprimantes 3D et d'une micro-fraiseuse. La plateforme travaille en collaboration avec les équipes IPGG et un espace libre-service est mis à disposition des chercheurs qui le souhaitent (sur demande).



Responsable plateforme :
LUDOVIC OLANIER
Ludovic.Olanier@espci.fr

■ LA PLATEFORME DE CHIMIE EN FLUX CONTINU • PARIS FLOW TECH

La plateforme Paris Flow Tech accompagne les entreprises dans le développement de leurs procédés en flux continu. Elle dispose d'un parc d'équipements de chimie en flux continu pour les entreprises souhaitant notamment transposer leurs réactions de réacteurs batch classiques à des réacteurs en flux continu. Dans le contexte actuel lié à la transition industrielle, la chimie en flux continu présente de nombreux avantages pour un certain nombre de réactions en permettant des réactions plus sûres et plus économes en énergies et en ressources. Certifiée Corning Advanced-Flow Reactor Lab depuis 2023, la plateforme dispose d'une gamme variée de réacteurs de la marque Corning ainsi que pour la chimie sous pressions (H-cube, Thalesnano, Khimod) et utilisant des énergies d'activation alternatives en photochimie, électrochimie et chimie du plasma. En plus de disposer d'un parc analytique complet pour l'étude des réactions, la plateforme conçoit aussi des réacteurs à façon pour le développement de réactions nécessitant des paramètres spécifiques ou des géométries sur-mesure.



Responsable plateforme :
STÉPHANIE OGNIER
Stephanie.ognier@espci.fr

Ingénieur d'application :
FEDOR ZHURKIN

Expert analyses :
TONY LOURTEAU

Expert automatisation :
BRUNO PELAT

■ LA PLATEFORME DE CARACTÉRISATION MÉCANIQUE

La plateforme de caractérisation mécanique est ouverte pour toute caractérisation de matériaux liquides et solides. La plateforme est équipée de rhéomètres, d'analyses mécaniques dynamiques et de machines de traction. Elle est accessible à l'ensemble de la communauté scientifique académique et industrielle dans le cadre de projets collaboratifs ou pour des expertises ponctuelles. Vous pouvez contacter les responsables de la plateforme pour tout renseignement sur les tarifs et possibilités de formation.



Responsable caractérisation mécanique :
BRUNO BRESSON
Bruno.bresson@espci.fr



Responsable caractérisation rhéologie :
LOREN JORGENSEN
Loren.jorgensen@espci.fr

■ LA PLATEFORME DE SPECTROMÉTRIE DE MASSE

La plateforme Proteomics@PSL est un leader national en analyse de protéines depuis 2001. Elle offre des services complets : préparation d'échantillons, analyse par spectrométrie de masse de pointe à très haute résolution (Orbitrap, Tribrid, Astral...) et outils bioinformatiques. Ouverte à tous les chercheurs, elle développe sans cesse de nouvelles méthodes pour répondre aux défis de la recherche. La plateforme propose également des formations régulières. En somme, Proteomics@PSL est un acteur incontournable de la recherche en protéomique, offrant expertise et technologies de pointe.



Responsable plateforme :
JOËLLE VINH
www.smbp.espci.fr

LES ÉQUIPES

DE L'INSTITUT CARNOT IPGG

MICROFLUIDIQUE ET LEURS THÉMATIQUES



BIOCHIMIE

DIRECTION :

Andrew Griffiths

- microfluidique en gouttes
- nouveaux tests biologiques
- criblage d'activités biochimiques



CATALYSE, SYNTHÈSE DES BIOMOLÉCULES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

DIRECTION :

Virginie Vidal

- développement de méthodes innovantes et durables en catalyse et chimie de synthèse
- synthèse de biomolécules
- chimie en flux continu



CHIMIE ET DESIGN MACROMOLÉCULAIRE

DIRECTION :

Renaud Nicolaÿ

- synthèse de polymères
- chimie covalente dynamique
- processabilité/recyclabilité/propriétés autoréparantes/vitrimères



CHIMIE ET PHYSICOCHIMIE DE FORMULATION

DIRECTION :

François Tournilhac

- polymères, élastomères, époxy, copolymères bloc, vitrimères
- chimie supramoléculaire
- design de nouveaux matériaux
- propriétés autoréparatrices, fonctions stimulables



CHIMIE INORGANIQUE EN BIOLOGIE

DIRECTION :

Gilles Gasser

- chimie inorganique médicinale
- chimie organométallique médicinale
- préparation, caractérisation et utilisation de complexes métalliques à des fins biologiques ou médicinales
- applications à la thérapie photodynamique, à la radioimagerie, aux anticancéreux, aux antiparasites, à l'encapsulation d'API



CHIMIE MOLÉCULAIRE ET CATALYSE

DIRECTION :

Amandine Guérinot

- hétérocycles (diversité moléculaire, composés bioactifs)
- Réactions catalysées par des métaux (formation de liaison C-C, chimie durable)
- chimie en flux continu, photochimie (réactions multi-composants, catalyse hétérogène)
- chimie dynamique (vitrimères & hydrogels injectables)



CHIMIE THÉORIQUE ET COMPUTATIONNELLE

DIRECTION :

Ilaria Ciofini

- développement d'outils théoriques pour la description de phénomènes chimiques complexes
- développement de méthodes électroniques pour la conception de molécules fonctionnelles et de matériaux
- réactions catalytiques homogènes et hétérogènes
- prédictivité des propriétés, applications à la réactivité des molécules, aux propriétés d'absorption et d'émission, aux propriétés semiconductrices, à l'activité catalytique



COLLOÏDES, ASSEMBLAGES ET INTERFACES DYNAMIQUES

DIRECTION :

Nicolas Sanson

- design de matériaux fonctionnels (polymères stimulables, microgels, capsules, poreux mous...)
- comportement dans le volume et aux interfaces (mousses, émulsions et encapsulation - stimulabilité)
- plateforme rhéologie



COLLOÏDES ET MATÉRIAUX DIVISÉS

DIRECTION :

Jérôme Bibette

- physique et chimie des colloïdes et de leurs interfaces
- nouvelles applications et nouveaux matériaux pour la biologie par couplage microfluidique / science des émulsions / sciences colloïdales
- émulsions & encapsulation



LABORATOIRE BIOPHYSIQUE ET EVOLUTION

DIRECTION :

Philippe Nghe

- Evolution dirigée, évolution expérimentale, des molécules (ARN) aux microbes
- Dispositifs microfluidiques de criblage phénotypique
- Etude et ingénierie de communauté bactériennes



MATÉRIAUX INNOVANTS POUR L'ÉNERGIE

DIRECTION :

Annie Colin

- étude du comportement des fluides complexes sous écoulement, sous confinement, aux instabilités se produisant lors de la filmification ou de l'extrusion
- mise au point de nouveaux matériaux pour l'énergie
- récupération de l'énergie stockée dans les vibrations, les gradients thermiques en vue d'alimenter des dispositifs électroniques de faible puissance



DYNAMIQUE MOLÉCULAIRES AUX INTERFACES LIQUIDE/ SOLIDE

DIRECTION :

Émilie Verneuil

- milieux dispersés : couplage entre écoulements et transport aux interfaces
- transport dans les films d'hydrogel : frottement, mouillage et gonflement
- interactions liquides/substrat dans des films ultraminces



MICROMÉGAS

DIRECTION :

Lydéric Bocquet

- interface entre matière molle, matière condensée, hydrodynamique et nanoscience
- mécanismes de transport aux interfaces de l'échelle macroscopique à l'échelle moléculaire
- nouvelles solutions énergétiques et désalinisation



NANOBIOSCIENCES ET MICROSYSTÈMES

DIRECTION :

Damien Baigl

- création de systèmes artificiels et vivants variés (organes sur puce)
- nanotechnologie basée sur l'ADN, reprogrammation cellulaire
- ingénierie des interfaces liquides



NANOFLUIDIQUE & INTERFACES DYNAMIQUES

DIRECTION :

Joshua McGraw

- phénomènes de glisse aux interfaces
- mouvement brownien
- frictions aux interfaces
- propriétés de mouillage
- tension interfaciale
- nucléation



PHYSIQUE MUTLI-ÉCHELLES DU VIVANT

DIRECTION :

Jean-François Allemand

- micromanipulation de cellule et molécule uniques
- interactions ADN/protéines
- rôle de la variabilité phénotypique dans des populations bactériennes



PROCÉDÉS, PLASMAS ET MICROSYSTÈMES

DIRECTION :

Michael Tatoulian

- interactions plasma / matériaux
- chimie en flux continu
- procédé plasma en systèmes microfluidiques
- valorisation du CO₂



RÉSEAUX POLYMÈRES SOUPLES

DIRECTION :

Yvette Tran

- physicochimie et polymères
- science des matériaux, développement de nouveaux matériaux
- microrhéologie



SCIENCES ANALYTIQUES, BIOANALYTIQUES ET MINIATURISATION

DIRECTION :

Valérie Pichon

- nouvelles stratégies analytiques et bioanalytiques
- développement de supports à reconnaissances moléculaires (empreintes ioniques et moléculaires, aptamères, anticorps) pour l'analyse de traces
- méthodes multidimensionnelles couplées à la spectrométrie de masse
- miniaturisation des systèmes analytiques



SPECTROSCOPIE DE MASSE BIOLOGIQUE ET PROTÉOMIQUE

DIRECTION :

Joelle Vinh

- spectrométrie de masse
- chimie des protéines et des peptides, protéomique
- miniaturisation de l'étude des macromolécules



SUSPENSIONS COMPLEXES

DIRECTION :

Anke Lindner

- rhéologie des suspensions granulaires ou actives
- adhésion de matériaux viscoélastiques souples
- interactions fluides-structures



SYNTHÈSE, ÉLECTROCHIMIE, IMAGERIE ET SYSTÈMES ANALYTIQUES POUR LE DIAGNOSTIC

DIRECTION :

Anne Varenne

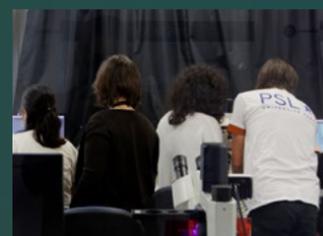
- systèmes miniaturisés et automatisés pour la synthèse organique
- conception et synthèse de sonde d'imagerie multimodales ciblées
- analyse et contrôle de la qualité de l'environnement

FORMATIONS

LES FORMATIONS SONT AU CŒUR DE NOTRE STRUCTURE.

Elles reflètent l'engagement de nos enseignants chercheurs dans leur volonté d'éduquer et de diffuser le savoir.

Elles se traduisent par une participation dans les formations initiales inscrites au programme de nos universités et aussi le développement d'une offre de formations continues.



FORMATION INITIALE

Nos enseignants chercheurs sont impliqués dans de nombreux cours au sein des établissements et des universités qui composent notre institut. Particulièrement emblématique de l'IPGG, le master 2 « parcours microfluidique » intègre la multidisciplinarité qui caractérise notre institut pour donner aux étudiants les compétences théoriques en physique – chimie – biologie, et les compétences pratiques en microfabrication, nécessaires pour aborder la diversité des sujets dans le domaine. Grâce à la possibilité de suivre le programme en alternance, les entreprises trouvent là une excellente opportunité de recruter des personnes formées sur des thématiques à la frontière de nombreux domaines applicatifs.

FORMATION CONTINUE

La formation continue s'adresse aux entreprises qui désirent renforcer les compétences de leurs équipes. Elles accèdent ainsi au savoir-faire de nos chercheurs sur des sujets spécifiques dans de petits groupes qui favorisent les échanges. Ainsi plusieurs de nos formations sont récurrentes et disponibles sur le catalogue de CNRS Formation Entreprise, tandis que nous offrons aussi des formations spécifiques sur demande.



• TECHNOLOGIES MICROFLUIDIQUES : principes et applications



• BIOLOGIE DANS LES SYSTÈMES MICROFLUIDIQUES



• CARACTÉRISATION DES PROTÉINES PAR SPECTROMÉTRIE DE MASSE DANS LE CONTEXTE DE LA PROTÉOMIQUE

NOTRE ÉCOSYSTÈME



IPGG MICRO FLUIDI QUE



INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE

6 rue Jean Calvin - 75005 Paris

Tél : +33 (0)1 40 79 43 46

Email : carnot.ipgg@psl.eu

www.institut-pgg.fr/carnot