

## Les talents 2019 du CNRS

Chaque année, le CNRS récompense celles et ceux qui ont le plus contribué à son rayonnement et à l'avancée de la recherche. Voici les talents de l'Institut de chimie distingués cette année :

### Médailles d'argent

*La Médaille d'argent distingue un chercheur pour l'originalité, la qualité et l'importance de ses travaux, reconnus sur le plan national et international.*

#### • Ruxandra Gref



Directrice de recherche à l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO, CNRS/ Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay), Ruxandra Gref centre son activité de recherche sur la conception, le développement et l'évaluation biologique de nano- ou microparticules originales de

type « cage » pour traiter des maladies sévères ou incurables, notamment les infections intracellulaires causées par *M. tuberculosis* et *S. aureus*. Élaborées à partir de matériaux organiques, inorganiques ou hybrides, les particules, dont la taille peut varier d'une dizaine de nm à quelques centaines de microns, constituent une véritable boîte à outils pour répondre à des besoins médicaux variés. Ruxandra Gref s'intéresse non seulement à la synthèse des matériaux et à l'incorporation de médicaments, mais aussi aux méthodes « vertes » de recouvrement par assemblage de type « lego » en milieu aqueux. Au sein des particules, les molécules actives sont protégées vis-à-vis des dégradations et sont vectorisées jusqu'à leur cible intracellulaire.

Combinant recherche fondamentale et appliquée, ses travaux répondent à des besoins sociétaux dans le domaine de la santé. Un exemple récent est la découverte de nanoparticules « cages » ayant un contenu aqueux riche en médicament et une fine membrane en polymère capables de libérer leur cargaison active spécifiquement dans l'environnement intracellulaire. Elle a également été parmi les pionniers dans l'exploration des applications biomédicales des particules cristallines hybrides organiques-inorganiques à base de cyclodextrines (CD-MOF). Des nanoparticules à base de cyclodextrines ont prouvé leur capacité à transporter de manière efficace des antituberculeux directement dans les poumons *via* un spray. Mais les nanoparticules « cages » se sont révélées également d'excellents antituberculeux chez la souris. En interférant avec les membranes cellulaires, elles empêchent l'entrée des agents pathogènes. Le transporteur est donc en mesure de découpler l'effet des médicaments qu'il incorpore. Ce nouveau concept de nanoparticule « tout-en-un » a été récemment breveté avec l'Institut Pasteur.

Passionnée par la compréhension de la structure fine des matériaux et nanoparticules incorporant des principes actifs, Ruxandra Gref s'intéresse aux techniques combinatoires pour explorer la morphologie et la composition chimique de (nano)

particules individuelles. Des nanoparticules en polymère d'environ 150 nm ont pu être détectées dans des cellules, avec une résolution d'une dizaine de nm et sans nécessiter aucun marquage. Plus encore, il a été possible de cartographier les localisations respectives des divers composants d'une nanoparticule (médicament, recouvrement hydrophile, cœur hydrophobe). Ces études ouvrent des perspectives nouvelles et séduisantes pour suivre le devenir des vecteurs dans le milieu vivant (dégradation, libération du médicament, etc.).

Ses recherches interdisciplinaires sont menées grâce à un vaste réseau de collaborations nationales et internationales (par exemple, projet européen en coordination Marie Curie « Cyclon Hit »). À l'heure actuelle, elle est impliquée dans plusieurs projets d'envergure : EuroNanoMed II « PCInano » (mise au point de vecteurs « cages » pour traiter le cancer), ANR AntiTBnano (traitement de la tuberculose), ANR Antidote (traitement des infections intracellulaires dues à *S. aureus*), Labex NanoSaclay (développement de nanoparticules originales à effet antibactérien), DIM Respire (particules poreuses renfermant des antibiotiques).

Elle a reçu le prix de la valorisation de l'Université Paris-Sud en 2006 et le trophée « Étoiles de l'Europe » mention spéciale du jury en 2018.

Ses résultats, concrétisés par des publications dans des journaux de très fort impact, contribuent notablement au leadership de la France dans le domaine de la formulation et de la vectorisation (elle est co-inventeur de 27 brevets), un domaine à forte compétition internationale.

#### • Jean-François Nierengarten



Jean-François Nierengarten est directeur de recherche en chimie moléculaire (Laboratoire d'innovation moléculaire et applications (LIMA), CNRS/Université de Strasbourg/ Université de Haute-Alsace), responsable du groupe de Chimie des matériaux moléculaires. Ses contributions

majeures s'articulent autour de trois axes principaux : la chimie des fullerènes, les complexes de métaux de transition luminescents, et la chimie des pillar[n]arènes.

Spécialiste de la chimie des fullerènes, il a réalisé un travail considérable dans ce domaine, la mise au point de réactions de fonctionnalisation de ces objets si particuliers ayant permis de décrire une large gamme de nouveaux composés et surtout de moduler leurs propriétés. Il a su largement dépasser les champs traditionnels de la chimie organique pour être un précurseur dans de nouveaux domaines à l'interface avec les matériaux ou la biologie comme l'illustre son approche moléculaire pour le photovoltaïque et l'observation d'effets de multivalence en inhibition enzymatique.

Il a aussi abordé des problématiques innovantes en chimie de coordination et a été l'un des premiers à reconnaître le potentiel des complexes cuivreux en tant que matériaux électroluminescents. On peut également noter une implication très forte en chimie des dendrimères. En particulier, il a étudié systématiquement les propriétés spécifiques de plusieurs séries de dendrimères en fonction de leur taille et observé des effets dendritiques originaux. Plus récemment, son groupe

a développé des macro-monomères portant dix résidus périphériques qui ont été greffés sur un cœur C60 à douze branches, permettant ainsi d'obtenir des mégamolécules possédant 120 groupements périphériques. Ce mode de construction représente la croissance dendritique la plus rapide jamais décrite. De fait, des glycoconjugués géants ont ainsi été préparés en un nombre minimum d'étapes de synthèse. Ces mégamolécules ont montré en outre une activité antivirale tout à fait remarquable.

Enfin, il a démarré en 2012 un nouveau programme de recherche sur les pillar[n]arènes. Sa première contribution dans ce domaine, à savoir l'élucidation du mécanisme de réaction conduisant à cette famille de macrocycles, a d'ores et déjà un impact très fort puisqu'elle est à l'origine de plusieurs avancées déterminantes dans cette chimie. Ses travaux ont également montré le potentiel de cette famille de macrocycles pour l'élaboration de cristaux liquides, de ligands multivalents de lectines bactériennes et de vecteurs non viraux de l'ADN.

Pour l'ensemble de ces travaux, Jean-François Nierengarten a acquis une reconnaissance internationale et reçu plusieurs distinctions: Médaille de bronze du CNRS (2001), Prix SFC-ACROS de la division Chimie organique (2004), Prix Grammaticakis-Neuman de l'Académie des sciences (2007), Fellow de la Royal Society of Chemistry (2007), Prix Catalan-Sabatier de la Société royale de chimie espagnole (2013), Prix de la division Chimie de coordination de la SCF (2018), Prix de la division Chimie organique de la SCF (2019). Nommé expert étranger pour le FNS (Fonds national suisse pour la recherche scientifique) en tant que membre du comité de sélection du programme Sinergia (2016-2020), il a rejoint les Editorial Boards de *Chemical Communications* (2013) et de *Chemistry - a European Journal* (2014). Il a été nommé co-chairman de l'Editorial Board de *Chemistry - a European Journal* en janvier 2019.

Particulièrement actif dans la diffusion de la culture scientifique et technique (rencontres avec des publics non spécialistes, interventions en milieu scolaire), il a créé une chaîne YouTube où il publie des vidéos scientifiques.

## Médailles de bronze

*La Médaille de bronze récompense le premier travail d'un chercheur ou enseignant-chercheur prometteur dans son domaine.*

### • Clément Cabanetos



Après son doctorat au laboratoire CEISAM (Université de Nantes) sur la conception et la synthèse de matériaux à propriétés optiques non linéaires suivi d'un postdoctorat à la King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) en Arabie saoudite sur la conception et la préparation de

nouveaux semi-conducteurs organiques  $\pi$ -conjugués pour la conversion photovoltaïque, Clément Cabanetos rejoint en 2013 le Laboratoire MOLTECH-Anjou (Université d'Angers), où il est à ce jour chargé de recherche dans l'équipe Systèmes conjugués linéaires (SCL).

Ses travaux de recherche portent sur la synthèse et la caractérisation de matériaux pour l'électronique organique et principalement pour la réalisation de dispositifs photovoltaïques. Dans ce contexte, il a contribué à l'élaboration de nouveaux matériaux moléculaires donneurs d'électrons de petite taille et de faible coût, thématique phare de son équipe

d'accueil, et a également amorcé un travail plus exploratoire sur la préparation de nouveaux matériaux accepteurs d'électron « non fullerène ». La stratégie qu'il a développée a permis de fonctionnaliser un cœur absorbant par des blocs connus pour leurs propriétés de transport électronique à travers un connecteur  $\pi$ -conjugué. Il a par ailleurs contribué à mettre à jour des méthodes de fabrication des dispositifs permettant la préparation, au sein du laboratoire, de cellules à hétérojonction volumiques d'architectures directes et inverses. Son programme de recherche vise à améliorer les performances des molécules actives, à simplifier leurs structures par le développement de méthodes de synthèse performantes et peu coûteuses, et surtout, en tant que chimiste, à préparer de nouveaux blocs absorbants originaux. Dans ce contexte, une nouvelle classe de composés à fort potentiel lui a très récemment permis d'élargir ces thématiques de recherche de la production d'électricité à son stockage.

### • Mayeul Collot



Mayeul Collot est chercheur au Laboratoire de bioimagerie et pathologies (LBP, CNRS/ Université de Strasbourg).

Après sa thèse en chimie moléculaire à l'ENS Paris, suivie d'un postdoctorat dans le domaine de la chimie des carbohydrates (ETH Zurich et Max Planck Institute de

Berlin), il a réorienté ses thématiques sur le développement d'outils fluorescents pour la bio-imagerie. Il s'est intéressé au développement de sondes calciques au cours de son deuxième postdoctorat (ENS Paris) avant d'élargir son champ de recherche au développement de sondes membranaires, pour l'ARN, le pH ou le marquage de gouttelettes lipidiques. Il s'intéresse de façon générale au marquage des constituants cellulaires et à la détection d'événements biologiques. Il travaille aussi bien sur des sondes moléculaires que sur des sondes nanostructurées comme les nanoparticules fluorescentes polymères ou lipidiques.

Le premier axe de son travail concerne le développement de sondes moléculaires, dans lequel il a fait des avancées remarquables au niveau de la détection du calcium cellulaire, notamment dans le proche infrarouge, région du spectre qui présente très peu d'auto fluorescence. Il s'intéresse à l'optimisation de ces sondes pour la neurobiologie. Il a également développé et valorisé « MemBright® », des sondes membranaires multicolores marquant la membrane plasmique des cellules rapidement, sélectivement et de façon très brillante. Ces sondes sont désormais commercialisées et ont montré leur efficacité, en particulier pour le marquage des neurones et des astrocytes et pour l'imagerie tissulaire et super résolutive. Le développement de sondes pour les gouttelettes lipidiques est également un axe important de son travail puisqu'il a développé des sondes sélectives, multicolores et ultrabrillantes qui ont permis notamment de suivre et imager les échanges de gouttelettes lipidiques entre les cellules, démontrant ainsi une communication intercellulaire.

Son deuxième axe de recherche concerne le développement de nanoparticules fluorescentes afin de s'affranchir des quantum dots qui ne sont pas idéaux pour des applications en milieu biologique. Grâce à une approche de synthèse contrôlée de polymères et de design moléculaire des

fluorophores, il a développé des nanoparticules polymères d'une dizaine de nanomètres et très brillantes ainsi que des nanoémulsions fonctionnalisables, ouvrant ainsi le champ à de nombreuses applications biologiques.

Ses projets pour les années à venir se situent dans la continuité de ses activités actuelles avec notamment la bioimagerie avancée (multiphotonique et super résolutive) via le développement de sondes moléculaires performantes, le développement de nanomatériaux alternatifs comme les nanoparticules fluorescentes ou des nano-émulsions hybrides. Sa motivation reste l'utilisation de ces outils fluorescents pour la détection et le suivi de biomolécules et l'étude d'interactions entre elles.

Mayeul Collot participe à de nombreux contrats de recherche (ANR, ERC). Inventeur de deux brevets, il est également investi dans la valorisation de ses recherches par la commercialisation de ses sondes et le développement de nouveaux nano-objets fluorescents en tant qu'outils de recherche, mais également pour le diagnostic, la thérapie et la chirurgie guidée.

#### • Romain Gautier



Romain Gautier a effectué sa thèse à l'École de chimie de Rennes (ENSCR) puis un postdoctorat à la Northwestern University (E.-U.). Aujourd'hui chercheur à l'Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN, CNRS/Université de Nantes), c'est un cristalochimiste reconnu pour ses travaux novateurs dans le domaine des composés

inorganiques et hybrides à propriétés dédiées. Sa démarche consiste à comprendre les relations structures-propriétés de nouveaux matériaux. Il s'est notamment distingué par ses travaux sur les composés non centrosymétriques, démontrant par exemple comment, en théorie, un racémique pouvait être optiquement actif. Il a également mené un projet visant à prédire avant synthèse la structure et les propriétés de nouveaux matériaux de formulation générique ABX ayant 18 électrons de valence. Parmi les centaines de combinaisons possibles, il a ainsi démontré expérimentalement l'existence de plusieurs matériaux issus de la modélisation (LiAlSi, MgSrSi, HfIrSb, TaIrSn, ZrIrSb, TiIrSb, etc.). Ces résultats constituent une avancée très importante dans le domaine. Plus récemment, il s'intéresse également aux propriétés de luminescence des matériaux inorganiques et hybrides, recherchant en particulier de nouveaux matériaux luminescents à haut rendement et haut rendu de couleur pour les technologies LED.

À travers ses collaborations avec plusieurs centres de recherche de renom en Suède, au Japon, en Chine et aux États-Unis, Romain Gautier dispose déjà d'une reconnaissance au niveau international.

Dans les années à venir, il continuera de développer les recherches qu'il a initiées depuis son intégration à l'IMN dans le domaine des matériaux luminescents avec pour cela le soutien de deux programmes de recherche importants qu'il dirige : un projet « Jeune chercheur » de l'ANR intitulé « Combinatorial chemistry for discovery of highly efficient and high color rendering phosphors in solid-state lighting », et un projet « Étoile montante » de la région Pays de la Loire intitulé « Découverte de pérovskites hybrides assistée par ordinateur ».

• Voir son article « Un racémique peut-il être optiquement actif ? » *L'Act. Chim.*, 2017, 414, p. 38.

#### • Teresa Lopez-Leon



Après son doctorat à l'Université de Grenade en Espagne, un premier postdoctorat aux Universités de Harvard et Georgia Tech (États-Unis) suivi d'un second à l'Université de Montpellier, Teresa Lopez-Leon est recrutée au CNRS en 2012 comme chargée de recherche à l'ESPCI dans l'unité Gulliver.

Son principal apport scientifique s'articule autour des défauts topologiques dans les coques de cristaux liquides, avec l'ambition de produire des particules colloïdales capables de mimer les interactions atomiques. Son idée est d'exploiter l'anisotropie intrinsèque des cristaux liquides pour briser la symétrie sphérique de particules colloïdales. Lorsqu'un cristal liquide est confiné au sein d'une coque sphérique, un ensemble de défauts topologiques disposés symétriquement apparaissent spontanément en des sites spécifiques, du fait de frustrations géométriques dans l'ordre cristallin. Ces défauts ont des propriétés différentes du matériau dans lequel ils apparaissent, et une fois fonctionnalisés chimiquement, ils peuvent induire des interactions directionnelles entre sphères. Le nombre de défauts détermine la valence des particules tandis que leurs positions imposent l'orientation des liaisons. Teresa Lopez-Leon a mené un programme de recherche ambitieux et original, aussi bien expérimental que théorique, pour comprendre le rôle des contraintes topologiques et de l'énergie élastique dans la formation des défauts. Elle a poussé la compréhension fondamentale de ces systèmes vers des cas extrêmes où les frustrations géométriques sont si importantes que les défauts ponctuels deviennent des lignes de défauts enchevêtrées dans une structure tridimensionnelle complexe. Dans une perspective plus appliquée, elle a développé des méthodes qui ouvrent la voie à la fonctionnalisation des défauts nématiques afin qu'ils deviennent adhérents, s'efforçant de réduire la taille des sphères qui sont actuellement micrométriques. Ces travaux ouvrent la voie à la construction de supra-réseaux colloïdaux complexes inspirés de la matière condensée.

Depuis son recrutement au CNRS, elle a très vite obtenu des financements de manière indépendante (ANR JCJC, bourse de thèse du CSC et financement de l'Institut Pierre-Gilles de Gennes) et noué des collaborations internationales avec notamment l'Université de Pennsylvanie (UPenn), l'Université du Colorado à Boulder, l'Université de Ljubljana et l'Université de Barcelone. Physicienne de la matière molle, elle est largement reconnue à l'échelle nationale, voire internationale, dans le domaine des cristaux liquides et des colloïdes.

#### • Aline Nonat



Après son doctorat portant sur la conception, la synthèse et l'optimisation de sondes pour l'imagerie médicale par résonance magnétique nucléaire et par luminescence (CEA Grenoble, Institut Nanosciences et Cryogénie (INAC)), Aline Nonat a effectué un postdoctorat au Trinity College de

Dublin (Irlande) où elle a développé de nouveaux complexes hétérobimétalliques d-f présentant une affinité pour l'ADN et émettant dans le proche infrarouge, avant d'occuper un poste d'ATER à l'Université de Bourgogne (Dijon) où elle a travaillé à la fonctionnalisation de porphyrines par des macrocycles azotés pour la synthèse de nouveaux agents de contraste

bimodaux pour l'imagerie médicale. Elle est ensuite recrutée au CNRS en 2010 comme chargée de recherche à l'Institut pluridisciplinaire Hubert Curien, dans l'équipe de synthèse pour l'analyse.

Son domaine de recherche est centré sur la chimie de coordination et se divise en quatre axes : la synthèse et l'étude de nouveaux ligands du Cu(II) pour la tomographie par émission de positrons (TEP) ; la synthèse, caractérisation et fonctionnalisation de nanocristaux semi-conducteurs luminescents ; la synthèse et l'étude de complexes luminescents et d'assemblages supramoléculaires ; la synthèse, caractérisation et fonctionnalisation de nanoparticules de lanthanides luminescentes.

On peut d'ores et déjà mettre à son actif la synthèse dirigée d'assemblages polynucléaires de lanthanide luminescents, ainsi que l'étude approfondie de la communication intermétallique dans ces systèmes qui a contribué à la première mise en évidence d'un phénomène de conversion photonique ascendante sur un dimère d'erbium(III) en solution aqueuse (deutéree) et à température ambiante. Ces travaux, complétés par une série d'autres études sur des systèmes hétéronucléaires Yb(III)/Tb(III), ouvrent la voie de l'utilisation de tels systèmes pour la microscopie optique et le diagnostic *in vitro*. Dans le même esprit, les transferts énergétiques dans des dyades ou triades ont été mis à profit pour obtenir des sondes luminescentes permettant de détecter et quantifier les ions fluorure ou uranyl(VI) en solution aqueuse. Dans un autre domaine, une augmentation significative des rendements de conversion des cellules photovoltaïques de c-Si et de CIGS a été obtenue en incorporant dans la structure une couche de convertisseurs photoniques à base de complexes de Eu(III) à très haut rendement quantique (jusqu'à 95 % à l'état solide). Enfin, une série de ligands de la famille des bispidines a été synthétisée. Ces ligands possèdent d'excellentes propriétés en termes de radiomarquage, sélectivité vis-à-vis du Cu(II) et stabilité, ce qui en fait de bons candidats pour le développement de radiotraceurs à base de  $^{64}\text{Cu}$ .

Aline Nonat a obtenu des premiers résultats très prometteurs et féconds. Elle a démontré avec succès une aptitude à synthétiser des ligands et complexes présentant potentiellement de grands intérêts pour des applications bien ciblées telles que la TEP ou la conversion photovoltaïque. Cette reconnaissance a été concrétisée par une ANR JCJC portant sur des nanomatériaux marqués au  $^{64}\text{Cu}$  pour le diagnostic et la radiothérapie et une bourse de l'IPVF. Elle dispose d'un réseau international de collaborations et participe aux réseaux européens de type COST. Son programme s'inscrit dans la continuité de ses travaux récents, avec une forte diversification de son activité de recherche et la mise en place de nouvelles collaborations.

## • Oksana Travnikova



Après son doctorat à l'Université d'Uppsala (Suède), Oksana Travnikova a effectué un postdoctorat au synchrotron SOLEIL sur la ligne PLEIADES, avant d'être recrutée chargée de recherche en 2014 au Laboratoire de chimie physique-matière et rayonnement (LCPMR, CNRS/Sorbonne Université).

Cette chimiste spectroscopiste s'est spécialisée dans l'étude des processus dynamiques ultra rapides par spectroscopie de rayons X. Son sujet de recherche porte sur la compréhension fine des mécanismes des réactions chimiques par l'étude spécifique de la réactivité d'espèces isolées, et en particulier ce qui concerne les processus photochimiques. Plus précisément, elle utilise la spectroscopie d'électron Auger pour caractériser les états intermédiaires depuis une excitation électronique initiale jusqu'à la fin du processus de relaxation. En étudiant ces processus ultra rapides, elle a notamment pu mettre en évidence une dynamique multi-mode complexe de dissociation reposant sur un potentiel d'énergie de surface sans barrière impliquant des temps de rupture de liaison très courts (quelques femtosecondes) dans des molécules plus complexes comme le 1-bromo-2-chloroéthane.

Au sein de son groupe, elle est l'une des responsables de l'axe de recherche sur la spectroscopie d'électrons à haute énergie et haute résolution qui utilise le montage HAXPES (« hard X-ray photoelectron spectroscopy ») installé de façon permanente sur la ligne GALAXIES à SOLEIL, où elle est chercheuse associée. Elle est responsable du développement instrumental d'une nouvelle plateforme pour l'étude de la fragmentation multi-étape induite par des photons de haute énergie par coïncidences électrons Auger-ion(s) dont le financement est assuré par l'ANR JCJC 2018 (MUSTACHE). Elle mène ainsi de front un travail de recherche fondamental et de développement instrumental (elle vulgarise aussi ses résultats à travers la publication de news sur le site Internet du synchrotron SOLEIL). Elle a été invitée à plusieurs conférences internationales et mène principalement ses recherches à l'aide du rayonnement synchrotron (SOLEIL, Max IV, BESSY, PETRA III...), mais également avec des lasers XFEL (FERMI, FLASH, EuXFEL) ainsi qu'avec des sources laser HHG.

Oksana Travnikova a développé son propre réseau de collaborations (Allemagne, Finlande, Norvège, Suède) et participe activement aux différentes collaborations internationales du groupe.

Plus de brèves sur [www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)

### Index des annonceurs

Chemspec Europe 2019	4° de couv.	Fondation de la Maison de la Chimie	p. 27, 52
Chimie & Société	p. 27	IUPAC Paris 2019	p. 2
DuPont Personal Protection	2° de couv.	UdPPC	p. 36
EDP Sciences	p. 52		

Régie publicitaire : FFE, 15 rue des Sablons, 75016 Paris.  
Tél. : 01 53 36 20 40 – [www.ffe.fr](http://www.ffe.fr) – contact : [aurelie.vuillemin@ffe.fr](mailto:aurelie.vuillemin@ffe.fr)