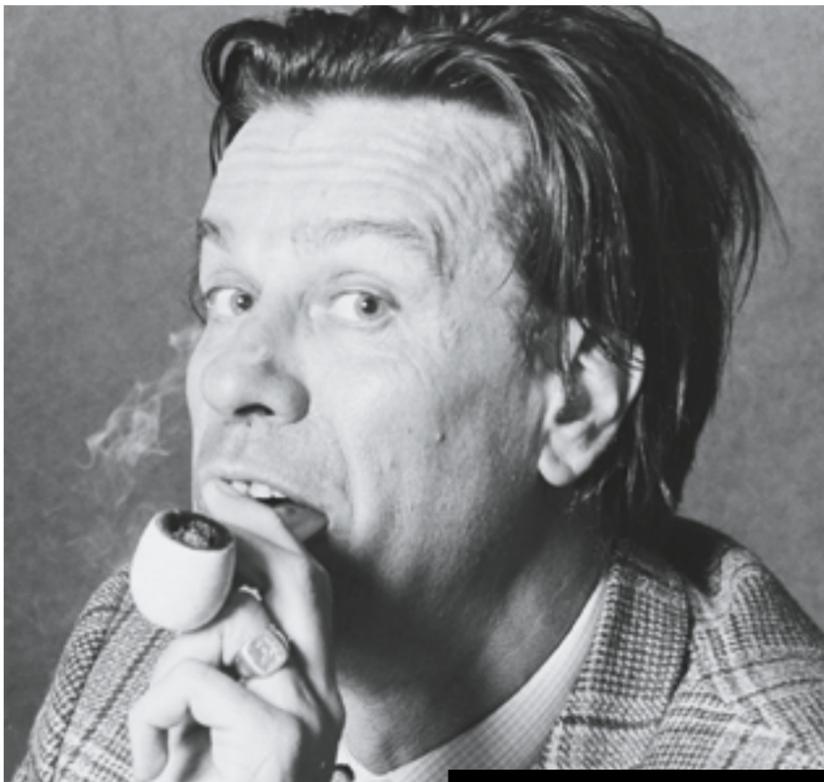


RAPPORT  
D'ACTIVITÉ  
**2019**

IPGG  
MICRO  
FLUIDI  
QUE



# SOMMAIRE

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

*Pierre-Gilles de Gennes*

**4**

- LES INSTITUTS CARNOT,  
UN LABEL  
D'EXCELLENCE

**6**

- L'INSTITUT PIERRE  
GILLES DE GENNES  
IPGG

**7**

- EDITO  
MOT DU DIRECTEUR

**8**

- L'INSTITUT CARNOT  
IPGG MICROFLUIDIQUE

**9**

- LES DIFFÉRENTES FORMES  
DE PARTENARIATS

**10**

- CHIFFRES CLÉS 2019

**12**

- FAITS MARQUANTS 2019

**17**

- THÉMATIQUES DES  
ÉQUIPES DE L'INSTITUT  
CARNOT IPGG  
MICROFLUIDIQUE

**20**

- LES PLATEFORMES  
TECHNOLOGIQUES DE  
L'INSTITUT CARNOT  
IPGG MICROFLUIDIQUE

**23**

- DES CHERCHEURS  
PARLENT DE LEUR  
PROJET

**26**

- LE RESSOURCEMENT  
SCIENTIFIQUE



# LES INSTITUTS CARNOT, UN LABEL D'EXCELLENCE

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.

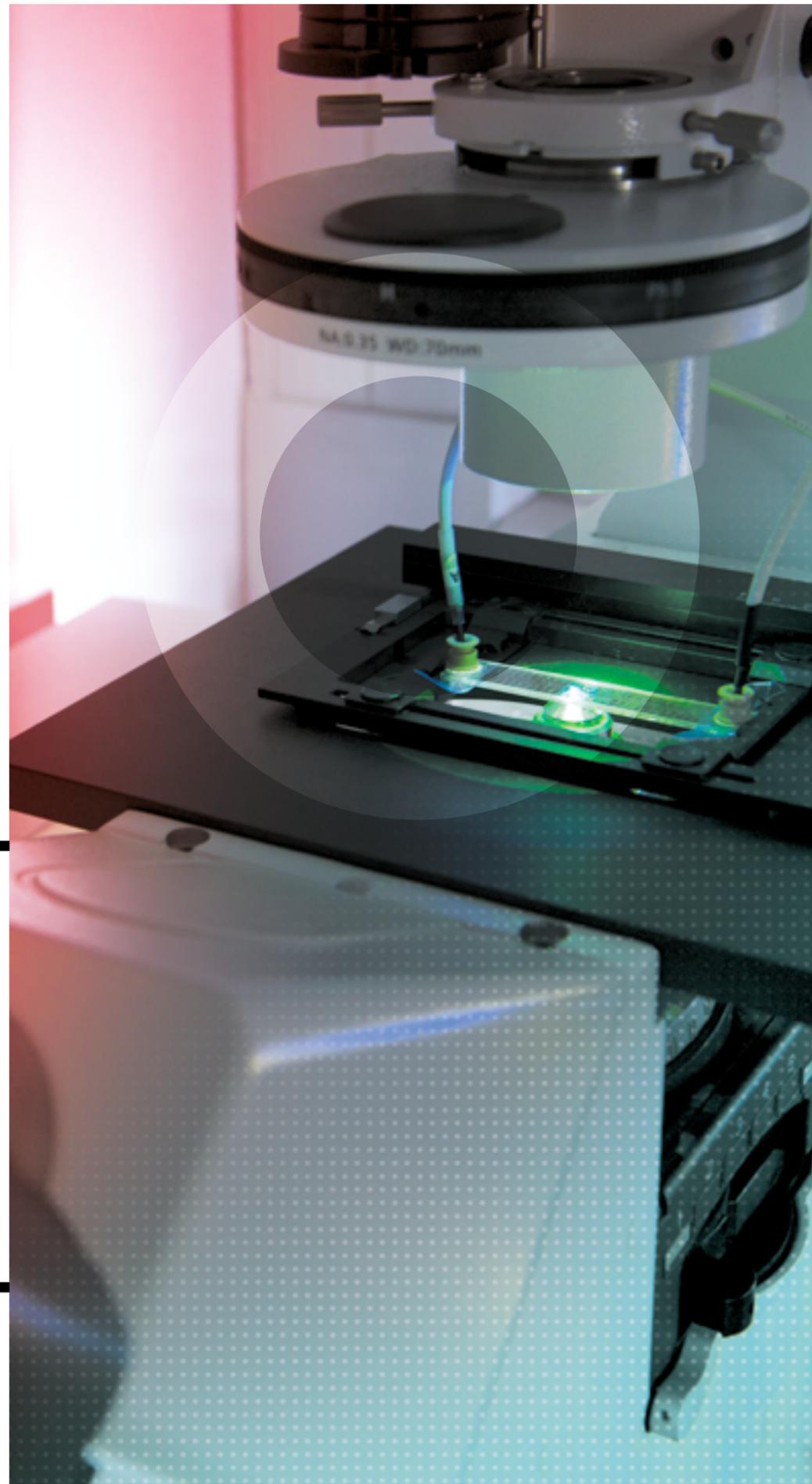
L'Institut Carnot IPGG Microfluidique réunit autour d'une thématique transdisciplinaire, l'étude des fluides aux petites échelles, des expertises complémentaires (physiciens, biologistes, chimistes, technologues) pour développer l'avancée scientifique dans ce domaine. Cette mise en commun de talents et d'expertises permet d'offrir une large palette de compétences.

Les Tremplins Carnot étaient des structures de recherche sélectionnées pour leur fort potentiel partenarial. Ils ont reçu un soutien financier spécifique du Programme d'Investissements d'Avenir sur 3 ans (2016-2019) pour se développer et remplir les objectifs et les critères des Instituts Carnot. L'IPGG Microfluidique a été labellisé Tremplin Carnot en juillet 2016 puis Institut Carnot en février 2020.

## LES INSTITUTS CARNOT SONT RECONNUS À LA FOIS POUR :

LEUR EXCELLENCE  
SCIENTIFIQUE

LE PROFESSIONNALISME  
DE LEUR RELATION AVEC  
LES ENTREPRISES



## LE LABEL EN QUELQUES CHIFFRES

**39** INSTITUTS CARNOT  
ENGAGÉS POUR  
L'INNOVATION  
DES ENTREPRISES



**20%**

**DES EFFECTIFS DE LA RECHERCHE PUBLIQUE**  
35 000 PROFESSIONNELS DE LA RECHERCHE EN ETP  
DONT 9 500 DOCTORANTS



**55%**

**DE LA R&D FINANCÉE PAR LES ENTREPRISES À LA  
RECHERCHE PUBLIQUE FRANÇAISE**  
10 200 CONTRATS DE RECHERCHE PAR AN DONT 4 900  
AVEC DES PME-ETI



**1 150**

**BREVETS**  
PRIORITAIRES DÉPOSÉS DANS L'ANNÉE,  
AU 2<sup>ND</sup> RANG DES DÉPOSANTS FRANÇAIS



**85**

**SOCIÉTÉS ESSAIMÉES** DANS L'ANNÉE

L'INSTITUT PIERRE-GILLES DE GENNES EST UN **CENTRE DE RECHERCHE DÉDIÉ À LA MICROFLUIDIQUE** (SCIENCE DE LA MANIPULATION DES FLUIDES À L'ÉCHELLE DU MICROMÈTRE) ET SES NOMBREUSES APPLICATIONS.

En associant recherche fondamentale de haut niveau et recherche appliquée, l'IPGG fait émerger des concepts novateurs, moteurs du progrès et de l'innovation.

L'IPGG réunit autour d'une thématique transdisciplinaire, des expertises complémentaires (physiciens, biologistes, chimistes, ingénieurs) pour développer la recherche fondamentale et faire éclore des applications industrielles. Double lauréat des Investissements d'Avenir (Equipex et Labex), l'IPGG est devenu un des leaders mondiaux dans le domaine de la microfluidique, comptant de nombreux partenariats prestigieux, tant dans le monde universitaire qu'entrepreneurial.

L'institut réunit 18 équipes de recherche rattachées à Chimie ParisTech, à l'ENS, à l'ESPCI Paris et à l'Institut Curie, 4 établissements

membres de l'Université PSL. Depuis 2011, l'IPGG a permis la création de 19 start-up fondées sur ses découvertes. L'IPGG est situé au 6 rue Jean Calvin dans le 5ème arrondissement de Paris. Cet immeuble accueille : 9 des 18 équipes de l'IPGG, l'incubateur PC'up de l'ESPCI Paris et la Plateforme Technologique de l'IPGG, avec pas moins de 3000 m<sup>2</sup> d'espace dédiés à la recherche. La devise à l'entrée du bâtiment porte la mention "Changeons les mentalités", comme un hommage à l'esprit pionnier et aventurier des membres de l'institut qui souhaitent s'affranchir de la dichotomie entre science fondamentale et appliquée.

● [www.institut-pgg.fr](http://www.institut-pgg.fr)

## EDITO

### MOT DU DIRECTEUR



2019 correspondait à une année charnière pour le Tremplin Carnot IPGG Microfluidique. Avec l'ouverture d'un nouvel appel à labellisation Institut Carnot par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, il s'agissait de présenter les progrès établis par notre jeune structure lors des trois dernières années.

Fort d'une croissance de notre chiffre d'affaire de 50 % sur la période, nous avons pu soumettre un dossier solide. A la suite d'une revue complète de notre stratégie et de notre positionnement, nous avons pris la décision de renforcer nos compétences en nous enrichissant de nouvelles équipes autour de la chimie et de la matière molle. Ces équipes permettront de développer le projet de filière industrielle de chimie en flux continu Paris Flow Tech, labélisé Sesame PIA

par la région Ile-de-France, une thématique particulièrement connexe à la microfluidique. Les nouvelles équipes apporteront également des expertises sur les écoulements des fluides complexes, la rhéologie et les polymères, des savoir-faire complémentaires de la fluidique aux petites échelles. Le nouvel Institut Carnot IPGG Microfluidique pourra ainsi répondre à des défis industriels plus complexes autour de ses axes principaux : les filières de la santé, de la chimie, de l'énergie, de l'environnement et du luxe.

**C'est avec une certaine fierté que je vous annonce que ces efforts ont porté leurs fruits et que nous sommes devenus Institut Carnot en 2020 et ce pour les 4 prochaines années.**

Dans ce rapport, vous pourrez découvrir les progrès du Tremplin Carnot IPGG Microfluidique, le nouveau contour de l'Institut et les dernières actions marquantes de l'année 2019 qui ont permis ce succès.

« **LE NOUVEL INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE** POURRA AINSI RÉPONDRE À DES DÉFIS INDUSTRIELS PLUS COMPLEXES »

**MICHAEL TATOULIAN**

*Directeur  
de l'Institut Carnot  
IPGG Microfluidique*

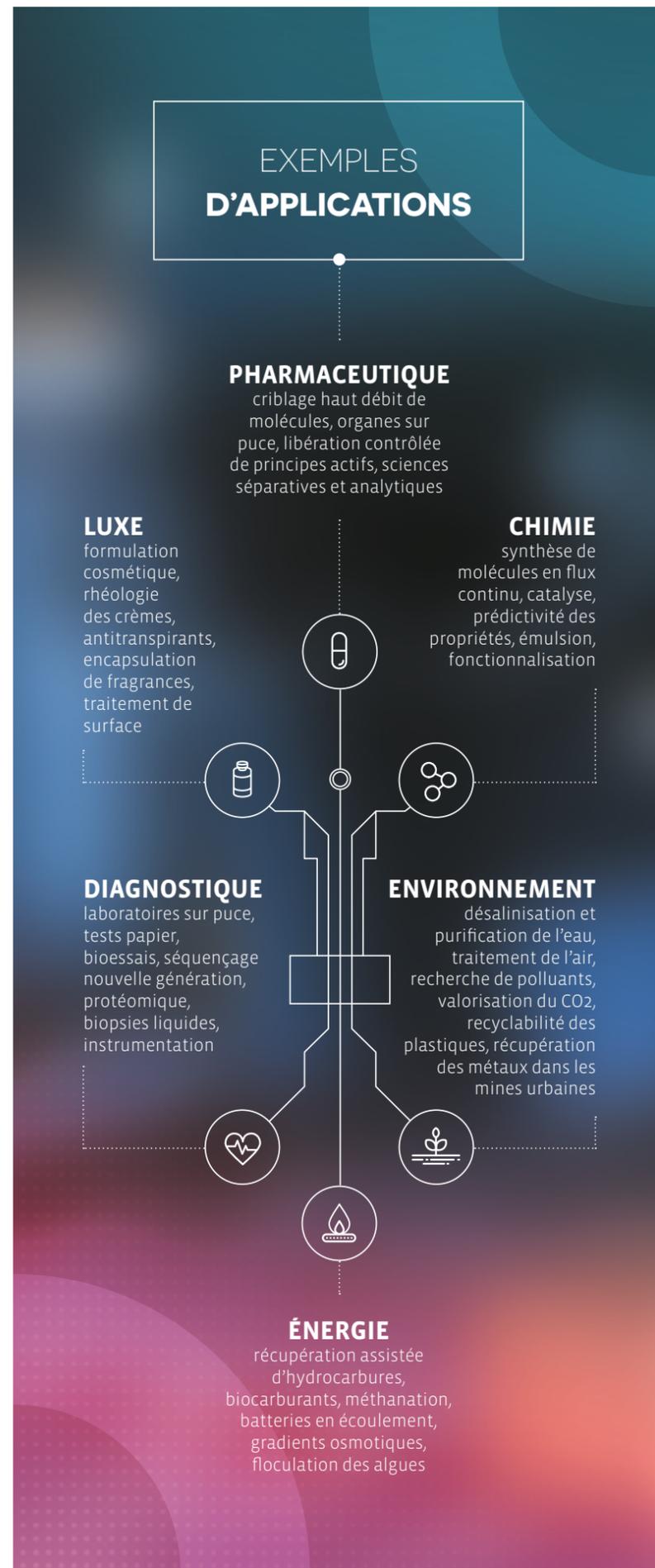
# L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE

**L'AMBITION DE  
L'INSTITUT CARNOT  
IPGG MICROFLUIDIQUE :**  
APPORTER UN AVANTAGE  
CONCURRENTIEL PORTÉ  
PAR LES NOUVELLES  
SOLUTIONS EN  
MICROFLUIDIQUE.

-8-

L'Institut Carnot IPGG Microfluidique s'adresse aux entreprises souhaitant accéder aux savoir-faire des chercheurs et aux équipements de pointe de ses équipes de recherche. Sa mission est d'accompagner les entreprises dans leurs projets de Recherche-Développement-Innovation pour leur apporter un avantage concurrentiel porté par les nouvelles solutions en fluidique à petite échelle.

La période actuelle est confrontée à des défis considérables pour la société, notamment dans les domaines de la santé, de l'énergie, de l'accès à l'eau, de l'écologie et de l'environnement. L'innovation dans ces domaines stratégiques nécessite des avancées technologiques et scientifiques majeures. Les domaines de prédilection de l'Institut Carnot : la milli-, micro- et nano- fluidique, les fluides complexes sous écoulement, la rhéologie et la chimie en flux continu, sont au cœur du progrès scientifique pour relever ces défis.



## LES DIFFÉRENTES FORMES DE PARTENARIATS

### 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.

### 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

#### ● **LE CONTRAT DE THÈSE CIFRE**

Dispositif associant une entreprise, un doctorant et une équipe de recherche

#### ● **LE LABORATOIRE COMMUN**

Structure dédiée à un projet commun de R&D entre une équipe de recherche et une entreprise

#### ● **LA COLLABORATION SUBVENTIONNÉE**

Projet de recherche avec un financement public (ANR, H2020, FUI...)

#### ● **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. Les collaborations de recherche avec un partenaire publique sont éligibles au doublement de l'assiette du CIR.*

-9-



# CHIFFRES CLÉS 2019 DE L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE

**24**  
ÉQUIPES DANS  
10 UMR •



**374**  
PERSONNELS DE RECHERCHE DONT  
97 CHERCHEURS PERMANENTS •  
155 DOCTORANTS •  
71 POST-DOCTORANTS •  
51 ITA •

**239**  
PUBLICATIONS DE RANG A



**9**  
NOUVELLES DEMANDES DE BREVETS DÉPOSÉS



**184**  
BREVETS EN PORTEFEUILLE



**3,33 M€**  
DE REVENUS DE CONTRATS DIRECTS



**72**  
CONTRATS DE RECHERCHE DIRECTS AVEC L'INDUSTRIE



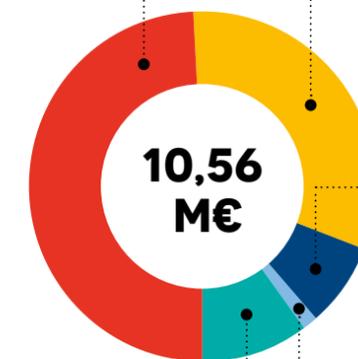
**42**  
ENTREPRISES PARTENAIRES AVEC DES CONTRATS DIRECTS



## CHIFFRE D'AFFAIRES GLOBAL

**5,22 M€**  
RECHERCHE  
COLLABORATIVE  
FINANCÉE PAR UN  
ORGANISME PUBLIC  
(sans entreprise)

**1,08 M€**  
RECHERCHE  
COLLABORATIVE  
FINANCÉE PAR UN  
ORGANISME PUBLIC  
(avec au moins une  
entreprise)



**3,33 M€**  
RECHERCHE  
CONTRACTUELLE  
ABONDABLE  
(contrats directs avec  
une entreprise)

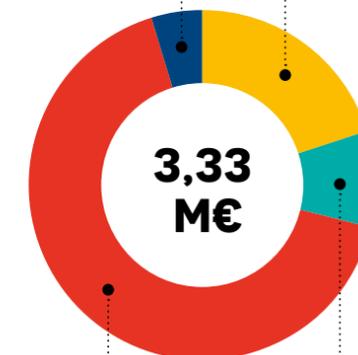
**0,81 M€**  
RECHERCHE  
CONTRACTUELLE  
AUTRE  
(contrats avec un EPIC  
ou un EPST)

**0,12 M€**  
REVENUS DE LICENCE

## RECETTES CONTRACTUELLES

**0,16 k€**  
ETI

**2,21 k€**  
GRANDES  
ENTREPRISES



**0,66 k€**  
SOCIÉTÉS  
ÉTRANGÈRES

**0,30 k€**  
PME / TPE

## FAITS MARQUANTS 2019

4 SALONS AVEC DES  
RENDEZ-VOUS BTOB  
AFIN DE RENCONTRER  
LES ENTREPRISES  
PERMETTANT PLUS DE  
50 RENDEZ-VOUS  
QUALIFIÉS

### L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE A ÉTÉ À LA RENCONTRE DES ENTREPRISES LORS DE DIFFÉRENTS CONGRÈS ET SALONS.

Son objectif est d'établir les transferts technologiques de demain et rencontrer ses futurs partenaires R&D, de présenter le savoir-faire de ses équipes de recherche et d'être à l'écoute des besoins des entreprises pour les orienter.

## LES PARTICIPATIONS DE L'INSTITUT CARNOT AUX CONVENTIONS D'AFFAIRES 2019

– 21 MARS –

**HACKING**  
de l'Hôtel de Ville

L'Hacking de l'Hôtel de Ville est l'évènement international qui rassemble les acteurs de l'innovation à Paris, particulièrement propice pour découvrir de nouvelles startup.

– 7 MAI –

**#BIONNALE**

Bionnale est une convention d'affaires européenne dans le domaine des biotechnologies réunissant entreprises et milieux universitaires. Elle a lieu tous les ans à Berlin et est sponsorisée par l'European Enterprise Network.

– 16 & 17 OCTOBRE –

LES RENDEZ-VOUS  
**CARNOT 2019**  
16-17 OCTOBRE • Paris • Espace Champs-Élysées

Les rendez-vous Carnot sont organisés chaque année par l'Association des Instituts Carnot. Cet évènement incontournable permet aux entreprises de toutes tailles de rencontrer les acteurs majeurs de la R&D pour accélérer et concrétiser leurs projets d'innovation.

– 10 & 11 DÉCEMBRE –

**Biofit**  
FORUM INNOVATION & TRANSFERT

Biofit est une convention d'affaires européenne annuelle entièrement dédiée au transfert de technologies, aux collaborations académie-industrie et aux innovations early stage dans le domaine des Sciences de la Vie.

## LES PARTICIPATIONS DE L'INSTITUT CARNOT AUX ÉVÈNEMENTS 2019...

– 15 & 16 JANVIER –

**COSMET'AGORA**

Organisé par la Société Française de Cosmétologie, Cosmet'Agora représente le principal salon en matière de formulation cosmétique en France avec plus d'1/3 des visiteurs en charge de la R&D et de l'innovation.

– 18 MARS –

**DIM  
ELICIT**  
Paris-France

Le Domaine d'Intérêt Majeur (DIM) Elicit est consacré à l'avancement des technologies innovantes pour les sciences de la vie. Coorganisé avec l'IPGG, il organisait une journée de promotion de ses activités.

– 7 & 8 MAI –

**BioCHIP Berlin**  
EXHIBITION & CONFERENCE

Biochip est un forum international annuel berlinois avec comme thèmes principaux les biopuces, les microréseaux, la microfluidique, les laboratoires sur puce, les organes sur puce, les biocapteurs, les BioMEMS et la bionanotechnologie.

...  
LES PARTICIPATIONS  
DE L'INSTITUT CARNOT  
**AUX ÉVÈNEMENTS  
2019**

– 13-15 NOVEMBRE –



En partenariat avec notre Institut, l'IFPEN organisait une conférence internationale sur la thématique de la microfluidique.

– 17 SEPTEMBRE –

le **cnam**

1<sup>er</sup> forum du CNAM  
sur la recherche partenariale  
Le CNAM ouvrait ses portes pour présenter ses activités en matière de recherche partenariale.

– 25 & 26 SEPTEMBRE –

CCFLOW  
OPEN DAYS

Oliver Kappe, Directeur scientifique du **Center for Continuous Flow Synthesis and Processing (CC FLOW)** organisait deux jours de visite et de conférence de son centre, l'un des leaders mondiaux en chimie en flux continu.

– 12 DÉCEMBRE –



L'Agence Nationale pour le Recherche organisait une journée consacrée au paysage de l'innovation en France ; l'occasion de présenter des succès emblématiques financés par l'ANR dont certains portés par le programme Carnot.

– 12 DÉCEMBRE –



Porté par le Club des Directeurs de l'Innovation, la journée **Innovation en partage** permettait de présenter la stratégie d'innovation de plusieurs entreprises en mettant l'accent sur les facteurs humains de réussite.

LA PARTICIPATION  
**RÉCURRENTÉ**  
DE L'INSTITUT  
CARNOT



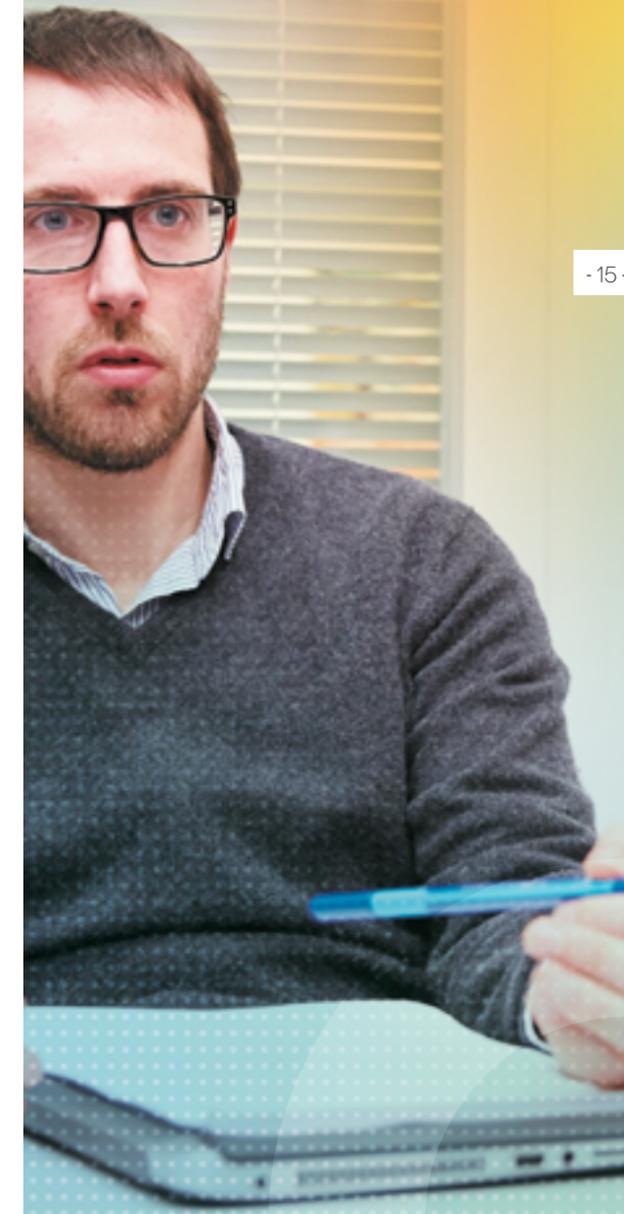
L'Institut Carnot est présent au séminaire mensuel de Medicen, pôle de compétitivité francilien dédié à la santé. C'est le lieu unique où travaillent ensemble PME et startups, grands acteurs industriels, recherche académique et professionnels de santé pour créer de la valeur économique et mettre sur le marché des solutions innovantes au service de la santé des citoyens et des patients.



L'Institut Carnot est adhérent du consortium international de microfluidique. Il est présent à leurs journées de rencontre qui ont lieu tous les 2 mois, à tour de rôle entre l'Europe et l'Amérique du Nord, pour discuter des avancées et applications récentes de la microfluidique ainsi que des dynamiques du marché. Ce consortium rassemble des acteurs aussi bien issus de la recherche publique que du milieu industriel.

En lien avec ce consortium, l'Institut Carnot se rend au Cambridge Innovation Summit, qui réunit de nombreux acteurs de l'innovation une fois par an à Cambridge.

PLUS DE  
**200**  
**CONTACTS**  
INITIÉS





# INTÉGRATION DE L'INSTITUT CARNOT AU CONSORTIUM FINDMED



- 16 -

## L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE A INTÉGRÉ LE CONSORTIUM FINDMED AU COURS DE L'ANNÉE 2019.

LE CONSORTIUM A ÉTÉ CRÉÉ EN 2015 POUR CONTRIBUER AU SOUTIEN DE L'INDUSTRIE DU MÉDICAMENT EN FRANCE EN RÉPONSE À LA DEMANDE DE L'ÉTAT. L'OBJECTIF DE CE CONSORTIUM EST D'APPORTER AUX ENTREPRISES, ET NOTAMMENT AUX PME CRÉATRICES D'EMPLOIS, UN ACCÈS FACILITÉ À DES SAVOIR-FAIRE ACADÉMIQUES ET À DES PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES DE POINTE AFIN DE DÉVELOPPER LEURS PROJETS INNOVANTS.

### FINDMED

EST LE PARTENAIRE DE LA RECHERCHE DES TPE, PME ET ETI DE LA FILIÈRE INDUSTRIE MÉDICALE DES DOMAINES DU MÉDICAMENT ET DES TECHNOLOGIES DE SANTÉ.

### FINDMED

REGROUPE 18 INSTITUTS CARNOT DU DOMAINE DE LA SANTÉ, DE LA RECHERCHE LA PLUS FONDAMENTALE JUSQU'AU DÉVELOPPEMENT CLINIQUE.



# THÉMATIQUES DES ÉQUIPES DE L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE



## 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, époxys, 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

...  
**THÉMATIQUES**  
DES ÉQUIPES  
DE L'INSTITUT  
CARNOT IPGG  
MICROFLUIDIQUE



**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



**GÉNÉTIQUE DE L'ÉVOLUTION**

**DIRECTION :**  
Paul Rainey

- évolution dirigée expérimentale, microbiologie, génétique
- sélection de populations microbiennes, avec de nouvelles fonctions, pour des applications en biotechnologie, médecine et agriculture



**LA COMPAGNIE DES INTERFACES**

**DIRECTION :**  
David Quéré

- superhydrophobicité
- effet Leidenfrost, dépôt de film liquide, auto-propulsion
- impact entre solides et liquides, chocs



**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



**MATIÈRE MOLLE  
HORS ÉQUILIBRE**

**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



**MICROFLUIDIQUE, MEMS  
ET NANOSTRUCTURES**

**DIRECTION :**  
Patrick Tabeling

- écoulements de fluides mono et polyphasiques dans des micro-systèmes
- nanofluidique et dynamique des interfaces
- diagnostic papier



**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



**NANOFUIDIQUE  
& INTERFACES DYNAMIQUES**

**DIRECTION :**  
Joshua McGraw

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



**PHYSIQUE  
DES BIOMOLÉCULES**

**DIRECTION :**  
Vincent Croquette

- 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 CO<sub>2</sub>



**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

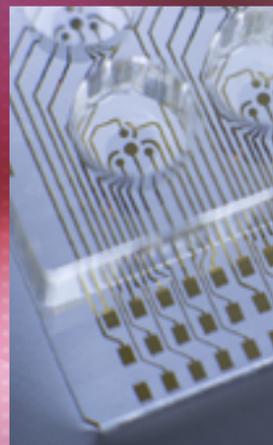


# LES PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES DE L'INSTITUT CARNOT IPGG MICROFLUIDIQUE



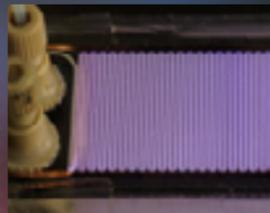
## PLATEFORME DE MICROFABRICATION

La plateforme technologique de l'IPGG regroupe un ensemble de salles d'une superficie de 550m<sup>2</sup> offrant toutes les technologies nécessaires à la réalisation de dispositifs microfluidiques, à leur caractérisation et à leur utilisation. Elle est une unité mixte de services du CNRS (UMS 3750) depuis le 1 janvier 2016 et fait partie du réseau des Salles Blanches Paris Centre - SBPC - qui fédère l'ensemble des salles blanches du centre parisien.



## PLATEFORME DE CHIMIE EN FLUX CONTINU

Lauréate d'un financement Sesame PIA de la région Ile-de-France en 2019, la plateforme Paris FlowTech propose un parc d'équipements de chimie en flux continu pour les entreprises souhaitant transposer leurs réactions de réacteurs batch classiques à des réacteurs en flux continu. La chimie en flux continu permet des réactions plus sûres et plus économes en énergies et en ressources.



## PLATEFORME DE SPECTROMÉTRIE DE MASSE

La plateforme de spectrométrie de masse est certifiée plateforme nationale de protéomique depuis 2001. Elle fait partie du Groupement d'Intérêt Scientifique IBISA (Infrastructures en Biologie Santé et Animale).

### ELLE PROPOSE DES SERVICES DE :

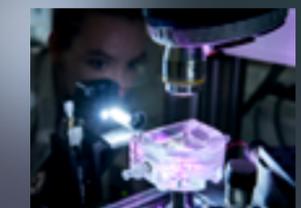
- digestion enzymatique des protéines en solution ou en gel, et dessalage
- séparation par nano LC (1D/2D) des peptides produits
- analyses par spectromètre de masse (MALDI TOFTOF, LTQ FT ICR, MALDI Orbitrap)
- recherche dans les banques de données (Mascot / Sequest / ProteinPilot)



## PLATEFORME DE MÉCANIQUE

La plateforme mécanique est ouverte pour toute caractérisation de matériaux liquides à solides. Cette plateforme est équipée de rhéomètres, d'analyseurs mécaniques dynamiques, de machines de traction et d'instruments non conventionnels comme la diffusion multiple de la lumière. Elle est accessible à l'ensemble de la communauté scientifique académique et industrielle dans le cadre de projets collaboratifs ou pour des expertises ponctuelles.

La diversité de notre équipement permet de caractériser une très large gamme de matériaux allant des formulations très fluides aux matériaux très rigides en passant par des gels mous, des fluides à seuil, des suspensions colloïdales plus ou moins concentrées, des pâtes, des matériaux granulaires ainsi que des élastomères renforcés.





## DES CHERCHEURS PARLENT DE LEUR PROJET

### CRÉER DES LABORATOIRES SUR PUCES



AVEC  
ANNE VARENNE

La chimiste Anne Varenne travaille sur des projets qui visent à relever un des principaux défis de la microfluidique : comment miniaturiser sur puce toutes les fonctionnalités d'un laboratoire classique ? Elle a notamment travaillé sur la détection d'un polluant émergent, le diclofénac, substance pharmaceutique à l'état de traces dans les eaux. L'enjeu était de pouvoir créer à l'échelle du microsystème un procédé de capture sélective localisée du diclofénac par un aptamère (oligonucléotide aux propriétés semblables à celles d'un anticorps), pour ensuite le séparer et le détecter en très faibles quantités. Comment immobiliser précisément cet aptamère (appelé le ligand) sur une zone finie de la surface du canal microfluidique ?

Anne Varenne, ses collègues de l'équipe SEISAD et leur doctorante Camille Perréard ont identifié trois solutions : un procédé plasma et la microscopie électrochimique, pour créer des fonctions chimiques réactives et ainsi immobiliser l'aptamère sur une surface localisée du microcanal de la puce, et un procédé sol-gel permettant l'encapsulation de l'aptamère dans un volume défini du microcanal, sans modification chimique de l'aptamère. Ces technologies ont la particularité d'être très utilisées à l'échelle macro mais encore rarement dans les microsystèmes. Ils ont mené un travail exploratoire et montré l'efficacité des trois méthodes pour les toutes petites dimensions que représentent un microsytème. Ces zones de captures localisées, assurant la purification et la préconcentration de composés à l'état de traces, promettent d'être particulièrement intéressantes pour la microfluidique car elles ouvrent la voie à l'analyse de tout type de molécules, pour des applications en recherche médicale ou environnementale.

# DES CHERCHEURS PARLENT DE LEUR PROJET

## LES « ORGANS ON CHIPS » AU SERVICE DES PLANTES



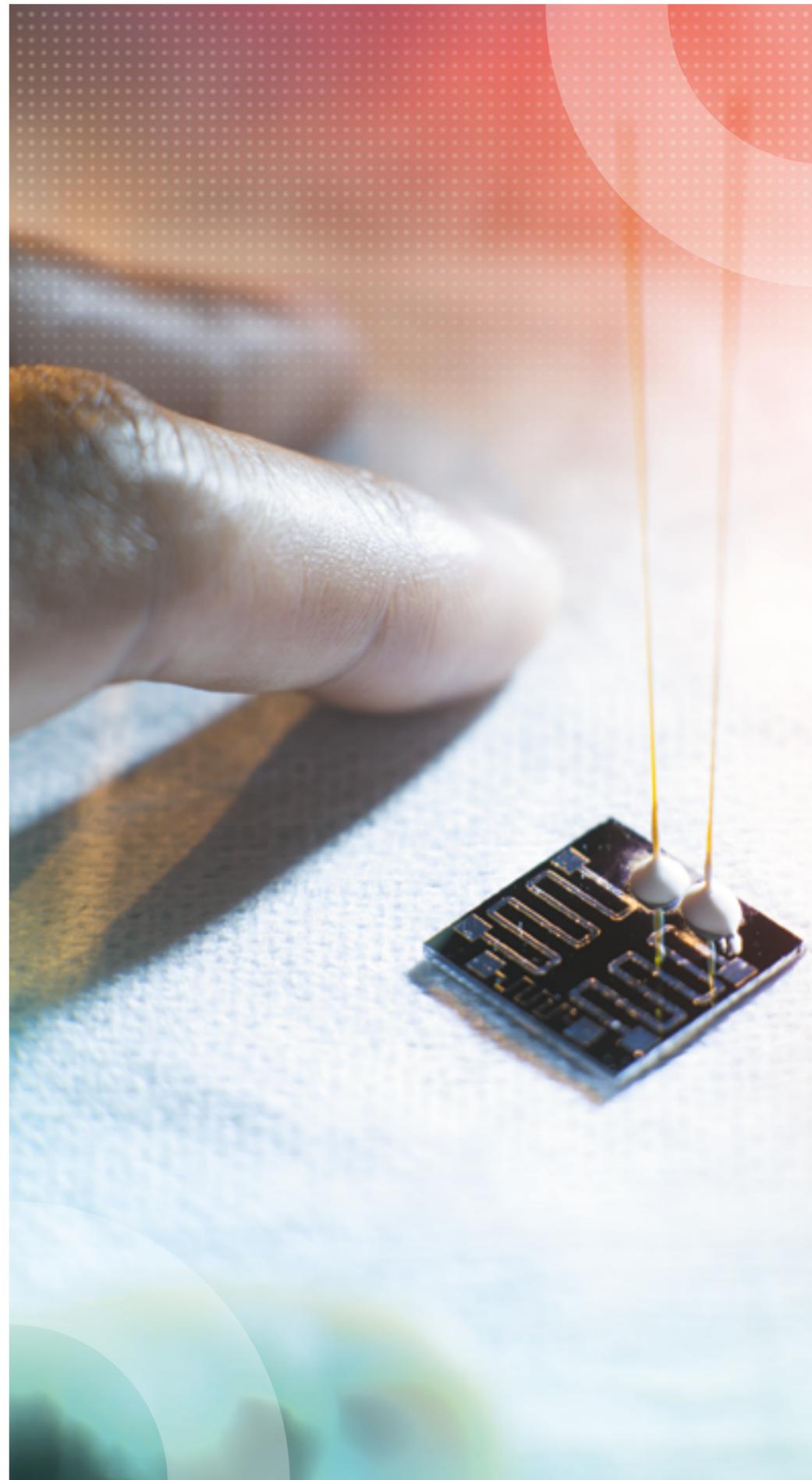
### AVEC JACQUES FATTACCIOLI

L'équipe de Jacques Fattaccioli, en collaboration étroite avec des équipes de l'Institut Jean-Pierre Bourgin de l'INRA, a développé un dispositif microfluidique innovant permettant de recréer des environnements *in vitro* à l'échelle de la cellule unique. Toutefois, il ne s'agit pas de modélisation d'organes humains comme cela existe déjà indique Jacques Fattaccioli, c'est un dispositif original mis au point pour la biologie végétale.

Ces chercheurs ont mis en œuvre un système microfluidique permettant de cultiver et d'observer dans le temps le développement de protoplastes (cellules végétales sans paroi). Ces cellules sont équivalentes

aux cellules souches chez les humains ou chez les mammifères explique Jacques Fattaccioli. Ainsi, isolées de différentes parties de la plante adulte, tel que des feuilles, ces entités peuvent être facilement manipulées, reprogrammées et divisées afin de conduire à la régénération d'une plante complète.

Le projet, financé par l'IPGG, a permis l'observation des premières étapes de division et de régénération de la paroi cellulaire, de montrer l'influence de la photopériode sur la croissance et l'induction de bourgeons en utilisant une phytohormone. Cette étude ouvre la voie vers la visualisation et le suivi en temps réel de la croissance et le développement des tissus des plantes.



## L'USAGE DES HYDROGELS COMME MICRO-ACTIONNEURS



### AVEC PATRICK TABELING

La microfluidique est souvent comparée à la microélectronique. Le développement de la microélectronique a été rendu possible par l'invention du transistor, autrement dit un actionneur qui se ferme pour laisser passer le courant. Par analogie, Patrick Tabeling explique qu'en microfluidique les hydrogels pourraient servir d'actionneurs, ou plus exactement de micro-actionneurs.

Les hydrogels sont un état proche de la gelée. En présence d'eau, ils se gonflent et se dégonflent par l'intermédiaire d'un changement de température. L'équipe de Patrick Tabeling en collaboration avec l'équipe d'Andrew Griffiths ont miniaturisé des hydrogels pour les

insérer dans des microcanaux et des systèmes microfluidiques. Ils ont constaté qu'en changeant de température, ces gels pouvaient gonfler ou s'effondrer, qu'ils pouvaient faire une barrière ou la défaire à petite échelle. Ces travaux permettent ainsi une avancée dans la recherche d'actionneurs plus performants.

Dans le domaine de la biologie, ces 2 équipes ont obtenues un partenariat avec la ligue du cancer afin de chercher à récupérer des cellules cancéreuses pour les analyser une par une.

# LE RESSOURCEMENT SCIENTIFIQUE



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.

## 3 NOUVEAUX PROJETS FINANCÉS EN 2019, 50 K€ INVESTIS



### ELECTRONIQUE PORTABLE POUR CAPTEURS CAPACITIFS

#### PAR QUI ?

Équipe Matériaux Innovants  
pour l'Énergie

#### DURÉE DU PROJET

6 mois

#### OBJECTIF

Réalisation d'un  
prototype complet  
(capteurs et électronique)  
de semelles et de surface  
sensorielle.



### CODE-BARRES À COULEURS STRUCTURALES PAR EMPREINTE INVIOLENT DE POLYCRISTAUX COLLOÏDAUX AUTO-ASSEMBLÉS

#### PAR QUI ?

Équipe NanoBiosciences  
et MicroSystèmes

#### DURÉE DU PROJET

6 mois

#### OBJECTIF

Réalisation d'un nouveau genre  
de code-barres inviolable,  
non copiable, peu coûteux et simple  
à analyser avec l'outil de lecture  
adéquat.



### LA FLUORATION DE MOLÉCULES MODÈLES EN MICRO-RÉACTEUR PLASMA

#### PAR QUI ?

Équipe des Procédés, Plasmas  
et Microsystèmes

#### DURÉE DU PROJET

6 mois

#### OBJECTIF

Porter une preuve de concept  
de la fluoration contrôlée  
des molécules organiques  
par activation plasma.



# 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](http://www.institut-pgg.fr/carnot)