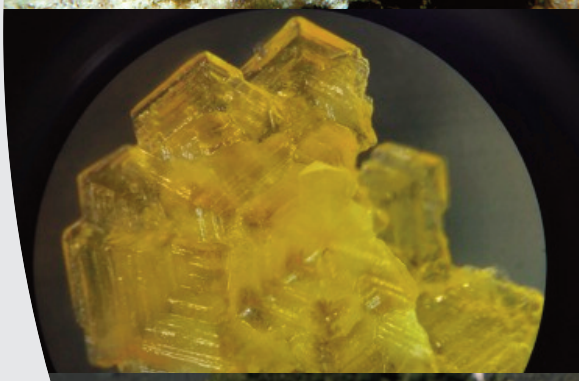
Conférence-débat

INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences



Bioinspiration :
la Nature comme modèle

23 janvier 2018 de 14h30 à 16h45
Grande salle des séances de l'Institut de France
23, quai de Conti, 75006 Paris

Chaque espèce végétale ou animale est une remarquable innovation puisqu'elle perdure depuis des centaines de milliers d'années, voire des millions d'années, souvent malgré des contraintes qui nous apparaissent extrêmes. L'idée de s'inspirer de ces réussites pour innover n'est pas nouvelle mais nous disposons aujourd'hui d'avancées technologiques qui facilitent cette bioinspiration.

Ce domaine de la recherche en plein essor, et qui va parfois jusqu'au biomimétisme, touche tellement de disciplines qu'il ne pourra donc être abordé qu'à travers quelques exemples. Ainsi, dans la course permanente que nécessitent les stratégies de lutte contre les bactéries et les virus pour être efficaces, leurs interactions avec les animaux et les plantes sont une source d'information et d'innovation d'autant plus cruciale que la résistance des bactéries aux antibiotiques se renforce de façon inquiétante.

Parmi les autres exemples choisis au cours de cette conférence-débat de l'Académie des sciences figurent la création de robots s'inspirant des performances aériennes des insectes ailés, la fabrication de verres s'inspirant des méthodes douces mises en œuvre par la Nature et l'utilisation de plantes pour dépolluer…

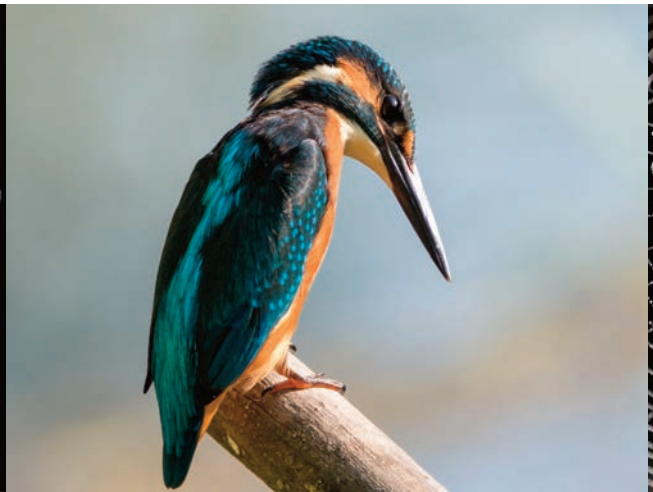
Les organisateurs du colloque

Yvon Le Maho

Yvon Le Maho, membre de l'Académie des sciences et membre associé de l'Académie Nationale de Pharmacie, est directeur de recherche émérite à l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (CNRS et Université de Strasbourg) et au Centre Scientifique de Monaco. Il s'intéresse aux mécanismes physiologiques et comportementaux qui permettent aux animaux de s'adapter aux contraintes environnementales, certains s'étant révélés d'intérêt biomédical. Il a innové dans les technologies réduisant la perturbation liée aux recherches sur les animaux dans leur milieu naturel (RFID, utilisation de robots…) et a publié plus de 250 articles dans des revues internationales.

Christian Dumas

Christian Dumas est professeur émérite à l'Ecole normale supérieure de Lyon au sein de l'Unité Mixte de Recherche Reproduction et Développement des Plantes qu'il a créé et dirigé jusqu'en 2006. Il est membre de l'Académie des sciences et membre honoraire de l'Institut Universitaire de France. Il a mis au point plusieurs systèmes modèles de pollinisation et fécondation in vitro, et plusieurs bio-essais. Il a également publié de nombreux articles et ouvrages scientifiques concernant la biologie des plantes et participé à plusieurs émissions de vulgarisation dans le cadre de canal académie.



Programme

14:30	**Ouverture de la conférence-débat.** **Sébastien Candel,** président de l'Académie des sciences. **Pascale Cossart,** secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. **Yvon Le Maho,** membre de l'Académie des sciences.
14:40	**La biodiversité, une source d'inspiration et un univers à découvrir pour la santé.** **Philippe Bulet,** directeur de recherche au CNRS, directeur opérationnel de la Plateforme BioPark d'Archamps.
15:00	Discussion.
15:10	**Quand la nature inspire l'innovation en chimie et en écologie.** **Claude Grison,** directrice de recherche au CNRS, directrice du laboratoire de Chimie Bio-inspirée et Innovations écologiques.
15:30	Discussion.
15:40	**Les matériaux bio-inspirés.** **Jacques Livage,** membre de l'Académie des sciences, professeur honoraire au Collège de France.
16:00	Discussion.
16:10	**De la mouche au robot et vice versa.** **Stéphane Viollet,** directeur de recherche au CNRS, directeur de l'équipe de Biorobotique à l'Institut des Sciences du Mouvement.
16:30	Discussion.
16:40	Conclusion. **Christian Dumas,** membre de l'Académie des sciences.

Résumés et biographies

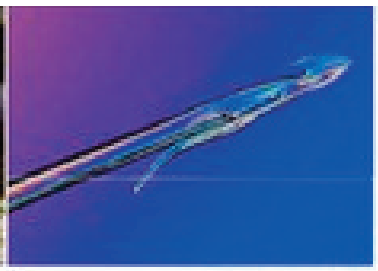
Philippe Bulet

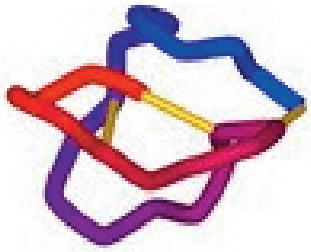
directeur de recherche au CNRS, directeur opérationnel de la Plateforme BioPark d'Archamps.

Philippe Bulet est docteur en biologie animale et physiologie (1984, Université de Lille). De 1990 à 2002 il occupe un poste progressif de chef d'équipe au laboratoire du Professeur Jules A. Hoffmann à Strasbourg. Il a été directeur scientifique d'une société de biotechnologie spécialisée dans les venins de 2002 à 2008 puis directeur de laboratoire à Grenoble de 2011 à 2013. Les intérêts de recherche de Philippe Bulet comprennent l'immunité innée, l'écotoxicologie environnementale, les infections et pathologies chroniques, l'inflammation, et le développement de molécules bioactives issues de la biodiversité comme agents thérapeutiques.

La biodiversité une source d'inspiration et un univers à découvrir pour la santé.

La nature est un réservoir unique de biodiversité où l'ingéniosité est inépuisable. L'Homme ne cesse de trouver en elle des ressources d'inspiration et d'innovation pour améliorer son espace de vie, son bien-être et sa santé. Nous illustrerons cette démarche de biomimétisme par des exemples de molécules bioactives issues de la biodiversité. Si certaines de ces molécules sont présentes dans notre arsenal thérapeutique, d'autres sont considérées comme des thérapeutiques d'avenir. Les organismes venimeux, considérés comme dangereux, véhiculent une source encore sous-estimée de composés bioactifs (petites molécules, peptides ou protéines) d'intérêt thérapeutique. Un autre exemple digne d'intérêt concerne les peptides de la réponse immunitaire innée des organismes vivants. A l'heure où l'antibiorésistance est un enjeu majeur de santé publique, pourquoi ne pas s'inspirer de la Nature pour réinventer l'antibiotique. Le constat est bien réel, les processus du vivant peuvent inspirer la découverte des médicaments de demain.





Synthetic form of the ω-conotoxin peptide

Claude Grison
directrice de recherche au CNRS, directrice du laboratoire de Chimie Bio-inspirée et Innovations écologiques.

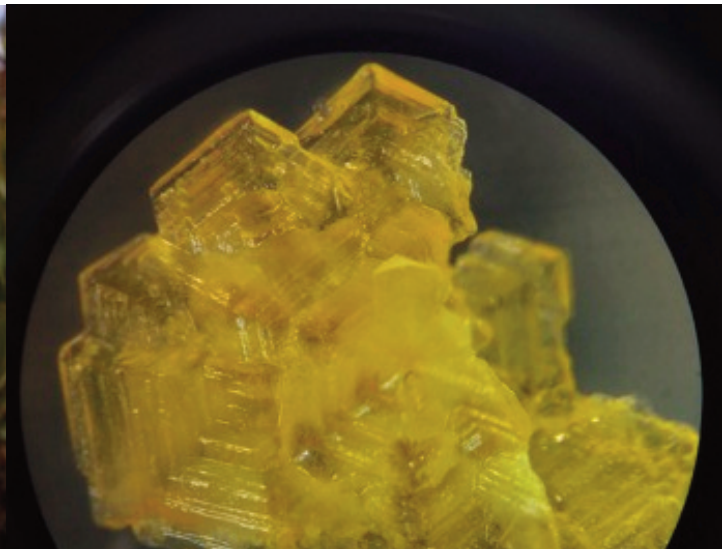
Claude Grison est à l'origine du concept de l'Ecocatalyse. Ses activités de recherche ont fait émerger un nouvel axe de recherche à l'interface de la Chimie bio-inspirée et de l'Ecologie scientifique. Il correspond à une approche globale du développement durable débouchant aujourd'hui sur l'élaboration d'une nouvelle filière verte qui s'appuie sur la réhabilitation écologique de sites industriels et une valorisation chimique et économique inédite des phytotechnologies développées. Elle est l'auteur de 138 publications et ouvrages, et 38 brevets. Ses travaux ont été récompensés par 9 Prix scientifiques dont le Prix A. Joannides de l'Académie des sciences 2016, le Prix Homme-Nature de la fondation Sommer 2016 et la médaille de l'Innovation du CNRS 2014.

Quand la nature inspire l'innovation en chimie et en écologie.

Les performances de la nature sont uniques, adaptables aux conditions extrêmes et génératrices de solutions inédites et subtiles. Elle est une source d'inspiration multidisciplinaire, que le chercheur se doit de comprendre pour la restaurer, la préserver et la valoriser durablement.

Nous montrerons comment la nature a trouvé des solutions pour s'adapter aux dégradations et pollutions engendrées par les activités anthropiques : phytoextraction, rhizofiltration, biosorption, défense et protection ciblée. La découverte, la compréhension de ces systèmes naturels est aujourd'hui à l'origine de vastes programmes de restauration écologique que nous développons sur différents sites industriels. Il permet également de développer des solutions innovantes pour développer le recyclage des ressources minérales et constitue une solution concrète à la criticité des matières minérales non-renouvelables. Enfin, ces plantes permettent aujourd'hui de développer des catalyseurs chimiques innovants.

Ce travail de recherche interdisciplinaire est totalement bio-inspiré. La nature est, dans ce cas précis, le point de départ d'une nouvelle filière verte à économie circulaire qui réconcilie l'écologie et la chimie.

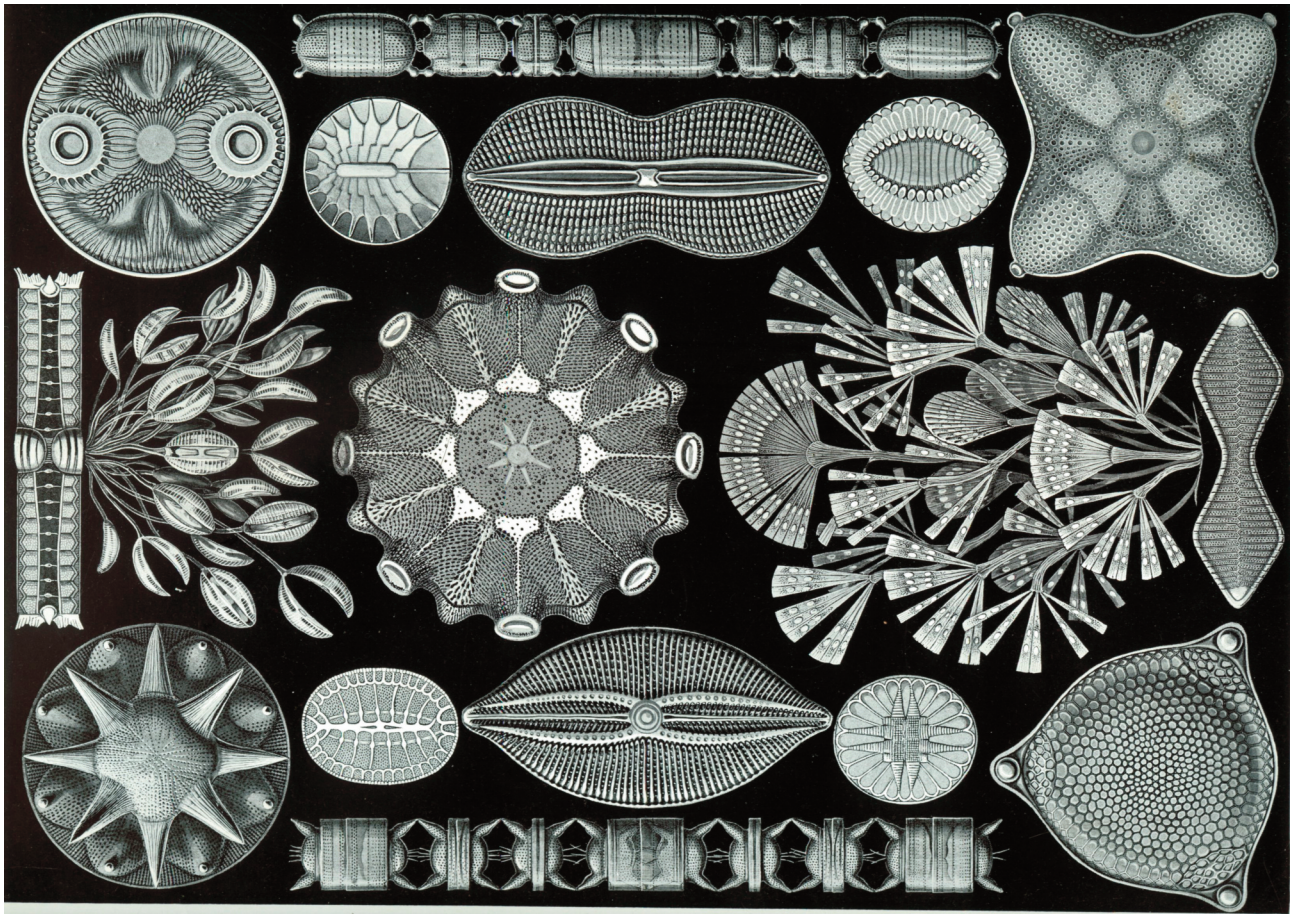


Jacques LIVAGE
membre de l'Académie des sciences, professeur honoraire au Collège de France.

Ingénieur chimiste et docteur ès sciences, Jacques Livage est actuellement professeur honoraire au Collège de France et membre de l'Académie des sciences. Initiateur de la chimie douce, il s'est inspiré des processus de biominéralisation, pour élaborer des verres et des céramiques dans des conditions proches de l'ambiante. On peut ainsi immobiliser des biomolécules et même des micro-organismes (bactéries, micro-algues,…) au sein de matrices minérales conduisant à de véritable « matériaux vivants » qui ouvrent des voies nouvelles pour les biotechnologies.

Les matériaux bio-inspirés.

Les nanomatériaux envahissent notre vie quotidienne et des techniques de plus en plus sophistiquées sont développées afin de maitriser l'élaboration de tels matériaux. Pourtant, l'observation de la nature nous montre que, depuis plusieurs centaines de millions d'années, le vivant a su élaborer des matériaux nanostructurés dont les performances dépassent souvent celles de nos matériaux les plus performants. De simples micro-algues, comme les diatomées élaborent des coques de silice dont la beauté avait séduit Darwin et qui s'avèrent aujourd'hui être de véritables cristaux photoniques vivants ! Comment s'inspirer de l'exemple de la nature pour inventer de nouveaux matériaux « bio-inspirés » ? L'élaboration de tels matériaux par chimie douce conduit à des hybrides organo-minéraux qui trouvent aujourd'hui de nombreuses applications industrielles. L'association avec des bio-molécules et même des micro-organismes conduit à des « matériaux vivants » qui ouvrent de nouvelles perspectives dans le domaine des biotechnologies et de la nanomédecine.



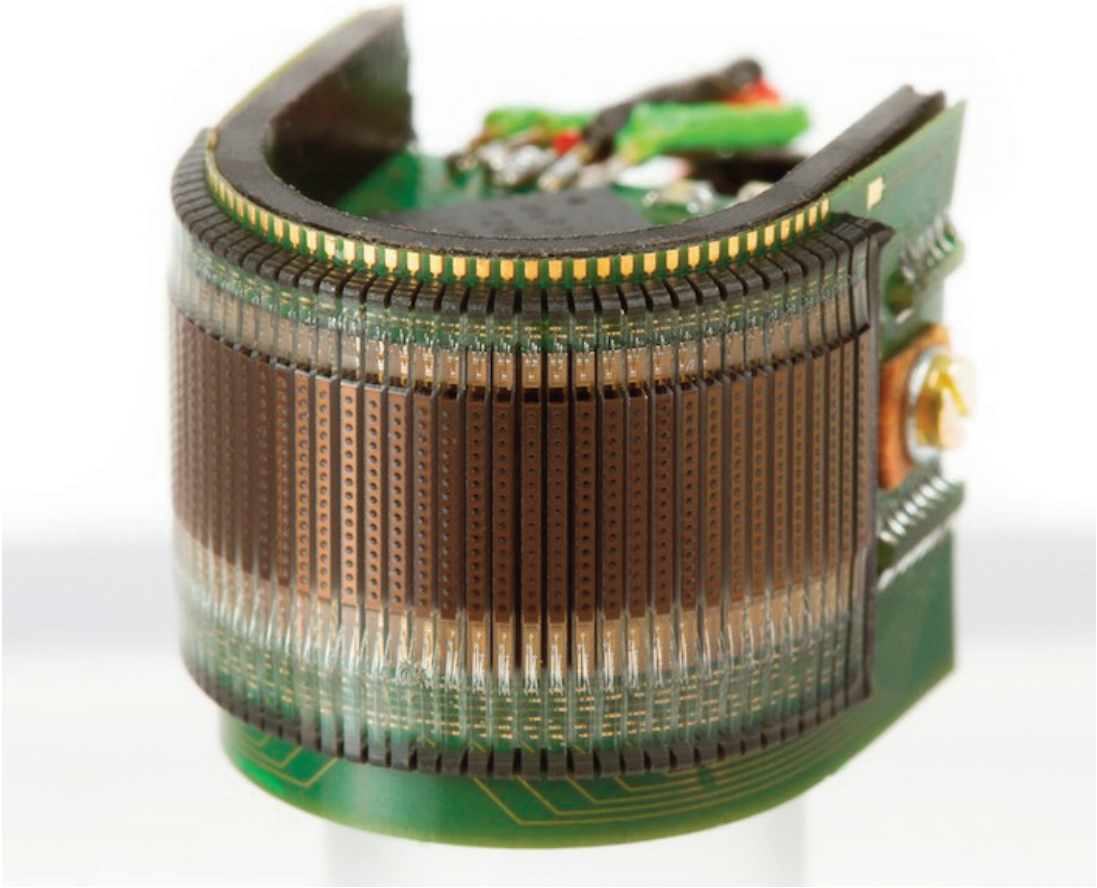
Stéphane VIOLLET

directeur de recherche au CNRS, directeur de l'équipe de Biorobotique à l'Institut des Sciences du Mouvement.

Stéphane Viollet, directeur de recherche au CNRS, est responsable de l'équipe Biorobotique à l'Institut des Sciences du Mouvement à Marseille (CNRS/Aix-Marseille Université). Ses intérêts scientifiques concernent l'étude des réflexes sensori-moteurs chez la mouche, les capteurs optiques bio-inspirés et les stratégies de pilotage de robots inspirées de l'insecte. Il a participé au développement du premier œil composé artificiel inspiré de l'œil de la drosophile (Projet Européen CurvACE). Il est l'auteur de plus de 60 publications, de 8 brevets et a été co-lauréat du prix du journal La Recherche en 2005.

De la mouche au robot et vice versa.

D'une manière générale, les approches dites bio-inspirées permettent de faire d'une pierre trois coups : améliorer la connaissance, avoir des idées souvent contre-intuitives et inventer de nouvelles technologies très souvent en rupture. L'approche biorobotique est un point de rencontre où robotique et neurosciences tentent d'expliquer et de modéliser le comportement des insectes ailés (mouche, abeille, bourdon, guêpe…). Il s'agit de comprendre quelles sont les modalités sensorielles utilisées par ces insectes dont les prouesses quotidiennes de haut vol dépassent largement celles du moindre robot volant. La neurophysiologie associée à l'éthologie nous permet de mieux modéliser les réflexes sensorimoteurs mis en jeux à bord de ces petits animaux. Les robots sont des incarnations des principes bio-inspirés pour valider nos modèles de connaissance. Des études récentes menées au laboratoire se sont focalisées sur la perception de la gravité chez la mouche ou encore sur la conception de nouveaux capteurs optiques bio-inspirés pour la robotique. Cet exposé présentera plusieurs exemples de réalisations robotiques bio-inspirées associés à des études menées sur leurs modèles biologiques.



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Fotolia.com : ©sdecoret / ©lucadp / © kentoh
©DR / ©Ernst Haeckel

www.academie-sciences.fr