



Département Sciences de la vie

CONFÉRENCES JACQUES-MONOD

PHYSICO-CHEMICAL ECOLOGY OF ORGANISMS
ÉCOLOGIE PHYSICO-CHIMIQUE DES ORGANISMES

RAPPORT

Président : **Jérôme CASAS**

*Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte,
CNRS UMR 6035, Université François Rabelais, Faculté des Sciences, Tours, France*

Vice-President : **George JERONIMIDIS**

*The University of Reading, School of Construction Management and Engineering,
Centre for Biomimetics, Reading, United Kingdom*

Roscoff (Brittany), France

24-28 September 2005 - 24-28 septembre 2005

Public

La conférence 'Ecologie physico-chimique des organismes' a été suivie par 71 personnes, dont plus d'une dizaine de doctorants et post-docs (seulement 2 français !), soit environ 15%. A noter la proportion très considérable, proche de 25%, d'américains du Nord. Un nombre relativement important (environ 5-10 personnes) a dû renoncer à venir au dernier moment, pour des raisons d'ordre personnel (tornade aux USA, maladie, etc...).

La nature extrêmement transversale de cette conférence s'est traduite dans l'origine de formation des participants. Alors que le contingent des biologistes fut de loin le plus grand, les physiciens et mathématiciens représentèrent quelques 25-30%, les ingénieurs n'étant qu'une poignée. Quelques personnes ont des formations doubles, en particulier les américains.

L'écho le plus favorable de cette conférence au sein de la communauté française a eu lieu en 'physique du vivant' au niveau cellulaire et moléculaire. La participation des biologistes français du type 'organisme et écologie' fut généralement décevante malgré des relances ciblées. Nous revenons sur ce point dans nos conclusions car les implications, une fois recoupées avec d'autres faits sans rapports directs avec la conférence, sont stratégiquement importantes pour le Département Vivant, le CNRS et la recherche française.

Organisation

La conférence s'est déroulée de manière exemplaire. Nous n'avons que des éloges à formuler. Le temps imparti pour les discussions était suffisant, l'excursion fut un moment tout aussi intensif d'échanges. Le nombre de jours prévus un peu juste, mais suffisant.

Nous avons prévu une séance de six interventions courtes, chacune de 15 minutes avec discussion. Nous avons proposé à des jeunes professeurs assistants, CR et post-docs (à une exception), généralement des physiciens et mathématiciens, de présenter leurs travaux. S'en est suivie une discussion en plenum avec ces six personnes devant les participants, puis une déclaration de tous ces scientifiques sur l'origine de leur intérêt pour l'écologie physique. Cette 'jam session' fut considérée comme le meilleur moment par beaucoup d'entre nous. Il y régnait un esprit à la 'de Gennes' (l'un des intervenants venant de ce milieu), où un regard candide sur les phénomènes a priori simples se déroulant dans la Nature s'allie avec une physique, mathématique et ingénierie de premier ordre.

Prochaine conférence

Les membres de la conférence ont désiré renouveler cette expérience en nommant à l'unanimité l'actuel vice-président comme président ainsi que le Dr. N. Franceschini (DR CNRS UMR 6152 'Mouvement et perception') comme vice président. N. Franceschini est mondialement connu pour ses travaux sur la vision des mouches et leurs possibles applications en robotique, dernièrement en avionique. De formation biologiste et cybernéticien, il personifie parfaitement l'interface entre ces domaines. Il serait intéressant d'inclure dans la thématique de la future CJM plus de physique au niveau cellulaire, les recherches en ce domaine étant très actives également et la communauté française apparemment plus réceptrice.

Résumé concis et thématiques transversales

La session **lumière et vision dans l'eau et l'air** a traité du cryptisme chez les animaux marins et terrestres, de l'interception de la lumière par les plantes, de la nécessité d'utiliser des modèles physiologiques de la vision pour comprendre comment d'autres organismes que l'humain perçoivent leur environnement. Un exposé bionique/biomimétique a démontré comment la compréhension de la vision chez une mouche pouvait déboucher sur des applications surprenantes en aviation.

La session **écologie sensorielle** fut une session où la mécanique a brillé de tous ses feux. Les problèmes de contacts entre patte d'insecte et substrat, de dynamique de fluides lors de la perception par des poils de courants d'air et d'eau (pour trouver de la nourriture, ou échapper à des proies) furent illustrés dans le cas de crustacés, d'insectes et araignées. La thermique ne fut pas en reste, avec un exposé fascinant sur la thermorégulation par les abeilles, pas plus que l'électricité avec deux exposés sur l'orientation de poissons électriques dans leur recherche de nourriture. L'écholocation par les chauves-souris et la diffraction du son par leurs oreilles était également à l'honneur. Les outils utilisés pour étudier ces phénomènes sont aussi variés que modernes : Laser Doppler, Particle Image velocimetry, camera IR, camera numérique rapide, éléments finis, équations aux dérivées partielles. Un exposé très original de transfert latéral d'ADN entre bactéries du sol nous fut présenté. Le mécanisme est inattendu puisqu'il s'agit de l'éclair !

Il est surprenant que les phénomènes liés aux changements de température et de budget d'énergie (thermique) d'organismes ne soient pas plus étudiés, vu l'importance des changements climatiques à venir. Cependant, la session **énergétique** fut très intéressante. Les animaux vivant dans les milieux extrêmes sont toujours et encore source de résultats très intéressants et caricaturaux (Le principe de Crogh) – donc très utiles.

L'hydrodynamique fut à nouveau à l'honneur dans une session **ondes** qui traita de la capacité des organismes du littoral à tenir bon lors de vagues exceptionnelles, de courses poursuites à micro échelle entre zooplancton et proies, de turbulence dans les canopées des arbres et leur comportement, de bactéries et leur recherche active de nourriture (pas facile à ces nombres de Reynolds), d'ondes de surfaces utilisées par certains insectes marchant sur l'eau. La nage des poissons y fut également traitée, en particulier la relation entre hydrodynamique de la nage et propriétés de l'habitat ainsi que l'aérodynamique du vol chez les oiseaux et insectes. On peut s'attendre à des résultats spectaculaires dans les années à venir à ce sujet, et l'on aura bientôt compris comment un insecte vole. Les retombées sont énormes (MAV- micro air vehicles). Aucun groupe français sur le créneau biologique, mais quelques tentatives du côté des ingénieurs que nous avons également entendus. Cette séance s'est conclue avec deux présentations d'ondes mécaniques, l'une concernant les propriétés viscoélastiques des toiles d'araignées, l'autre sur les plantes carnivores dont les feuilles se referment très brusquement (plante Vénus).

Ceci faisait une belle transition avec des modèles d'étude du monde végétal. A nouveau la mécanique l'a emporté dans une session **structures et matériaux**, depuis la perception de la gravité jusqu'aux contraintes mécaniques du bois, en passant par l'évolution mécanique des lianes. De manière générale, les végétaux sont un substrat idéal pour étudier les fibres composites et la dichotomie, que n'utilisent pas les organismes, entre matériaux et structure.

La variété des thématiques fut donc très vaste, ce qui transparissait déjà dans les titres des séances. Il existe cependant une vision commune, explicitée dans le projet, qui devient

une évidence pour ceux qui gravitent dans ce milieu. Il est impressionnant de voir des groupes de scientifiques si disparates discuter ensemble, l'un étudiant le mouvement du blé dans les champs, un autre des senseurs MEMS (micro et nanotechnologie) pour capter la vitesse des fluides dans des microchips, un autre encore ajuster des modèles de mouvements de poils d'insectes.. la physique à l'origine de ces processus est le trait d'union.

On constate également que certains domaines sont très actifs : l'hydrodynamique (nage de toutes sortes d'organismes), l'aérodynamique (vol des insectes et oiseaux) la physique de la lumière et les couleurs/visions des animaux et plantes, la mécanique de tissus/structures complexes (bois, chitine, toile d'araignée). A contrario, un domaine où nous avons échoué est l'interface entre physique et chimie : l'olfaction. Une seule personne a fait une présentation dans ce sens (relations entre couche limite physique et chimique, transport des molécules jusqu'aux récepteurs). Il est vrai que le nombre de scientifiques dans ce domaine est très faible, probablement trop pour en avoir fait cas dans le titre de la conférence.

Conclusions, retombées immédiates et implications pour le Département Vivant, le CNRS et la recherche française en général

Cette conférence fut un véritable succès. Il ne se mesure pas par le nombre de participants, plutôt faible. Il se mesure par l'analyse et l'enthousiasme des participants, dont l'exemple d'un scientifique très connu (3 livres chez Princeton) est en annexe. Il se mesure aussi par la volonté de persévérer par une prochaine conférence, et par la mise sur pied au sein de la communauté Française et au-delà, de collaborations et réseaux. Par exemple, un groupe de biologistes travaillant sur l'orientation magnétique des organismes marins comme les tortues (Prof. S. Johnsen, Duke University) a découvert pendant la conférence un groupe de physiciens travaillant sur les nano particules magnétiques au sein d'une cellule, groupe qu'il citait depuis longtemps (groupe du Dr. J-C. Bacri, Paris VII).

Parmi les retombées immédiates à caractère officiel, au delà de celles qui sont usuelles (invitations respectives, collaborations, papiers, etc.), il convient de mentionner brièvement l'initiative du ministère de la recherche Allemand de faire un pont entre les deux pays au sujet de la bionique, sous une forme non définie pour l'instant, à minima sous la forme d'un GDR Européen, mais peut-être sous la forme d'un institut Carnot. Un premier meeting Franco-Allemand s'est tenu mi-décembre 2005, sur l'invitation d'un grand programme transversal (Schwerpunktprogramm Bionik). Une délégation de 6 français s'y est rendue, dont 3 personnes de cette CJM et une personne de l'ANR.

Malgré un intérêt scientifique incontestable et des retombées technologiques si importantes que les armées américaines, anglaises et australiennes financent de nombreuses recherches (via ONR, DARPA, AF), ce domaine d'études restera numériquement faible en France pour bien des années. Ceci est dû aux difficultés extrêmes à définir des postes de manière véritablement transversale, malgré quelques progrès en ce domaine, en particulier au CNRS. En effet, à quand des interfaces entre SPI et écologie, entre SPI, math/physique et biologie de l'organisme ? Cette cristallisation du système classique est exacerbée par le manque de courage local, dans les universités, d'oser brasser les cartes de manière violente. Mais la faute est également à rechercher du côté de la communauté française des biologistes de l'organisme et écologues. L'effort important pour intéresser les labos travaillant dans le domaine, qui alla jusqu'à envoyer des mails personnalisés à des dizaines de chercheurs, eut un insuccès frisant le ridicule. L'absence de ces groupes -qui pourtant travaillent dans ce domaine- est difficilement excusable, celle de leurs doctorants franchement inquiétante. Not

so aux USA. Des universités comme le MIT et Princeton ont plus de 15 Professeurs à cette interface, la plupart engagés depuis moins de 5 ans, souvent sur la vague 'system biology'. Pour l'instant seuls Chimie-Physique à Paris et le MIT français en devenir auraient peut-être l'esprit façonné de telle manière à pouvoir s'aligner en France. Il s'agit d'une vision, d'un état d'esprit, plus que de ressources.

La physique a déjà révolutionné la biologie moléculaire, cellulaire et depuis peu une partie des neurosciences. Il suffit pour s'en convaincre de feuilleter des livres comme celui de P. Nelson, *Biological Physics* (2004) ou encore C. Koch, *Biophysics of Computation* (1999) et bien d'autres. La mise sur pied de cette conférence a permis aux présidents de voir se créer une nouvelle constellation devant leurs yeux, qui deviendra réalité d'ici une décennie : des UMR travaillant au cœur de la biologie des organismes et de l'écologie faites de physiciens, mathématiciens et ingénieurs à 90%, flanqués d'un ou deux biologistes seulement. La version miroir de nombreuses unités actuelles, en quelque sorte. Une preuve franco-française ? Les dromes inspirés d'organismes vivants sont mentionnés plusieurs fois dans le récent et volumineux rapport de conjoncture du CNRS, mais exclusivement dans la partie ingénierie et physique. C'est en vain que l'on cherchera un équivalent dans la partie biologie supra cellulaire, pourtant *a priori* la 'maison mère' naturelle de l'étude fondamentale de ces processus. Les enjeux n'ont heureusement pas échappé aux niveaux supranationaux, comme l'attestent les projets Européens CICADA (tenu par une équipe française) et CILIA (seul projet bionique/biomimétique du 6^{ème} PCRDT pour l'instant). Espérons que cette CJM, la suivante, ainsi que ce rapport servent de déclencheur de prise de conscience au niveau national.



**HOPKINS MARINE STATION
STANFORD UNIVERSITY**

OCEANVIEW BLVD.
PACIFIC GROVE, CA 93950-3094

TEL: (831) 655-6200
FAX: (831) 375-0793

October 27, 2005

Professor Jérôme Casas, Directeur
Insitut de Recherche en Biologie de l'Insecte
IRBI UMR CNRS 6035
Université de Tours
37200 Tours
FRANCE

Dear Jérôme,

This is a much belated note to thank you for the excellent conference in Roscoff last month. It was far and away the best meeting I have been to in years: superb talks on a wide variety of interesting topics, and plenty of chances to discuss science with new-found colleagues. For some time now I have bemoaned the fact that there is little communication between biomechanics and physiologists in Europe and the US, and this conference (and hopefully others like it) will go a long way to improving that situation. I appreciate the huge effort you put into arranging this meeting, and I feel honored to have been a participant.

I look forward to seeing you again sometime soon. Perhaps at another Jacques Monod Conference?

Best regards,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Mark Denny".

Mark Denny
DeNault Professor of Marine Sciences