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.

Physique nucléaire et corpusculaire
Bertram **Blank** **8**

Sciences physiques et mathématiques
Denis **Bernard** **6**
Guy **Millot** **28**
Vladimir **Touraev** **38**

Sciences et technologies de l'information et de la communication
Philippe **Flajolet** **14**
Olivier **Joubert** **18**

Sciences pour l'ingénieur
Stéphane **Zaleski** **40**

Sciences chimiques
Marc **Fontecave** **16**
Daniel **Lincot** **22**

Sciences de l'Univers
Rosine **Lallement** **20**
Olivier **Talagrand** **36**

Sciences de la vie
Michel **Loreau** **24**
Bernard **Maro** **26**
Félix **Rey** **32**
Paolo **Sassone-Corsi** **34**

Sciences de l'homme et de la société
Sylvain **Auroux** **4**
Jean-Paul **Bravard** **10**
Jean-Pierre **Brun** **12**
Jean-Luc **Nespoulous** **30**

Sylvain
Auroux

SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE
UNITÉ « HISTOIRE DES THÉORIES LINGUISTIQUES »
CNRS / UNIVERSITÉ PARIS 7 / ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE - LETTRES ET SCIENCES HUMAINES (LSH)
LYON

© CNRS photothèque - Christophe Lebedinsky.

Bâtisseur du savoir

Sylvain Auroux peut remercier son père de l'avoir incité à faire « math sup » : par esprit de contradiction, le jeune bachelier s'est dirigé vers une hypokhâgne. Bien lui en a pris car il y a visiblement trouvé sa voie, bâtissant une œuvre foisonnante qui lui vaut aujourd'hui, à 57 ans, de recevoir la Médaille d'argent du CNRS.
Normalien, il passe l'agrégation de philosophie en 1972 en même temps qu'il soutient une thèse sur la sémiotique des Encyclopédistes. Pourquoi ce sujet ? « On avait l'idée avec des copains de faire des thèses collectives. *L'Encyclopédie* était un bon modèle de la situation discursive du savoir à un moment donné. On s'était partagé les domaines, j'avais pris la grammaire. »

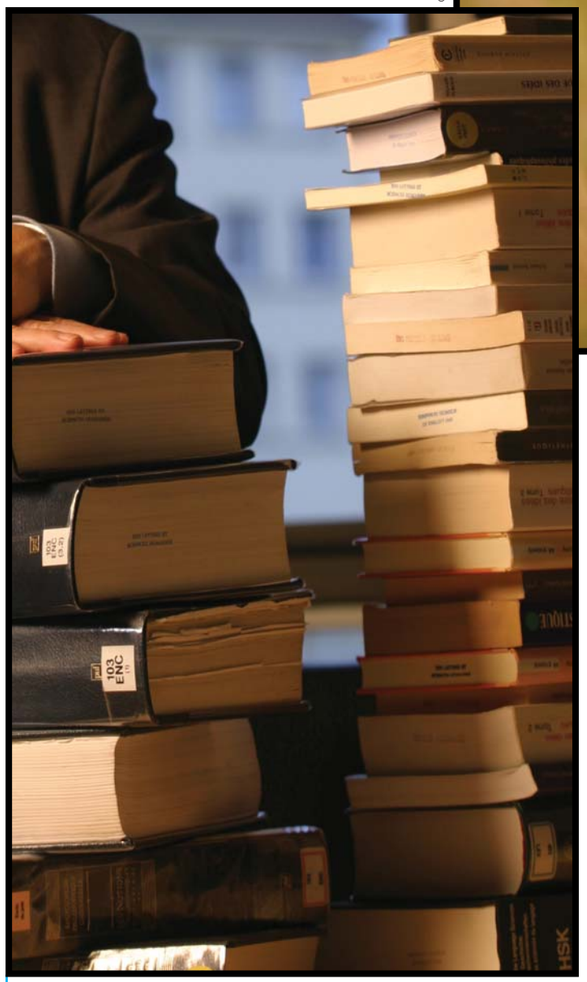
Structurer un domaine de recherche

Professeur dans le secondaire pendant sept ans, il ajoute à son bagage la linguistique avant de se plonger dans l'histoire des sciences. Une boulimie intellectuelle qui ne le déconnecte en rien du réel : suivant les conseils de Jean-Toussaint Desanti, qui fut son professeur (« Il faut vous ancrer dans les positivités ! »), il va procéder à la structuration de tout un domaine de recherche autour de l'histoire et de l'épistémologie des sciences du langage, que ce soit par la direction d'une unité de recherche au CNRS, le pilotage de programmes internationaux ou la fondation et la direction de revues, en particulier la revue *Histoire, Épistémologie, Langage* qu'il a créée et dirigée jusqu'en 2002.

« Les processus cognitifs complexes sont d'abord des processus culturels, appuyés sur des objets techniques. »

Sa production personnelle, régulière et abondante, s'organise autour de plusieurs pôles qui vont, pour simplifier, des sciences du langage à la théorie de la connaissance en passant par la modélisation de la logique. Ses travaux portent notamment sur la description des conceptions linguistiques du XVIIIe siècle dans *L'Encyclopédie*, sur le rôle de la logique dans les sciences cognitives, sur l'émergence historique de la grammatisation.

Disert et convivial, Sylvain Auroux est cependant un philosophe difficile, qui navigue plus volontiers dans les eaux du savoir que dans celles de la vulgarisation. Essayons tout de même un rapide décryptage de sa pensée.



© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky.

Une production abondante : onze livres en propre et direction de vingt deux ouvrages collectifs, cent cinquante articles.

Un philosophe externaliste

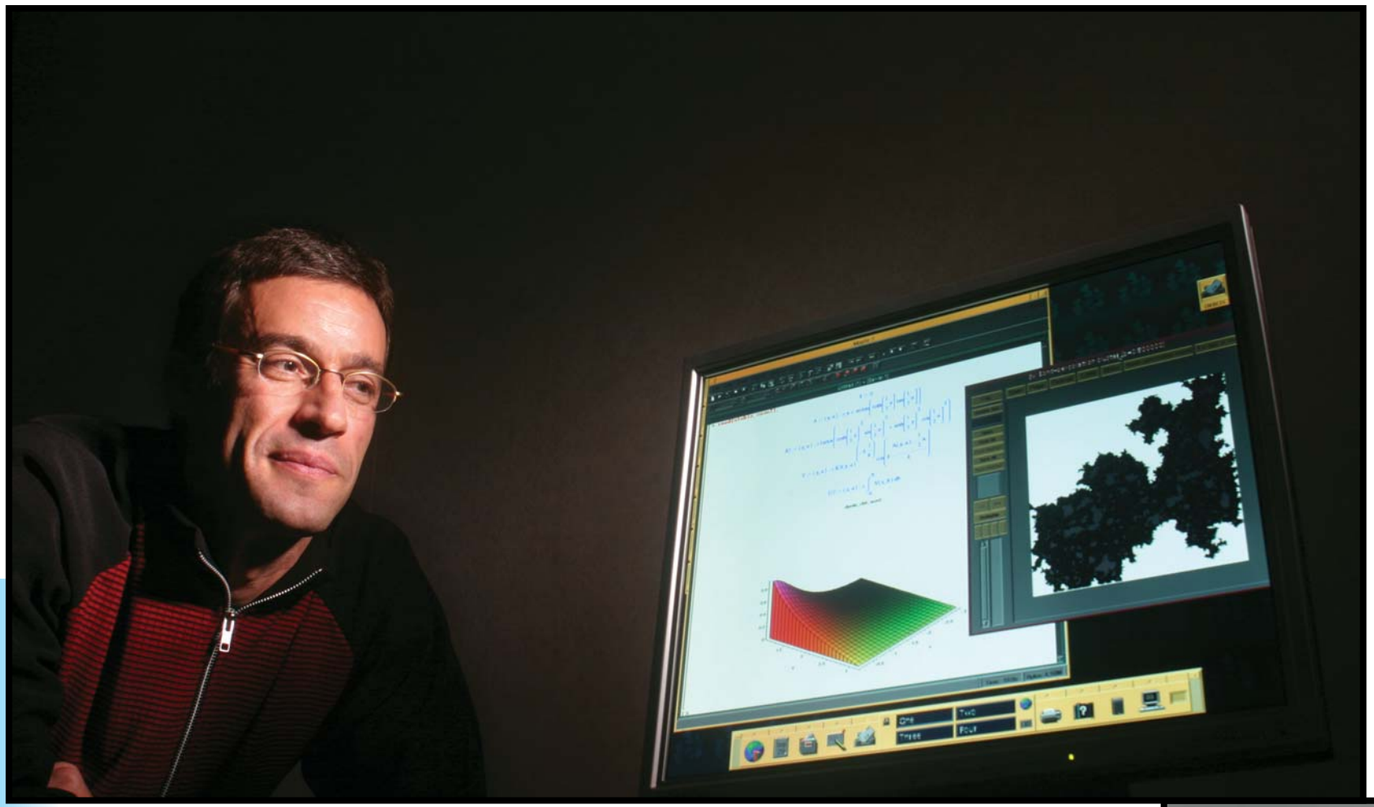
« L'intelligence humaine est essentiellement externe à l'individu. » Au-delà de l'aspect provocateur de cette affirmation, une solide analyse critique. Dans la tradition de la philosophie de la connaissance on a cherché la source de celle-ci dans l'individu. On a cru qu'il suffisait d'explorer les propriétés intrinsèques du sujet cognitif pour trouver le fondement de l'esprit, ce qui permet ultérieurement de lier facilement biologie et performances cognitives. « Or les processus cognitifs complexes sont d'abord des processus culturels, appuyés sur des objets techniques. Il y a mathématiques parce qu'on a instrumentalisé le réel (corps propre, cailloux) et construit des instruments spécifiques (bouliers, abaques), il y a langage parce qu'on a instrumentalisé certaines fonctions corporelles. Il en découle que les sciences cognitives ne relèvent pas seulement des neurosciences mais aussi de l'histoire des sciences et des technologies. »
Autre illustration de cet externalisme : la grammatisation, c'est-à-dire la constitution d'un outillage grammatical. « Grammaires et dictionnaires ne sont pas de simples représentations de langues qui leur préexisteraient, mais des outils externes qui modifient les espaces de communication et exercent des influences sur les langues. La grammaire n'est pas ce que j'ai dans la tête mais un objet externe que je peux toutefois m'approprier. »

« Les intellectuels doivent aussi chercher de l'argent, désigner des comités, construire des bibliothèques. »

Constructeur des instruments du savoir, Sylvain Auroux a relevé en 1995 un défi à sa mesure : la direction et la délocalisation de l'École normale supérieure Fontenay Saint-Cloud à Lyon. « Les intellectuels doivent aussi chercher de l'argent, désigner des comités, construire des bibliothèques. » Le résultat est là : un bâtiment clair, aux lignes épurées qui donne envie de redevenir étudiant. Ou chercheur de base. C'est le rêve de son directeur qui évoque avec un plaisir évident le moment plus très lointain où il pourra à nouveau produire du savoir sans contraintes, « comme les arbres produisent des fruits ».

Denis
Bernard

SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES
SERVICE DE PHYSIQUE THÉORIQUE (SPHT)
CNRS / COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE (CEA)
SACLAY



© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky.

Les rebonds d'un physicien

Difficile d'évoquer Denis Bernard. D'un côté, un physicien à la recherche subtile et fortement mathématisée, qui préfère examiner les fondations des théories, plutôt que d'aller sur le devant de la scène, en spéculer ou en tester le degré de réalité. De l'autre un homme rétif à toute définition de lui-même, à toute catégorisation, qui souhaiterait ne délivrer de lui que la somme de ses travaux scientifiques.

« Ce sont les rencontres qui font émerger les idées. Elles sont indispensables, sinon on s'enlise. »

Y a-t-il par exemple des enseignants, des chercheurs qui l'aient beaucoup marqué ? S'il évoque la forte personnalité de son directeur de thèse Jean-Thierry Mieg, c'est pour immédiatement ajouter : « Mais je n'ai pas de "maître" au sens où on l'entend habituellement. » Et il manifeste le même refus de tout ce qui, dans un portrait de scientifique, pourrait s'apparenter à un stéréotype. A-t-il, hors la physique, d'autres centres d'intérêt ? Bien sûr, mais il avoue trouver un peu curieux, sinon ridicules, ces scientifiques qui se déclarent des hobbies. Porte-t-il un regard particulier sur la crise qui a agité la recherche en 2004 ? Il relève du domaine de l'opinion personnelle, s'excuse-t-il de répondre. Son parcours est marqué par l'excellence. Cet ancien élève de l'École normale supérieure Fontenay Saint-Cloud, est reçu deuxième à l'agrégation de physique, puis premier au DEA de physique théorique. Suit une thèse à l'Observatoire de Meudon sur la quantification de la gravitation, puis un post-doc dans l'un des cénacles de la physique mathématique, l'Institut des études avancées à Princeton. « C'était une grande chance d'y travailler. On avait toute l'information. » Depuis quatorze ans, il est chercheur au Service de physique théorique de Saclay.

Bifurcations fécondes

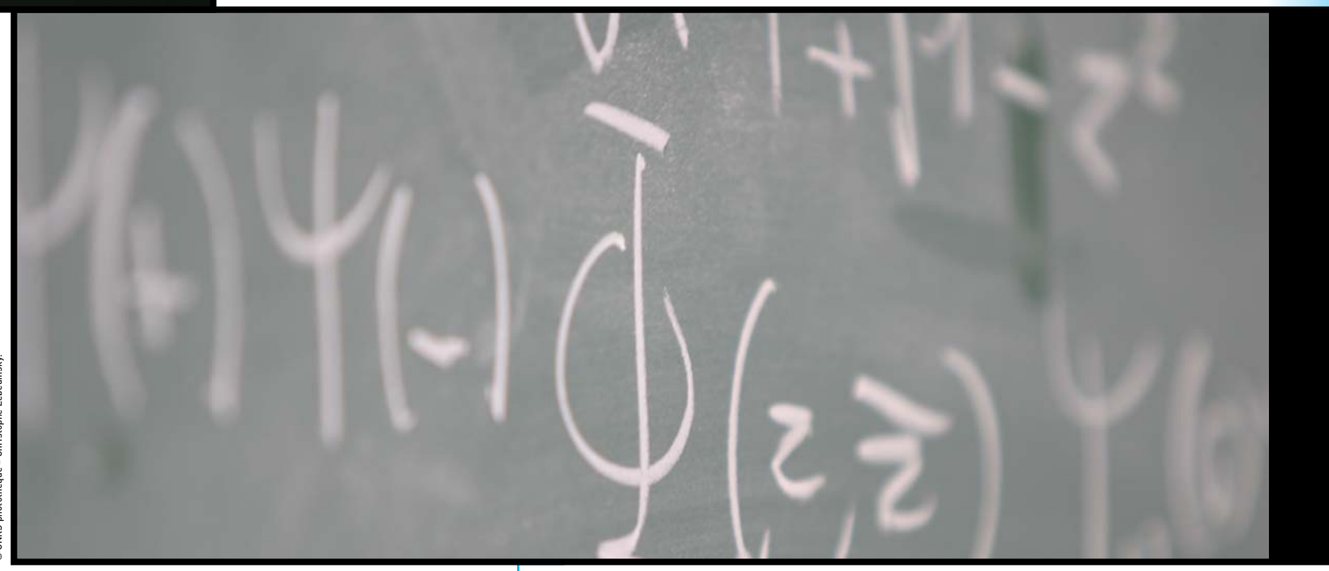
Ce qui frappe le plus, dans la carrière de Denis Bernard, c'est l'impressionnante variété des domaines de recherche qu'il a abordés. À 43 ans, il a consacré plus de soixante-dix articles à pas moins de neuf domaines, des théories des cordes à la turbulence, en passant par les théories conformes, « l'un des fils rouges de ma vie professionnelle. » Dotées de propriétés d'une grande richesse, ces dernières se retrouvent dans de nombreux modèles en physique, notamment ceux qui décrivent les passages brutaux d'un état à un autre, les transitions de phases.

« En général, je prends un modèle simple et fondamental, puis je le creuse. »

Cette diversité, est-ce la volonté de ne pas se laisser figer dans un sujet de recherche particulier ? « Être toujours dans le même domaine, je trouve cela un peu stérilisant. » Cependant, précise-t-il, « il n'y a pas de miracle, des cadres, des méthodes reviennent. Par exemple, pour mes travaux sur la croissance fractale, j'ai utilisé ce que j'avais fait sur la turbulence et les théories conformes ». Mais il ne pratique pas cet éclectisme en dilettante. « Je me pose constamment la question de savoir s'il faut continuer de travailler sur tel ou tel sujet, au risque de s'y laisser enfermer, ou en changer, au risque de n'être qu'un électron libre. » Cette incertitude, ajoute-t-il, « est parfois pour moi un peu stressante ».

Le rôle de la culture

Comment se fait le rebond d'un sujet à l'autre ? « D'abord, je lis beaucoup de publications, dans beaucoup de domaines. » Ensuite, « ce sont les rencontres qui font émerger les idées. Elles sont indispensables, sinon on s'enlise ». Des idées qui viennent parfois tout simplement, comme lors d'un séminaire sur les chaînes de spins, donné par un de ses spécialistes, Duncan Haldane, qui s'interroge sur les caractéristiques de certains de ces modèles. Denis Bernard y entrevoit la solution qui conduira à donner une nouvelle description des théories conformes. Pour autant, il ne croit pas vraiment au concept d'intuition. « Ce qui est déterminant, c'est plutôt la mise en contact de cultures différentes, propres à chaque chercheur. » C'est ainsi qu'une collaboration avec Krzysztof Gawedzki et Antti Kupiainen a permis d'adapter une notion issue des systèmes intégrables à un tout autre contexte, celui de la turbulence.
Sa façon de travailler ? « En général, je prends un modèle simple et fondamental, puis je le creuse », c'est-à-dire qu'il le décortique, identifie ses propriétés mathématiques, établit des ponts avec d'autres théories, renverse les perspectives. Un vrai travail de fond, qui met en lumière l'édifice de la physique moderne.



© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky.

Le tableau noir, outil simple mais indispensable à Denis Bernard pour développer les théories conformes, un de ses thèmes de recherche.

Bertram

Blank

PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET CORPUSCULAIRE
CENTRE D'ÉTUDES NUCLÉAIRES DE BORDEAUX GRADIGNAN (CENBG)
CNRS / UNIVERSITÉ BORDEAUX 1
GRADIGNAN

La radioactivité… à deux protons

« S'il y a une qualité que je me reconnais, c'est la persévérance. » Et il lui en a fallu, à Bertram Blank, triathlète à ses heures, pour arriver à ses fins : de 1998 à 2001, il répète cinq fois la même expérience, l'améliorant sans cesse. Une obstination qui finit par payer : en 2002, son équipe et lui annoncent la découverte d'une nouvelle radioactivité. Un événement, en physique nucléaire, quand la mise en évidence des radioactivités α et β remonte au début du XX^{e} siècle !

« J'ai été fasciné par ces grands accélérateurs, par l'ambiance. »

Premiers pas en nucléaire

Pour Bertram Blank, tout commence quand, jeune lycéen allemand, il visite le centre de recherches sur les ions lourds (GSI) à Darmstadt, près de Francfort. « J'ai été fasciné par ces grands accélérateurs, par l'ambiance. » C'est décidé, il commence des études de physique nucléaire. Juste après son DEA, son professeur lui confie une mission : aller passer six mois en France, au laboratoire Saturne à Saclay, pour tester un projet d'expérience. Envoyé seul, il goûte à une liberté dont il se souviendra. « J'avais plus de responsabilités qu'en Allemagne, où le poids de la hiérarchie est important. » Revenu à Darmstadt, il passe sa thèse en 1991. « Mais c'était l'époque de la réunification, qui coûtait très cher. Les recrutements se faisaient rares. » Aussi quand on lui propose un post-doc à Bordeaux, il saute sur l'occasion. Là-bas, les choses se passent si bien qu'un an à peine après son arrivée, il est recruté au CNRS. Sans hésiter, il s'installe avec sa femme dans la région, qui leur plaît beaucoup.

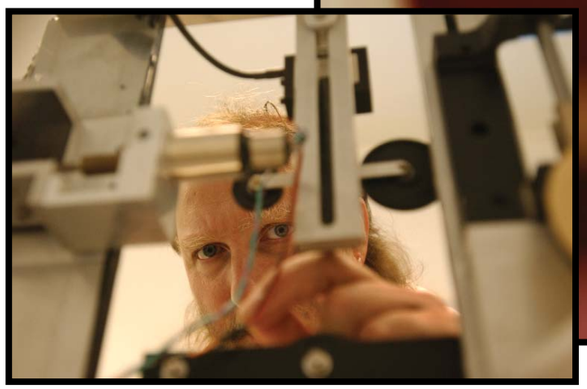
« Comme souvent, les meilleures expériences sont celles qui commencent mal. »

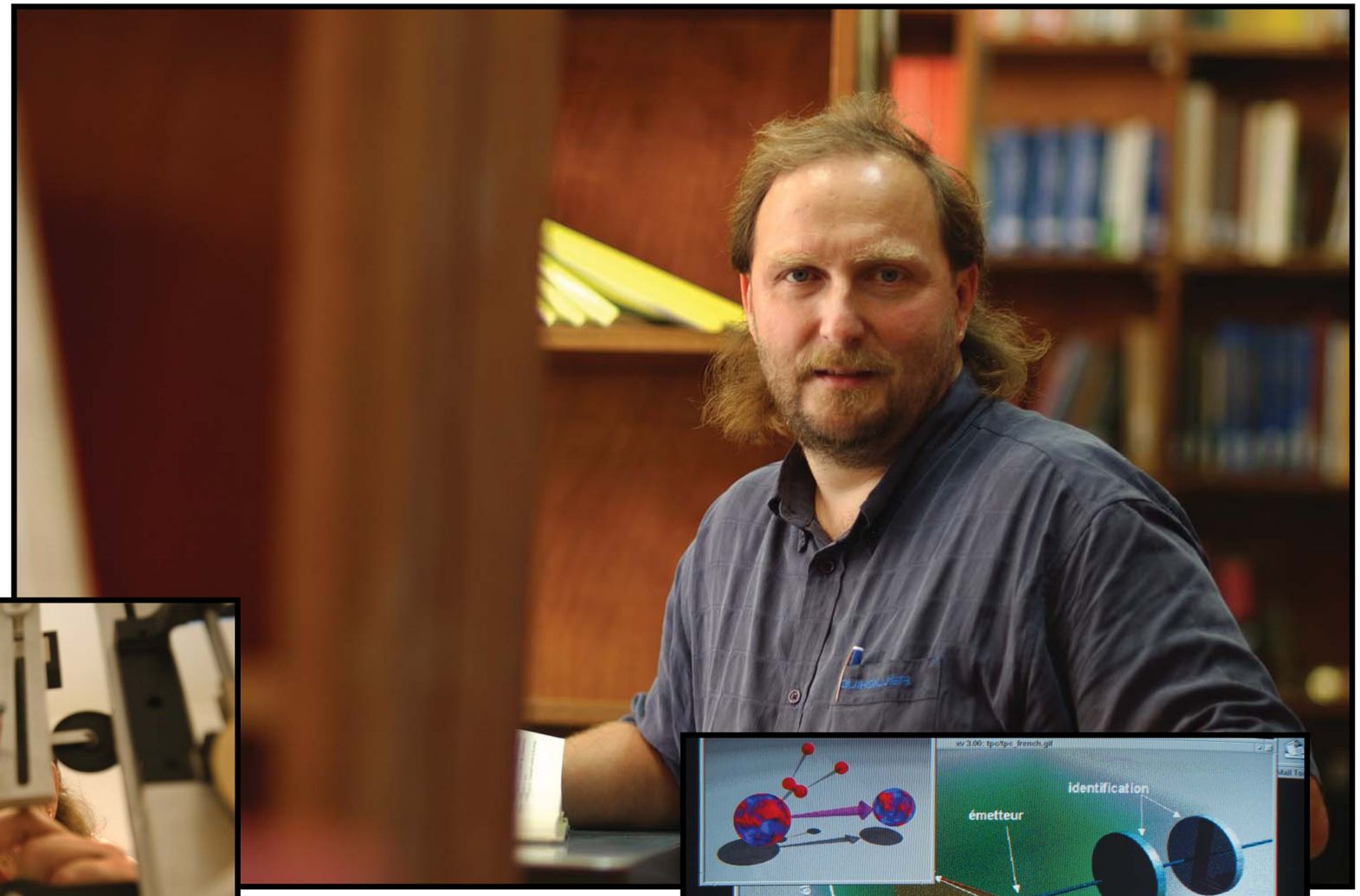
Il se lance alors dans la quête du dernier des noyaux « doublement magiques ». Ceux-ci ont un nombre bien particulier de protons et de neutrons, qui leur confère une grande stabilité. Tous avaient été découverts sauf un, le nickel-48. C'est chose faite en 1999 par l'équipe de Bertram Blank et à l'époque, c'est déjà un événement.
Mais c'est dans les résidus même de cette expérience qu'ils vont trouver encore mieux : un peu de fer-45. Un noyau qu'on soupçonne depuis longtemps d'être sujet à un phénomène inédit, prédit par le théoricien russe Vitalii Goldanskii en 1960 : la radioactivité à deux protons. « On sait que dans les noyaux, les protons vont par paires, mais on en connaît mal le mécanisme. Goldanskii a prédit que certains noyaux, qui ont trop de protons, expulsent une de ces paires. » Une occasion unique, donc, de pouvoir les étudier.

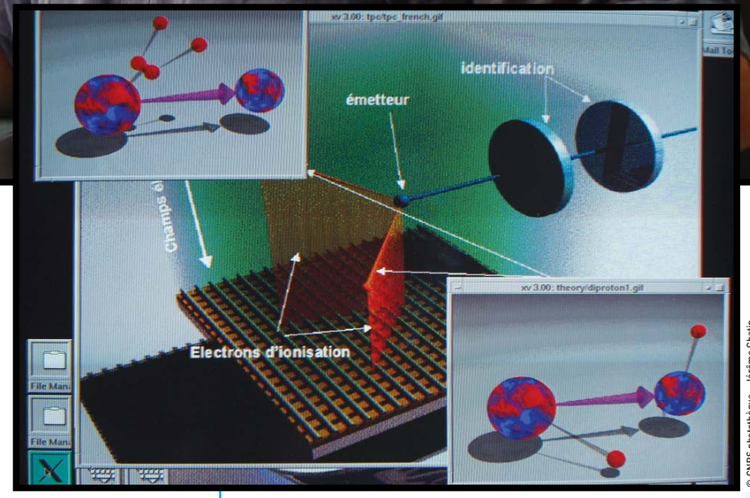
Découverte de la radioactivité à deux protons

L'année suivante, une nouvelle expérience consacrée à la recherche de cette radioactivité dans le fer-45 est donc décidée. « Comme souvent, les meilleures expériences sont celles qui commencent mal. Pas moyen d'augmenter le nombre de fer-45 : si on intensifiait le faisceau, les cibles fondaient et la nouvelle cible censée améliorer les choses s'est révélée complètement inefficace. Tout était à ses limites. » Mais ils réussissent et publient leur découverte en 2002, en même temps qu'une équipe du GSI… à laquelle collabore aussi Bertram Blank ! Prochaine étape : analyser la paire de protons éjectée, grâce à un nouveau détecteur en construction.

Avec un sujet aussi passionnant, on pourrait croire Bertram Blank rivé à son laboratoire. « En fait, non, ce n'est pas quand je m'enferme dans mon bureau que les idées me viennent. » Aussi est-il déjà parti deux fois, avec femme et enfants, passer un an dans des laboratoires américains. « C'est sûr, à court terme il est plus efficace de rester à Bordeaux. Mais travailler à l'étranger change les idées, fait rencontrer des gens aux savoirs différents. » La prochaine fois, il aimerait bien partir au Japon. « Mais là, ma femme n'a pas l'air d'accord… »


© CNRS photothèque – Jérôme Chatin.


© CNRS photothèque – Jérôme Chatin.



© CNRS photothèque – Jérôme Chatin.

Photo page de gauche : Bertram Blank en train de travailler sur la machine à tisser qui sert à construire le détecteur TPC (chambre à projection temporelle).
Photo page de droite : le schéma au centre de l'écran montre le détecteur TPC en construction au CENBG, pour la visualisation des traces des deux protons. Les deux autres graphes représentent schématiquement une émission simultanée de deux protons et une émission séquentielle.

Jean-Paul **Bravard**

SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ
UNITÉ « ENVIRONNEMENT, VILLE ET SOCIÉTÉ » (EVS)
CNRS / UNIVERSITÉ LYON 2 / UNIVERSITÉ LYON 3 / INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON (INSA) / ÉCOLE NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'ÉTAT (ENTPE)
LYON

L'homme qui aimait les fleuves

« Je suis devenu géographe par atavisme », dit-il en souriant. Issu d'une famille de géographes et d'historiens, enseignants depuis six générations, c'est tout logiquement que Jean-Paul Bravard a consacré sa carrière à « lire les paysages » et à les enseigner, une carrière qui vient d'être récompensée par la Médaille d'argent.

« L'interdisciplinarité repose sur les rencontres, l'amitié, transcende les clivages de culture et favorise la créativité. »

Né en 1948, titulaire d'une agrégation de géographie et d'une thèse sur le Haut-Rhône français, Jean-Paul Bravard a enseigné pendant huit ans dans le secondaire, puis à l'université : Lyon 3, Paris 4, Lyon 2 enfin, où il est actuellement professeur, tout en dirigeant la zone-atelier du Bassin du Rhône (ZABR). Membre senior de l'Institut universitaire de France depuis 2001, il est l'artisan d'un essor considérable de la géographie physique dont la morphodynamique fluviale, qu'il a su faire renaître et qui est devenue sous son impulsion l'un des fleurons de la recherche française.

Des frontières scientifiques fertiles

Jean-Paul Bravard est l'incarnation même de l'ouverture à l'interdisciplinarité et de la fertilité des frontières scientifiques. Tout au long de sa carrière il a su jeter des ponts entre plusieurs communautés : géographes, historiens, archéologues, biologistes, écologues ou hydrauliciens. Une interdisciplinarité vécue dans le bonheur et la curiosité. « L'interdisciplinarité repose sur les rencontres, l'amitié, transcende les clivages de culture et favorise la créativité. Elle m'a offert mes plus grandes joies intellectuelles. »

© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky.

Les sédiments collectés sur les berges des fleuves racontent leur fonctionnement actuel et retracent leur histoire.

© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky.

Esprit ouvert et curieux, Jean-Paul Bravard a su ne pas manquer les rencontres décisives. La première a lieu en 1979. « Je venais d'entrer à la fac, le CNRS lançait son programme sur l'environnement, le PIREN, le professeur Roux constituait une équipe de biologistes, il manquait un spécialiste du fleuve » : ce fut lui. Il reconnaît que l'impulsion institutionnelle a été le facteur déclenchant, « ensuite il y a eu un enjeu intellectuel, l'équipe de Lyon est devenue leader. Certains sont partis, pour ceux qui sont restés, l'aventure a duré quatorze ans ».
La deuxième rencontre se fait en 1982 avec des archéologues : « J'étais fasciné par cette discipline. » Le contact a été fructueux et a favorisé le dialogue entre les chercheurs qui travaillent sur le passé et ceux qui sont sur l'actuel, dialogue indispensable à la compréhension des crises environnementales et des mécanismes de durabilité et de résilience des systèmes.

Europe : améliorer l'état des fleuves

Enfin en 2001 il prend la direction de la ZABR nouvellement créée, une structure qui réunit une vingtaine de laboratoires. « Un peu comme le PIREN mais avec une finalité de recherche appliquée. » L'occasion pour ce chercheur exigeant d'articuler étroitement la recherche fondamentale et les impératifs de ceux qui sont chargés de « ménager » le territoire. L'Europe leur confie une mission concrète et ambitieuse : améliorer d'ici 2015 l'état des fleuves. Il s'agit d'évaluer les dégradations, dues à la pollution et à l'activité humaine, et de rendre aux fleuves « abîmés » leur liberté, leur état naturel. Une réhabilitation qui dépendra d'un choix de société et ne sera pas la même dans une zone de loisir ou dans une zone industrielle.
Jean-Paul Bravard, on l'aura compris, est un amoureux des fleuves. « C'est un intégrateur humain, un espace qui a une géologie, un paysage, un climat, une société, un lieu où s'inscrit l'histoire. Chaque point d'un fleuve intègre la complexité d'un amont. »

Il est aujourd'hui, sa modestie dût-elle en souffrir, l'un des géographes français dont le rayonnement international est le plus grand, ce dont témoignent la qualité et l'abondance de sa production scientifique, ses fonctions dans l'édition et ses nombreuses missions d'expertise en Grèce, en Chine, au Brésil, au Yémen.

« Le fleuve est un intégrateur humain, un espace qui a une géologie, un paysage, un climat, une société, un lieu où s'inscrit l'histoire. Chaque point d'un fleuve intègre la complexité d'un amont. »

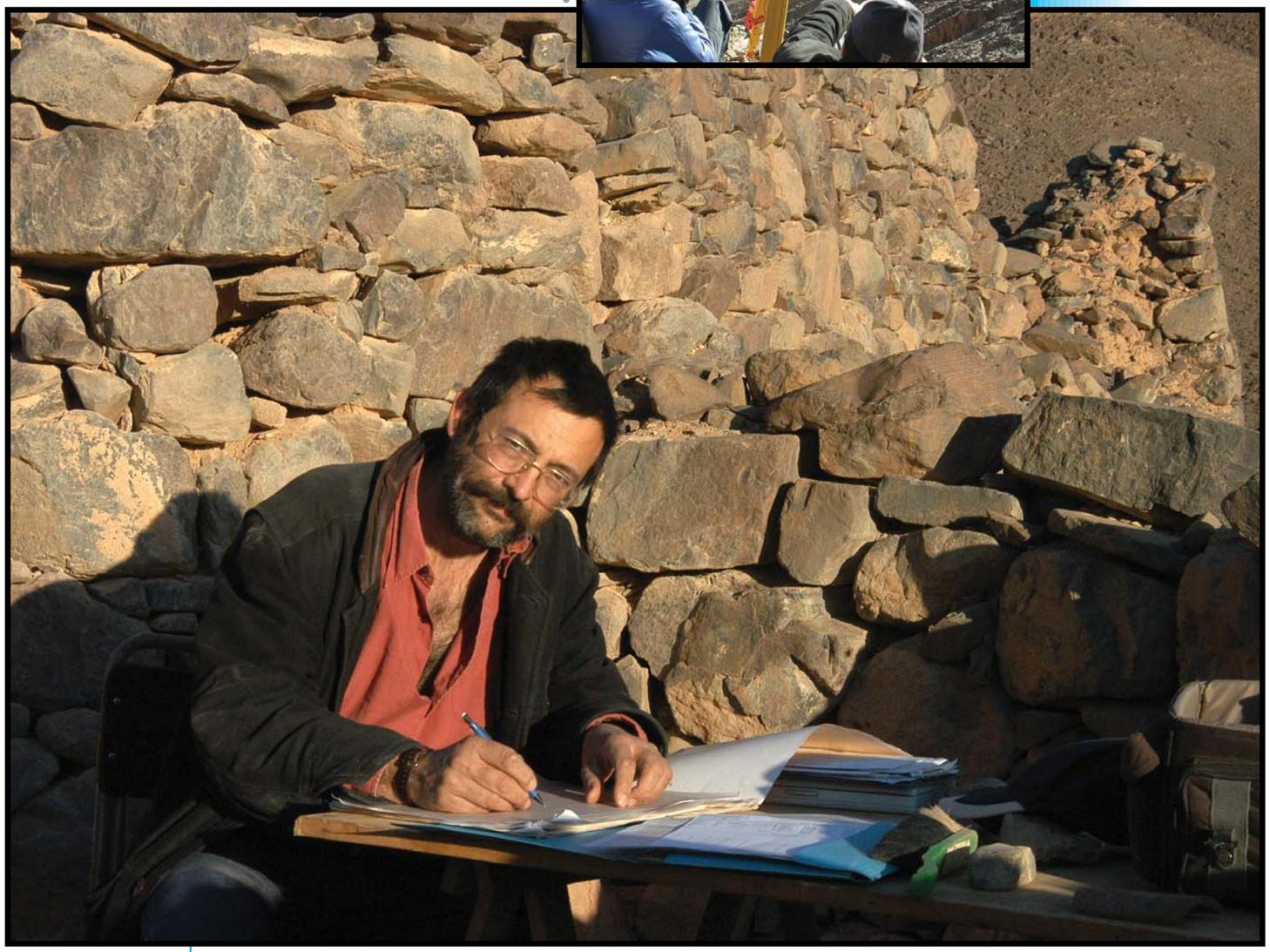
Pédagogue et professeur attentif, a-t-il du temps à consacrer à la vulgarisation ? « Je ne refuse jamais les conférences publiques, mon mode de vulgarisation est l'oral. Je réserve l'écrit à la transmission purement scientifique. » Dommage, à quand un *Que sais-je ?* sur la morphodynamique fluviale ?

Jean-Pierre

Brun

SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ
CENTRE JEAN BÉRARD
CNRS / ÉCOLE FRANÇAISE DE ROME
NAPLES

© CNRS Centre J. Bérard / École française de Rome - J.-P. Brun.



© CNRS Centre J. Bérard / École française de Rome - E. Botte.

Photos page de gauche : Jean-Pierre Brun en mission en Égypte. En haut, dans les carrières romaines du désert Oriental ; en bas, devant le fort d'Umm Balad.
Photo page de droite : vue aérienne de la villa gallo-romaine du Grand Loou à La Roquebrussanne, Var. Cette grande ferme était, au IIe siècle après J.-C., le centre d'un important domaine viticole dont les pressoirs et les cuves ont été retrouvés. Fouille de Gaëtan Congès (Service régional de l'archéologie) et de Jean-Pierre Brun (Centre archéologique du Var).

Lire et relire les vestiges

Son moteur, la passion. Une passion qui l'a saisi très tôt – il a commencé ses premières fouilles à 12 ans – et qui est restée intacte au cours d'une foisonnante carrière, récemment couronnée par la Médaille d'argent.

Jean-Pierre Brun, 49 ans, directeur de recherche au CNRS, est spécialiste des installations agricoles liées aux cultures arbustives de la Méditerranée hellénistique et romaine. Sa thèse de troisième cycle était consacrée à la production de l'huile dans la Gaule romaine, sa thèse d'État portait sur l'huile mais aussi sur le vin dans la Méditerranée antique. « Certaines installations attribuées au traitement de l'huile étaient en fait destinées au vin… j'ai repassé toute ma documentation au crible ! »

In vino veritas

Passer du plausible au réel, remettre en question, réinterpréter sans cesse, c'est le travail quotidien de ce chercheur précoce qui s'est vu confier, à 23 ans, la direction du Centre archéologique du Var. Chargé ensuite de ce même département dans le cadre du Service régional de l'archéologie (ministère de la Culture), il y a conduit de nombreuses fouilles de sauvetage, notamment celles du port antique de Toulon. Il entre au CNRS en 1993 au Centre Camille-Jullian d'Aix-en-Provence. Depuis 2000, en tant que directeur du Centre Jean Bérard à Naples, il a la responsabilité d'une unité qui relaie l'action de l'École française de Rome.

Représentatif d'une nouvelle génération d'archéologues dont la réflexion porte sur des problématiques de notre temps, il explique : « Les questions qu'on se pose aujourd'hui ne sont plus celles des guerres, ni uniquement de l'histoire de l'art, mais portent sur l'évolution économique, l'histoire des techniques, la nourriture, la santé, le goût, les rapports sociaux, la place de la drogue. » Il étend son champ d'investigation à des formes d'artisanat encore mal cernées par leurs traces archéologiques : « J'ai réinterprété à Délos et à Paestum des vestiges considérés comme des instruments agricoles : ils appartenaient en fait à des parfumeries, ce qui expliquait leur implantation en centre-ville. »

Une autre certitude historique est mise à mal par ses travaux : la syphilis, que l'on croyait importée d'Amérique par Christophe Colomb, était déjà présente dans la Méditerranée antique. « En fouillant en 1989 une nécropole près d'Hyères, on a trouvé dans une tombe une femme enceinte de sept mois, dont le fœtus présentait des anomalies osseuses identifiées comme une syphilis congénitale primaire par des amis paléopathologistes de l'université de Marseille et de Szeged (Hongrie). De quoi réécrire l'histoire de cette maladie qui a pris des formes différentes selon les milieux et les époques. » Notons au passage la pratique spontanée de l'interdisciplinarité, « une affaire de copains plus que d'institutions ! »

« Les questions qu'on se pose aujourd'hui ne sont plus celles des guerres, ni uniquement de l'histoire de l'art, mais portent sur l'évolution économique, l'histoire des techniques, la nourriture, la santé, le goût, les rapports sociaux, la place de la drogue. »

La leçon égyptienne

Pas de vacances pour cet homme pressé qui, chaque année depuis dix ans, participe à la fouille de forts de l'armée romaine dans le désert oriental d'Égypte. « L'Égypte m'a rendu très circonspect sur mes interprétations et sur celles de mes collègues. La sécheresse restitue des vestiges dont l'état de conservation prodigieux montre une complexité qu'on ne peut retrouver dans les pays tempérés humides. » En poste en Italie depuis quatre ans, il dirige la fouille des ports de Cumes et coordonne un programme sur l'artisanat à Pompéi. « Pompéi doit fournir à nos collègues qui travaillent sur des sites moins bien conservés des critères d'interprétation, par exemple sur le fonctionnement des chaudières ou des tanneries. »

© C. Hussy / M. Heller, ministère de la Culture.

Ce chercheur charismatique et productif, auteur de nombreux livres et articles, ne néglige pas pour autant son rôle d'acteur social (« Nous devons tenter de peser sur la décision politique en matière d'environnement, de conservation des sites archéologiques et naturels. ») et de diffuseur des connaissances : on lui doit notamment, outre de nombreuses émissions télévisées et des expositions, la construction d'un pressoir à la mode romaine dans un domaine viticole du Gard.

Philippe
Flajolet

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION
DIRECTEUR DE RECHERCHE À L'INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE (INRIA)

© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky

Prendre langue avec les algorithmes

Coiffure à la Georges Perec, chemisette et sac thaïlandais sur l'épaule : Philippe Flajolet n'a rien de l'Académicien des sciences tel qu'on se l'imagine. « On se fait de l'Académie une représentation un peu faussée. Il faut voir, pourtant, certains des plus âgés de ses membres s'y comporter en tout jeunes chercheurs. » Un lieu où l'on discute, et c'est peut-être ce qui importe le plus à ce spécialiste de l'analyse des algorithmes : la science se débat et s'échange, là-bas, dans un congrès ou à la terrasse d'un café. Un goût du contact qui l'a amené à publier avec des chercheurs de plus de vingt nationalités différentes, « un des aspects les plus extraordinaires de la recherche ».

« Dans les années quatre-vingt, on a compris que pour comparer les performances des algorithmes, il fallait investir des domaines plus abstraits des mathématiques, comme l'analyse, qu'elle soit combinatoire, complexe, ou asymptotique. »

De la linguistique à l'informatique

Ce métier, il en rêvait depuis le lycée, « sans doute pour suivre la voie d'un grand-père astronome que je n'ai pas connu ». Entré à l'École polytechnique, il se passionne pour la linguistique, notamment les travaux de Noam Chomsky sur les langages formels et les langues naturelles. Il se tourne donc vers ce qui s'en rapproche le plus, la logique formelle. Il intègre ensuite un petit organisme tout neuf, le futur Institut national de la recherche en informatique et en automatique (INRIA). « Tout est à faire : c'est le Far West de l'informatique ! » lui dit Maurice Nivat, avec lequel il débute en recherche. Il croise alors la route de ce « grand esprit, intellectuellement très stimulant » qu'est Marco Schützenberger, et travaille sur les modèles formels de calcul. Puis il prépare son doctorat ès sciences avec son aîné d'un an, Jean Vuillemin, tout juste revenu de Stanford. Celui-ci l'entraîne sur les traces de l'américain Don Knuth, lequel vient de poser les premiers jalons d'une discipline nouvelle : l'analyse des algorithmes. « Cela avait un côté plus concret, plus proche d'objets mathématiques "vivants", moins sec que ce que je connaissais de la théorie formelle de la calculabilité. »

Les mathématiques au secours de l'ordinateur

Mais qu'est-ce que l'analyse d'algorithmes ? « En gros, c'est comprendre combien il va falloir de tours de manivelle à l'ordinateur pour exécuter une tâche. » Pendant longtemps, quand on étudiait les algorithmes, le but était qu'ils marchent à coup sûr, dans le pire des scénarios. « C'est indispensable pour sécuriser le décollage d'une fusée ; mais dans la plupart des cas, il nous suffit de connaître le comportement moyen de l'algorithme, bref de faire des probabilités. Ensuite, dans les années quatre-vingt, on a compris que pour comparer les performances des algorithmes, il fallait investir des domaines plus abstraits des mathématiques, comme l'analyse, qu'elle soit combinatoire, complexe, ou asymptotique. » Il prend alors son bâton de pèlerin et part séjourner aux Bell Labs, à Princeton et à Stanford. Cela débouche notamment sur la mise au point, avec Philippe Jacquet, de protocoles de communication pour les réseaux informatiques.

« L'analyse d'algorithmes, c'est en gros comprendre combien il va falloir de tours de manivelle à l'ordinateur pour exécuter une tâche. »

« Alors que j'étais maître de conférences à Polytechnique, vers la fin des années quatre-vingt, arrive une vague de jeunes brillants, à la fois bien formés en maths et désireux de faire des choses concrètes en informatique. Ils ont permis de faire le lien entre des travaux plutôt méthodologiques et le calcul formel. »
Preuve de son influence sur la discipline, un numéro spécial de la revue *Algorithmica* lui est consacré, à l'occasion de ses 50 ans. Deux de ses collègues, Helmut Prodinger et Wojciech Szpankowski, y décrivent ainsi son travail : « Quand on lit les articles de Philippe Flajolet, on a l'impression que ce qui le guide est le désir d'un compte rendu systématique, et d'une compréhension complète et profonde. » Une tâche qui le laisse rarement inoccupé, mais malgré tout, il conserve « un intérêt actif pour la linguistique historique des langues indo-européennes » – il faut l'entendre expliquer le glissement du mot français « pied » au « foot » anglais – et une partie du temps restant, dévore des polars.

Marc

Fontecave

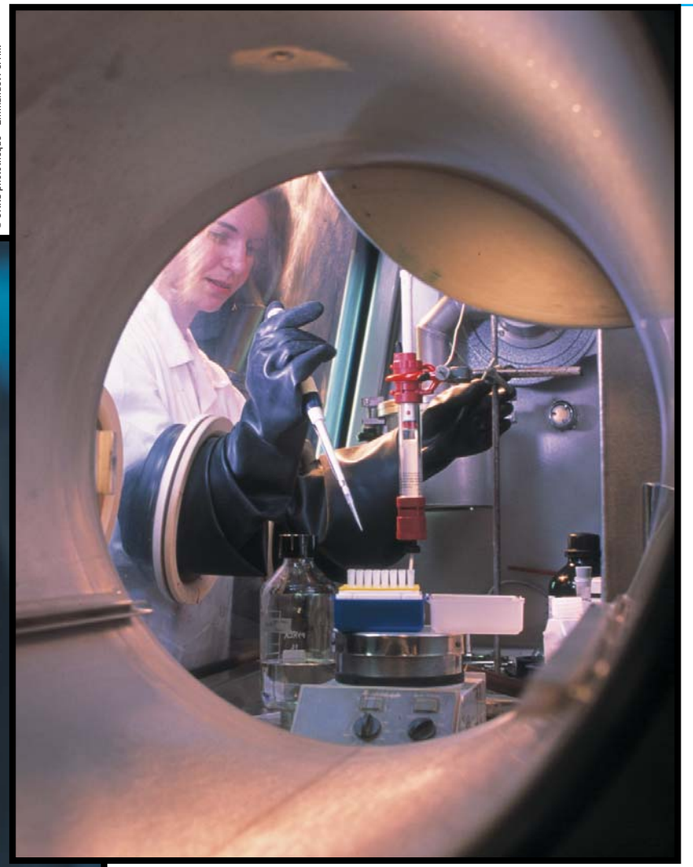
SCIENCES CHIMIQUES
UNITÉ « CHIMIE ET BIOCHIMIE DES CENTRES RÉDOX BIOLOGIQUES » (CBRCB)
CNRS / UNIVERSITÉ GRENOBLE 1 / COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE (CEA)
GRENOBLE

© CNRS photothèque – Emmanuel Perrin.

© CNRS photothèque – Emmanuel Perrin.

Le métallo de la biochimie

Marc Fontecave s'intéresse aux métaux. N'en déduisez pas pour autant qu'il est métallurgiste. Non, les métaux qui le préoccupent sont associés à des protéines et jouent un rôle majeur en biologie. Car c'est bien en chimie bio-inorganique, cette discipline qui marie les composés inorganiques que sont les métaux et le vivant, que le jeune Médaillé d'argent se distingue.
Inspiré au départ par sa mère professeur de lycée, Marc Fontecave voulait surtout enseigner. « Cela me semblait une bonne manière de travailler tout en ayant du temps pour d'autres activités », justifie-t-il. Élève de l'École normale supérieure de l'enseignement technique (ENSET) de Cachan, il tente son agrégation en 1984 et l'obtient du premier coup. Après un DEA de chimie organique, il consacre ses thèses de troisième cycle et d'État à l'étude de la réactivité chimique de porphyrines de fer et de manganèse, en tant que catalyseurs de réactions de réduction et d'oxydation. Marc Fontecave découpe volontiers sa vie de chercheur en quatre grandes parties. Celle-ci fut la première.



© CNRS photothèque – Emmanuel Perrin.

Photo page de gauche : production d'hydrogène par électrolyse catalysée par des complexes bioinspirés de l'hydrogénase.
Photo page de droite : préparation en atmosphère contrôlée (boîte à gants) de catalyseurs d'oxydation biomimétiques.

« Peut-être peut-on s'inspirer du mode de fonctionnement de l'enzyme hydrogénase naturelle pour inventer de nouveaux catalyseurs ? »

Fer et soufre dans une nouvelle famille d'enzymes

Lors de la deuxième, son stage post-doctoral à Stockholm, il se prend au jeu et découvre réellement le monde de la recherche et de la biologie. Il y découvre le système d'activation de la ribonucléotide réductase de classe I, une nouvelle famille d'enzymes : les flavines réductases et la ribonucléotide de classe III. Cette dernière apparaîtra plus tard comme le prototype d'une large classe d'enzymes fer-soufre impliquées dans de nombreuses voies d'activation (réparation de l'ADN, biosynthèse des vitamines, modification des ARNt…).
Son retour en France correspond au début de sa troisième période. Alors qu'il n'a que 33 ans, il est nommé professeur à l'université Joseph Fourier (UJF) de Grenoble. Nous sommes en 1989. C'est à ce moment qu'il crée sa propre équipe de recherche au sein du laboratoire de chimie de l'UJF. Faisant appel aux outils de la chimie comme de la biochimie, il développe ses projets d'étude des métallo-enzymes.

Usines chimiques de la biologie

« En tant que chimiste, je m'intéresse à des objets biologiques pour comprendre leur structure et leur réactivité chimique uniques. Mais ces derniers sont aussi choisis en fonction de leur importance physiologique. Un autre aspect de ma démarche, c'est d'explorer ces systèmes afin de reproduire certains aspects de leur structure ou de leur réactivité », explique Marc Fontecave. Ainsi la production d'hydrogène est l'un des enjeux majeurs de la production d'énergie. « Peut-être peut-on s'inspirer du mode de fonctionnement de l'enzyme hydrogénase naturelle pour inventer de nouveaux catalyseurs ? », s'interroge le Médaillé.
En 1997, il crée le laboratoire « Chimie et biochimie des centres rédox biologiques », qu'il dirige toujours. Au programme : l'étude d'une nouvelle classe d'enzymes fer-soufre, de la biosynthèse des clusters fer-soufre et celle de nouveaux complexes modèles des hydrogénases.
Marc Fontecave a toujours considéré qu'il devait contribuer au développement collectif de la recherche en parallèle de ses propres recherches. Dans cet esprit, il a été conseiller du directeur de la recherche au ministère de 1999 à 2001. En plus d'un parcours de recherche sans faute, où « sa famille a toujours été un soutien », Marc Fontecave a toujours veillé à ne pas sacrifier sa vie personnelle. Sportif de haut niveau dans la catégorie rugby à 13, politiquement engagé bien que déçu, musicien à ses heures, il semble que le Médaillé d'argent soit parvenu à ne pas être « seulement » un chercheur. Reste une question : quels seront les objectifs et faits marquants de ses prochaines parties de vie ?

Olivier

Joubert

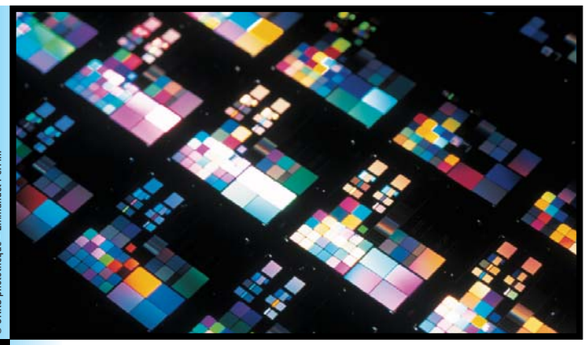
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION
LABORATOIRE DES TECHNOLOGIES DE LA MICROÉLECTRONIQUE (LTM)
CNRS / UNIVERSITÉ GRENOBLE 1
GRENOBLE

Champion des circuits

Un fonceur. Olivier Joubert, 43 ans, appartient à cette nouvelle génération de chercheurs qui a énormément contribué, depuis quinze ans, à l'essor scientifique et technologique de la région grenobloise. Si la microélectronique est aujourd'hui une spécialité locale, internationalement reconnue, c'est un peu grâce à son dynamisme et à sa force de caractère.

« Avec les industriels, il est très important d'établir une relation de confiance, une fois qu'on a prouvé sa crédibilité scientifique et technique. Ce qui ne veut pas dire se laisser dicter sa stratégie scientifique. »

Ingénieur de l'École de physique de Grenoble, il prépare à partir de 1986, une thèse au centre de recherche de France Télécom, le CNET, à Meylan dans la banlieue grenobloise. À l'époque, l'État investit massivement en microélectronique. « Il y avait des moyens très importants et d'excellents chercheurs. » Olivier Joubert s'y spécialise dans les procédés de gravure par plasma.
Les composants électroniques, en effet, sont constitués d'un empilement de couches de divers matériaux, structurées par des étapes de lithographie et de gravure successives. La lithographie consiste à envoyer de la lumière sur certaines zones d'une résine photosensible pour réaliser des motifs, transférés ensuite dans les couches actives par gravure plasma.
En 1993, fraîchement recruté au CNRS, Olivier Joubert poursuit ses recherches au centre T.J. Watson d'IBM, près de New York, « vraiment à la pointe de la pointe du domaine ». Là-bas, sont mis au point des procédés et sources plasma très innovants. Mais 1993 est une année noire pour la compagnie, qui réduit drastiquement ses effectifs. « Alors je suis allé chez les concurrents », les Bell Labs dans le New Jersey.



© CNRS photothèque – Emmanuel Perrin.

Il travaille sur le développement d'une nouvelle résine déposée par plasma. « Une année extraordinaire, d'ouverture à des disciplines différentes », couronnée par le prestigieux « R&D 100 Awards » qui récompense les cent innovations technologiques les plus importantes au niveau international.

Une machine pour diagnostiquer les composants

Quand il revient en France, les choses ont changé au CNET. France Télécom se dirige vers une recherche plus appliquée. Il est l'un des deux seuls chercheurs du CNRS, avec Laurent Vallier, qui décident de rester à Meylan. À ce moment, la gravure plasma, du fait de la miniaturisation, est devenue de plus en plus délicate à maîtriser. Ils décident donc de mettre en chantier, grâce à l'aide du CNRS et du CNET, une machine truffée de dispositifs qui contrôlent très précisément les procédés de gravure en temps réel. Avec le souci constant que tout se passe dans les mêmes conditions que celles de l'industrie. « De cette façon, on a développé toute une expertise de caractérisation des procédés plasma, très intéressante pour les industriels. »

« De cette façon, on a développé toute une expertise de caractérisation des procédés plasma, très intéressante pour les industriels. »

1999 sonne la fin de la microélectronique à France Télécom. De nombreux chercheurs se reconvertissent ou partent dans l'industrie. Le CNRS demande alors à Olivier Joubert de reconstruire, presque *ab initio*, une recherche amont dans le domaine des micro- et nanotechnologies. Ce sera le Laboratoire des technologies de la microélectronique (LTM). Son implantation au sein du Laboratoire d'électronique de technologie de l'information (LETI) du CEA facilite les synergies avec un environnement technologique riche, mais lui donne aussi l'occasion de batailler fermement pour préserver l'autonomie des chercheurs CNRS, « indispensables facteurs d'innovation ». Grâce à son opiniâtreté, aux moyens offerts par le LETI et à « un soutien fort de la direction du CNRS », le laboratoire est aujourd'hui une réalité, avec une solide réputation internationale.

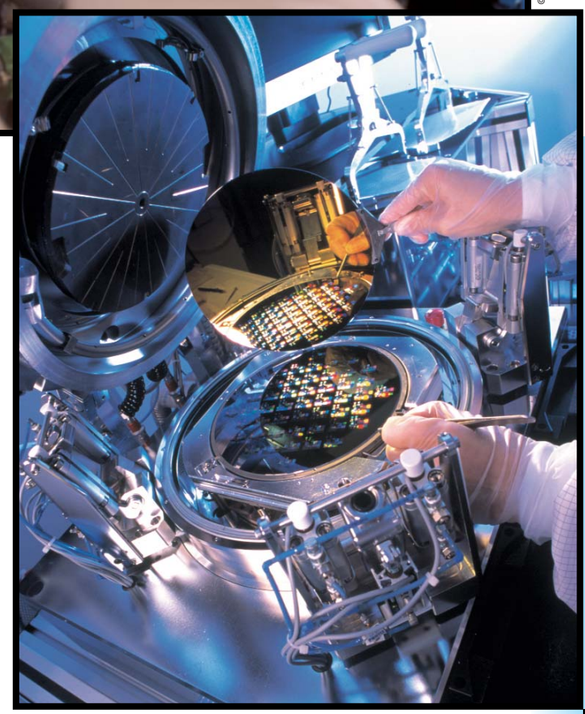
La nanoélectronique en vue

Tous se sont attelés au défi principal de la microélectronique : miniaturiser en deçà du centième de micron, là où la physique quantique entre en scène et introduit des

© CNRS photothèque – Emmanuel Perrin.

Photo page de gauche : nanostructures sur substrats de silicium, obtenues en enchaînant une étape de lithographie par nano-impression et une étape de gravure plasma dans le silicium.
Photo page de droite : nanolithographie : introduction d'un moule en silicium dans une presse utilisée pour la nano-impression.

phénomènes nouveaux. Une tâche qui passe soit par l'amélioration significative des technologies existantes : « Les industriels sont très conservateurs : ils préféreront toujours garder les mêmes procédés de fabrication. » Soit par une rupture complète, celle des nanotechnologies, « qui demande de repenser complètement, par exemple, la miniaturisation ou encore l'élaboration de nanomatériaux ». Intéressé, ST Microelectronics est associé à de nombreux projets du laboratoire. « Avec les industriels, il est très important d'établir une relation de confiance, une fois qu'on a prouvé sa crédibilité scientifique et technique. Ce qui ne veut pas dire se laisser dicter sa stratégie scientifique. »



© CNRS photothèque – Emmanuel Perrin.

Rosine

Lallement

SCIENCES DE L'UNIVERS
SERVICE D'AÉRONOMIE
CNRS / UNIVERSITÉ PARIS 6 / UNIVERSITÉ DE VERSAILLES
VERRIÈRES-LE-BUISSON

Une chercheuse dans le vent... interstellaire

Si vous croyez, pauvres Terriens, que vous tournez tranquillement autour d'un soleil radieux, stable et bien planté dans l'Univers, détrompez-vous... et penchez-vous sur les travaux de Rosine Lallement. En réalité le Soleil fonce dans l'espace galactique tel un hors-bord, nous entraînant dans son sillage, et fend non pas les flots mais des gaz brûlants et ténus qui s'écartent sur son passage, et rejaillissent autour de lui comme de l'écume. Pour être plus précis le Soleil est entouré de l'héliosphère, véritable bouclier de vent solaire qu'il produit et régénère constamment et qui repousse tout sur son passage, et c'est cet ensemble qui pénètre le milieu interstellaire.
Ce qui intéresse particulièrement Rosine Lallement, c'est l'étude de la frontière entre les deux milieux, l'héliopause. La sonde Voyager 1, à 13 heures-lumière conformément aux prédictions, y pénètre et commence à « surfer » sur les vagues de l'étrave.

© CNRS photothèque – Jérôme Chatin.

© CNRS photothèque – Jérôme Chatin.

Rosine Lallement devant l'un des détecteurs de l'instrument SWAN sur le satellite Soho, destiné à l'observation du gaz interstellaire et à la « mesure » de l'héliosphère.

Rosine Lallement, seule lauréate féminine de la Médaille d'argent cette année, est née en 1951. Après l'École normale supérieure, elle enseigne pendant huit ans dans le secondaire. Mais sa vraie vocation est la recherche. Elle reprend donc la préparation d'une thèse d'astrophysique et en 1986 entre au CNRS. Le hasard – qui joue décidément un rôle décisif dans la carrière des chercheurs – prend pour elle le visage du professeur Jacques Blamont. « Je me souvenais de ses cours, il m'a acceptée dans son laboratoire, c'est quelqu'un de très ouvert, il m'a donné ma chance. Et puis Jean-Loup Bertaux, Alfred Vidal-Madjar, Jean Audouze m'ont montré la voie. »

D'une bulle à l'autre

Spécialiste des gaz et d'« environnement solaire », elle élargit ses recherches sur l'héliosphère – proche banlieue du Soleil – à un espace plus grand et entreprend le repérage des masses de gaz que traverse le Soleil. Changement d'échelle : nous voici dans le milieu interstellaire, « mais je reste dans la galaxie ! »
Avec des astronomes français et californiens, elle réalise la cartographie en trois dimensions de la « bulle interstellaire locale », gigantesque cavité un million de fois plus grande que notre système solaire, remplie de gaz très léger et très chaud, reliée par tunnels aux bulles voisines. À l'intérieur de cette bulle, des petits nuages un peu moins chauds, tel celui que, suivant sa trajectoire, le Soleil va quitter « prochainement » (dans 2000 ans environ) pour entrer dans un nuage voisin, après une zone assez mal connue. Rosine Lallement est rassurante : « Pas de danger pour cette fois-ci. » Mais il peut exister des bulles moins accueillantes...

« Notre héliosphère est un bouclier qui élimine 90 % des rayons cosmiques. Cette protection pourrait se modifier... »

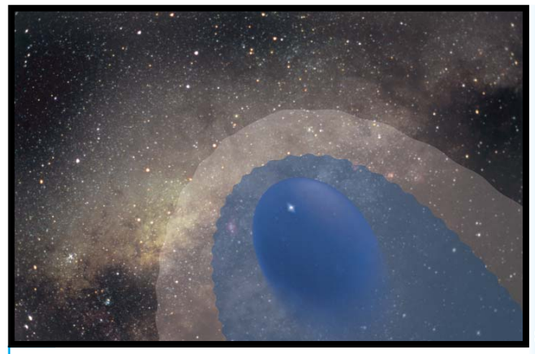
Si Rosine Lallement garde ses yeux verts braqués en permanence sur le Soleil, elle ne néglige pas pour autant les travaux voisins. Très portée sur l'interdisciplinarité, elle raconte que des résultats sur les naines blanches ou les comètes ont enrichi ses propres recherches : « Grâce aux comètes, un mécanisme de refroidissement par radiation X a été compris. »

Une famille internationale

Comment travaille une astrophysicienne ? Avec une équipe légère, mais qui reçoit beaucoup d'étrangers, en combinant les observations au sol – au Chili, en Australie, en Haute Provence – et les résultats apportés par les satellites et les sondes spatiales. « Nous sommes une petite communauté, une famille avec des Russes, des Américains, des Anglais, nous travaillons de façon très conviviale malgré les distances. » Elle omet de préciser qu'elle vient d'être élue membre de l'Académie des sciences des États-Unis.

« Mon ambition est d'être pragmatique, utile, de faire avancer la connaissance là où je devine qu'un progrès est à ma portée. »

Pour être fascinants, ses travaux ont-ils une application ? Ils servent à la physique des plasmas, à la connaissance de l'environnement. « Notre héliosphère est un bouclier qui élimine 90 % des rayons cosmiques. Cette protection pourrait se modifier, ou pourrait avoir été différente dans le passé. »
Rosine Lallement se reconnaît des qualités d'obstination, « Je peux rester dix ans sur la même question sans me lasser » et aussi une certaine humilité, « Mon ambition est d'être pragmatique, utile, de faire avancer la connaissance là où je devine qu'un progrès est à ma portée ».
Pour ce qui est de l'avenir, elle rêve d'une sonde interstellaire, voudrait travailler sur les hautes énergies, voir si les phénomènes observés dans l'héliosphère s'appliquent à d'autres objets. Et sur la relation rayonnement cosmique, atmosphère et climat : « On sait que les éruptions solaires détruisent l'ozone, mais l'influence des cycles solaires sur le climat reste en débat. » Les Terriens n'ont pas fini d'être étonnés...



DR.

L'héliopause est la frontière où le vent solaire rencontre les gaz de l'espace galactique (limite entre le bleu et le gris). Notre système solaire est situé au centre du schéma (le soleil est représenté par le point lumineux). Il est entouré par le vent solaire (en bleu foncé) qui est freiné petit à petit (bleu clair). Le gaz galactique glisse autour de l'héliopause et est rejeté sur les côtés (zone grise).

Daniel

Lincot

SCIENCES CHIMIQUES
LABORATOIRE D'ÉLECTROCHIMIE ET DE CHIMIE ANALYTIQUE (LECA)
CNRS / ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE CHIMIE DE PARIS (ENSCP) / UNIVERSITÉ PARIS 6
PARIS

Un physicien chez les chimistes et une passion : l'énergie solaire

Sa Médaille d'argent, Daniel Lincot la conçoit comme « la reconnaissance d'une trajectoire scientifique particulière ». En toute simplicité, ce chimiste de 50 ans déroule le fil de ses souvenirs et les choix qui l'ont accompagné.
En 1974, il entre à l'École supérieure de physique et chimie industrielles de Paris. Il en sort en 1978 avec le titre d'ingénieur, et un DEA de sciences des matériaux. C'est l'heure d'un choix décisif : quelle voie choisir qui l'intéresse et réponde à un besoin de la société ? Premier choc pétrolier oblige, la France est alors pionnière dans le domaine de l'énergie solaire. C'est décidé, il travaillera dans ce domaine.

Le poids des rencontres

« Cela dit, précise le Médaillé, une carrière, ça tient aussi à des rencontres. » Comme celle avec Michel Rodot, responsable du Commissariat à l'énergie solaire qui reçoit Daniel Lincot venu s'informer sur cette forme d'énergie. Échange convaincant : ce sera une thèse portant sur la synthèse de cellules solaires à base de tellurure de cadmium (CdTe) au Laboratoire de physique des solides du CNRS à Bellevue, avec à la clé un record mondial d'efficacité énergétique pour ce matériau.
À la fin de la thèse, c'est la rencontre avec Jacques Vedel qui dirige une équipe de l'École nationale supérieure de chimie de Paris (ENSCP) travaillant déjà sur l'énergie solaire, au sein du Laboratoire d'électrochimie analytique et appliquée. « Je sentais intuitivement que l'on pouvait apporter des choses nouvelles en mariant la chimie et l'énergie solaire. » Daniel Lincot entre alors au CNRS pour une thèse d'État sur un sujet émergent : la photoélectrochimie des semiconducteurs, mise à l'honneur par la découverte de la photodissociation de l'eau. Il en résulte plusieurs années d'étude des interfaces semiconducteur-électrolyte, une immersion profonde dans la chimie des solutions et l'électrochimie interfaciale.

« Je sentais intuitivement que l'on pouvait apporter des choses nouvelles en mariant la chimie et l'énergie solaire. »

La solution : les solutions

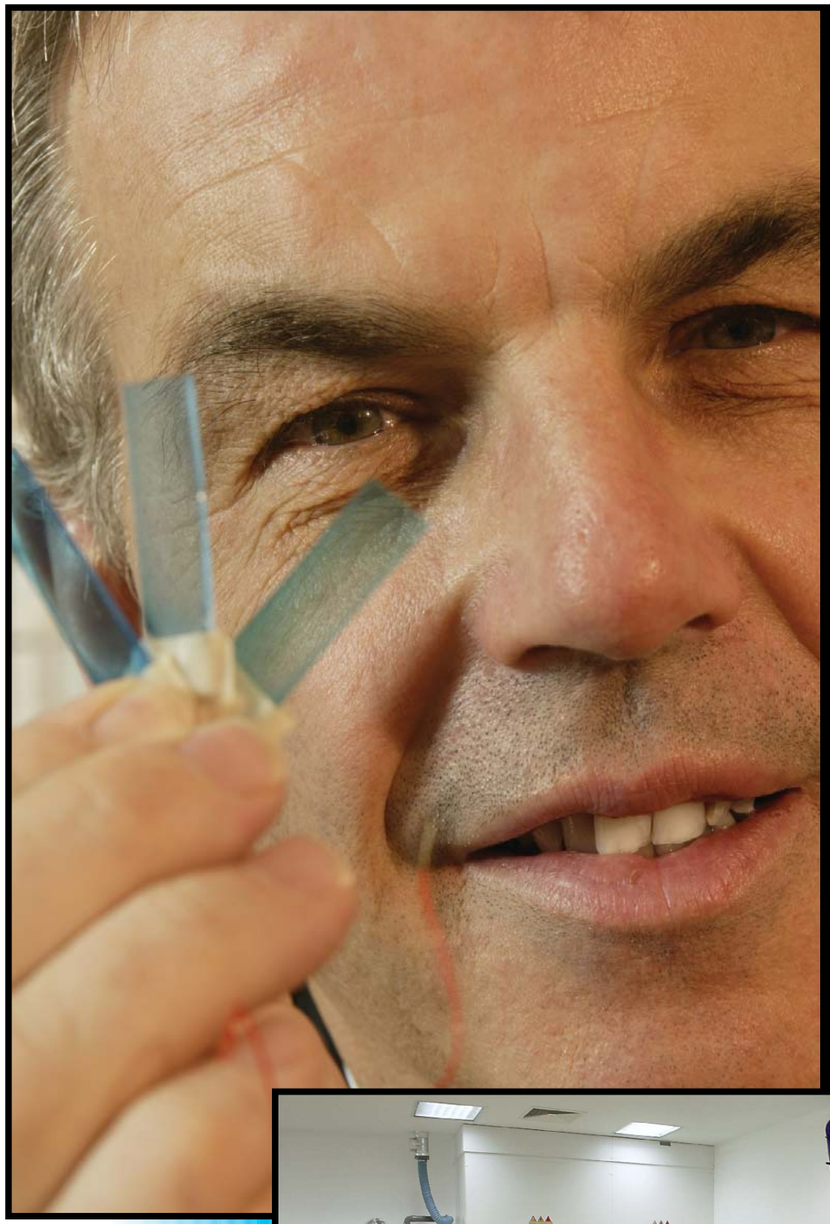
Très vite, l'équipe s'aperçoit du potentiel des solutions non seulement pour caractériser les matériaux semiconducteurs, mais aussi pour les transformer et les fabriquer. « Les solutions peuvent déposer de nombreux matériaux ! Pourquoi pas les semiconducteurs ? » C'est ainsi que l'équipe se lance dans la synthèse électrochimique ou chimique en milieu aqueux de couches minces de CdTe, de CdS (sulfure de cadmium) et surtout de diséléniure de cuivre et d'indium (CIS), utilisées dans des cellules solaires très performantes, alternatives aux cellules à base de silicium. Ces études menées surtout dans des programmes européens (EuroCIS), avec le soutien du CNRS et de l'ENSCP, contribueront à des rendements records entre les années 1991 et 1994 et à l'émergence d'une filière industrielle.

« Les solutions peuvent déposer de nombreux matériaux ! Pourquoi pas les semiconducteurs ? »

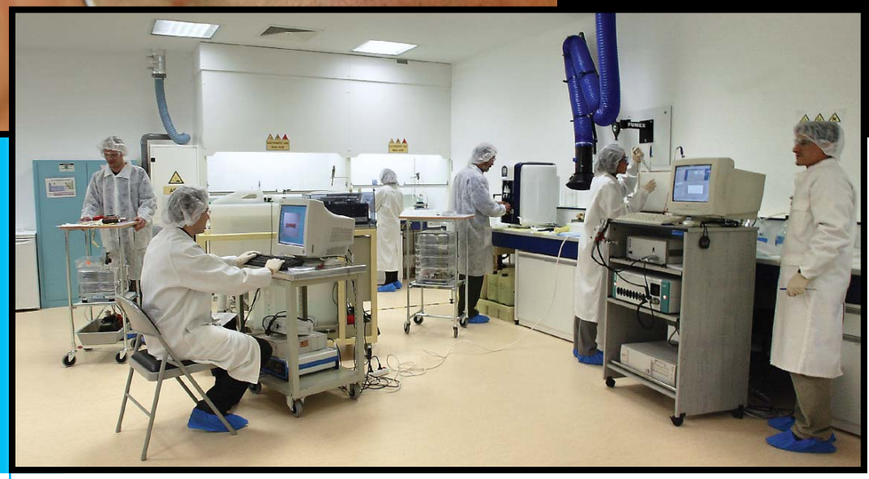
En 1995, Daniel Lincot réussit à synthétiser du ZnO (oxyde de zinc) par électrolyse, ouvrant la voie à l'électrosynthèse de couches minces semiconductrices d'oxydes. Le ZnO est aujourd'hui l'un des matériaux fonctionnels les plus étudiés. Actuellement, le laboratoire s'emploie à l'électrosynthèse de matériaux hybrides oxydes/colorants organiques, utilisables dans une nouvelle génération de cellules solaires basées sur la photoélectrochimie de nanomatériaux interpénétrés à colorants.

© CNRS photothèque – Xavier Pierre.

Mais l'élément le plus marquant de ces dernières années est le développement d'une filière de production par électrolyse de cellules solaires en couches minces à base de CIS, en commun avec EDF, avec le soutien de l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et la participation de Saint-Gobain. Un laboratoire commun EDF/CNRS/ENSCP a été créé à Chatou en 2003 : il se situe au premier plan international. Le rêve de produire des panneaux solaires à très faible coût en utilisant l'électrolyse au lieu des techniques sous vide est en passe de devenir une réalité, couronnant près de vingt ans de recherches. Une nouvelle voie qui permet à Daniel Lincot de baigner encore dans la chimie, cette discipline qui lui tient tant à cœur et qu'il espère voir réhabilitée !



© CNRS photothèque – Xavier Pierre.



© Jean-Pierre Muller AFP / médiathèque EDF.

Photo page de gauche : prototypes de cellules photovoltaïques au diséléniure de cuivre et d'indium, préparées par électrolyse sur des supports de verre de vitre.
Photos page de droite : en haut, couches minces d'hybrides oxyde de zinc/colorant organique déposées par électrolyse en présence de molécules de phtalocyanine de cobalt leur donnant une couleur bleue.
En bas, salle de synthèse électrochimique du laboratoire commun EDF/CNRS/ENSCP consacré aux cellules solaires en couches minces.

Michel

Loreau

SCIENCES DE LA VIE
UNITÉ « FONCTIONNEMENT ET ÉVOLUTION DES SYSTÈMES ÉCOLOGIQUES »
CNRS / UNIVERSITÉ PARIS 6 / ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE
PARIS

© CNRS photothèque - Hubert Raguet.

© CNRS photothèque - Hubert Raguet.

Théoricien, Michel Loreau revendique une écologie théorique en étroite interaction avec l'expérimentation : ci-contre, sur des systèmes herbacés, ci-dessus, à l'aide de microcosmes aquatiques.

Biodiversité et écosystèmes

Concilier les écosystèmes et les communautés, c'est le credo de Michel Loreau. Le Médaillé d'argent a en effet eu à cœur de faire se rencontrer les deux domaines, largement distincts jusqu'ici. Pour ce professeur d'écologie, tout commence en Belgique, son pays natal.

« L'organisation des communautés était un sujet assez classique, je voulais comprendre le fonctionnement de l'écosystème dans son ensemble. »

Après un doctorat en sciences à l'Université Libre de Bruxelles, il est aspirant puis chargé de recherche au Fonds national de la recherche scientifique. Il sera aussi assistant, premier assistant, puis maître de conférences à l'Université Libre de Bruxelles. Son arrivée en France remonte à une dizaine d'années, lorsqu'il est nommé professeur à l'Université Pierre et Marie Curie. « La situation de la recherche en Belgique est assez mauvaise, reconnaît Michel Loreau. C'est un petit pays très divisé, doté de nombreux ministres. » Ses premières recherches sur l'organisation et la diversité des communautés, il les mène sur les insectes de la famille des Carabidés. Déjà, il se heurte à la tradition : pour la communauté scientifique, il n'y a pas de compétition chez ces insectes. Michel Loreau a du mal à publier, mais d'après lui, cette compétition existe bel et bien. Pourtant, contrairement à un autre dogme de l'époque, il ne pense pas non plus que la compétition explique tout. Pour lui, il s'agit « d'une partie de la réalité ».

Un nouveau domaine

« L'organisation des communautés était un sujet assez classique, je voulais comprendre le fonctionnement de l'écosystème dans son ensemble. » Michel Loreau privilégie alors les travaux théoriques et la modélisation et participera au développement d'un nouveau domaine en émergence à l'interface entre écologie des communautés, écologie évolutive et écologie des écosystèmes. « Je veux développer une approche simple des systèmes complexes », souligne-t-il. Concilier ces différentes conceptions de l'écologie est une tâche ardue qui ne lui fait pas peur. Il contribue à clarifier le rapport entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes, question qui fait alors l'objet d'un intérêt et d'un engouement considérables dans la communauté scientifique.
En 2000 et 2001, il réussit à faire dialoguer les chercheurs et à rédiger un article et un livre de consensus sur cette question controversée.

Pour mieux appréhender le fonctionnement des écosystèmes, il s'attaque également à la compréhension du rôle des cycles matériels. Dans sa théorie, le recyclage des éléments minéraux n'est plus considéré comme une simple restitution de nutriments nécessaires à la croissance des plantes, mais comme un moment d'un cycle matériel transmettant des effets indirects à toutes les composantes de l'écosystème.

« Je veux développer une approche simple des systèmes complexes. »

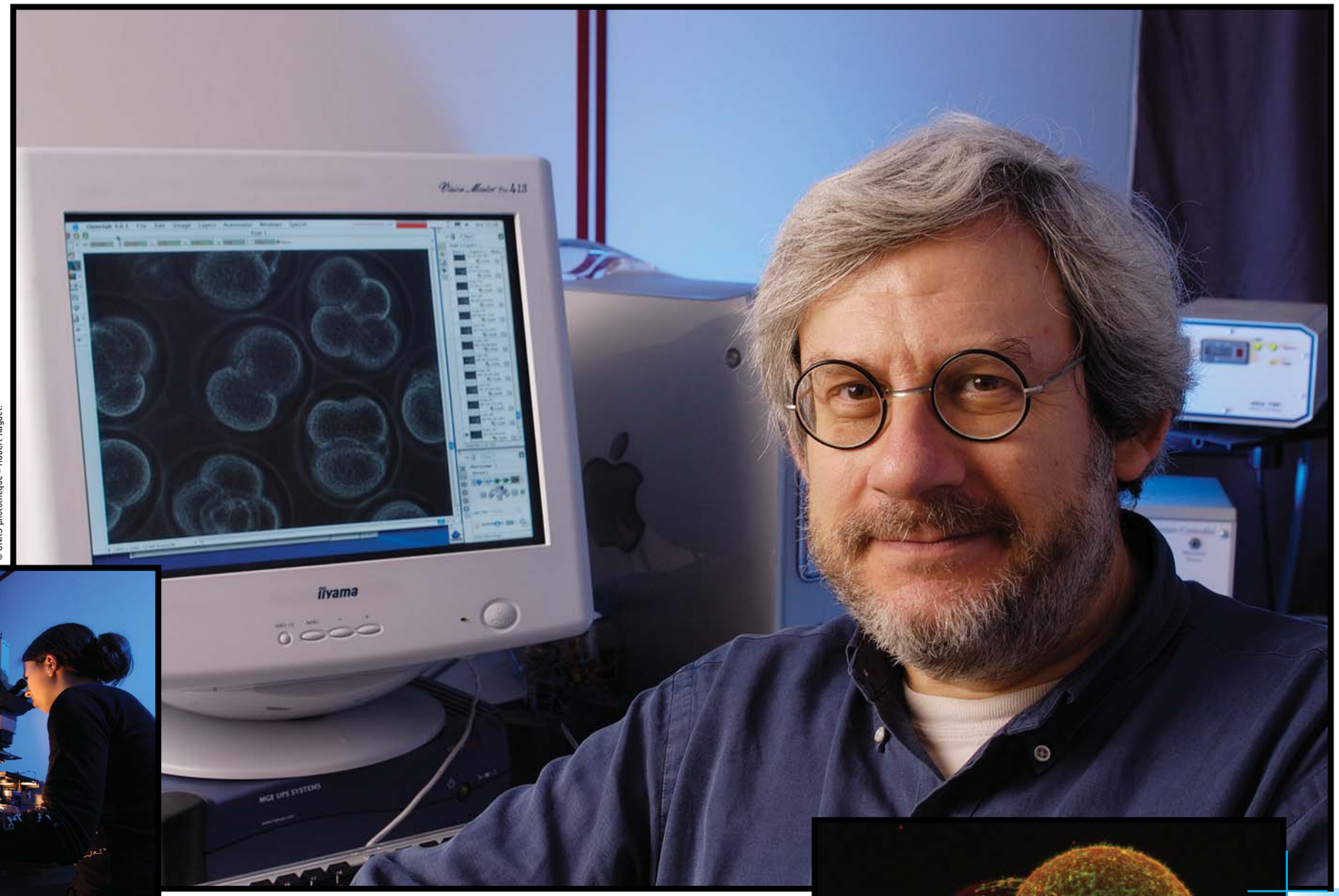
Coordonner la recherche

L'autre apport majeur de Michel Loreau à ce domaine, c'est sa volonté de coordonner la recherche. Pour preuve, ses implications dans de multiples programmes de recherche. Ainsi est-il, depuis 2002, président du comité scientifique de DIVERSITAS, programme international de recherche scientifique sur la biodiversité dont il a assuré la restructuration auparavant. Il a aussi conçu et présidé le programme Linking Community and Ecosystem Ecology (LINKECOL) de la European Science Foundation et est membre de nombreux comités scientifiques nationaux et internationaux. De multiples responsabilités que Michel Loreau a appris à gérer. « Quand je suis arrivé en France, je me suis engagé dans de nombreuses initiatives. J'estime cet engagement utile et nécessaire, mais cela demande beaucoup de conviction, de temps et d'énergie. »

Bernard

Maro

SCIENCES DE LA VIE
UNITÉ « BIOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT »
CNRS / UNIVERSITÉ PARIS 6
PARIS



© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

Le partage des cellules

Bernard Maro associe la Médaille d'argent qu'il a reçue au travail effectué dans le laboratoire : « J'étais responsable de l'équipe, mais sans un certain nombre de personnes, tout cela n'aurait pas été possible. » « Tout cela », ce sont les avancées scientifiques dans le domaine de l'embryogenèse auxquelles il a contribué.
Bien que la biologie l'ait toujours intéressé, Bernard Maro ne se rappelle pas s'il envisageait déjà au lycée une carrière de chercheur. « Je ne suis pas issu d'une famille d'intellectuels. Fils d'immigré, je suis le premier à avoir suivi cette voie. »

© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

« Nous avons mis en évidence des aspects originaux dans les mécanismes de divisions cellulaires au cours de la méiose. »

Des lymphocytes à l'embryon

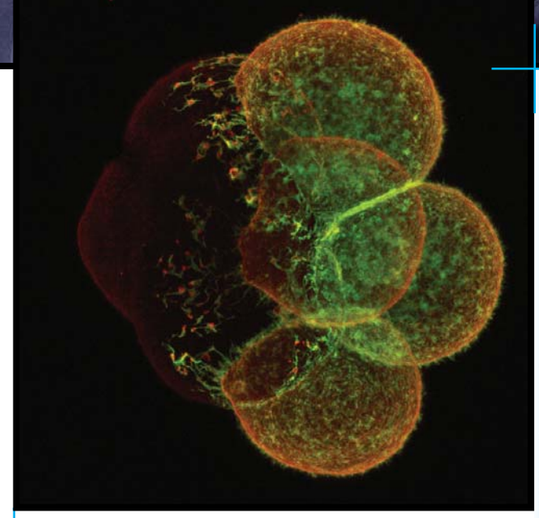
Bernard Maro commence par des études de médecine, puis suit un cursus censé former en parallèle au métier de chercheur. « Mais cela ne me convenait pas, j'étais assommé par la masse de données », se souvient Bernard Maro. Il s'inscrit alors en fac de science où il obtient une maîtrise de biochimie puis un DEA d'immunologie. Pendant son stage de DEA à l'Institut Pasteur, Bernard Maro, « encouragé par son côté médical », travaille sur une substance extraite de la paroi d'une bactérie aux propriétés immunostimulantes. Alors que les techniques d'immunofluorescence émergent, il change de laboratoire pour effectuer sa thèse de doctorat et s'intéresse à la biologie cellulaire des lymphocytes. « Ces nouvelles techniques avaient mis en évidence le foisonnement des microtubules et des microfilaments à l'intérieur des cellules. Nous étions très excités à l'idée de comprendre ce à quoi ils servaient. »
Pour son stage post-doctoral, qu'il effectue l'esprit tranquille car il sait qu'un poste au CNRS l'attend, il choisit un laboratoire de Cambridge. Là, il s'intéresse aux premières étapes du développement de la souris et, en particulier, aux divisions asymétriques. « C'est là que j'ai commencé à faire le lien entre biologie cellulaire et biologie du développement. À l'époque, ce domaine à l'interface entre deux disciplines n'était pas vraiment reconnu. »
Après son retour en France, il a l'opportunité de créer un laboratoire à l'Institut Jacques Monod. Il rejoindra en 1998 le laboratoire « Biologie du développement » pour en prendre la direction, afin de renforcer et de développer cette unité de recherche.

Des divisions cellulaires pas comme les autres

« Depuis le début, le fil directeur de mes recherches est la compréhension des mécanismes qui aboutissent aux divisions cellulaires asymétriques », raconte Bernard Maro. À cet effet, il dispose de deux systèmes d'étude : la maturation méiotique de l'ovocyte, qui conduit à l'expulsion des globules polaires, et la divergence des deux premiers lignages chez l'œuf fécondé, qui donneront l'embryon d'une part et les annexes extra-embryonnaires d'autre part. « Nous avons mis en évidence des aspects originaux dans les mécanismes de division cellulaire au cours de la méiose, et cela dans un système mammifère », souligne le chercheur. Mais ce dont Bernard Maro est le plus fier, c'est d'avoir transmis son intérêt pour son domaine de recherche aux jeunes qui ont fait un passage dans son laboratoire. Car malgré les problèmes de financement qu'il rencontre, Bernard Maro pense faire « un métier fantastique ».

« Nous étions très excités à l'idée de comprendre à quoi servaient les microtubules et les microfilaments de la cellule. »

En dehors de ses recherches, Bernard Maro milite au sein de « La Paix Maintenant » pour la création de deux États pour deux peuples, en Israël et en Palestine, car « on ne peut ignorer l'autre ». Un engagement lié à sa culture juive, et à la mémoire d'un peuple longtemps sans terre. Et quand il ne milite pas, il écoute de la musique : classique, jazz, ethnique. Car même si la recherche est un métier fantastique, pour Bernard Maro la musique reste l'une des plus belles inventions de l'homme…

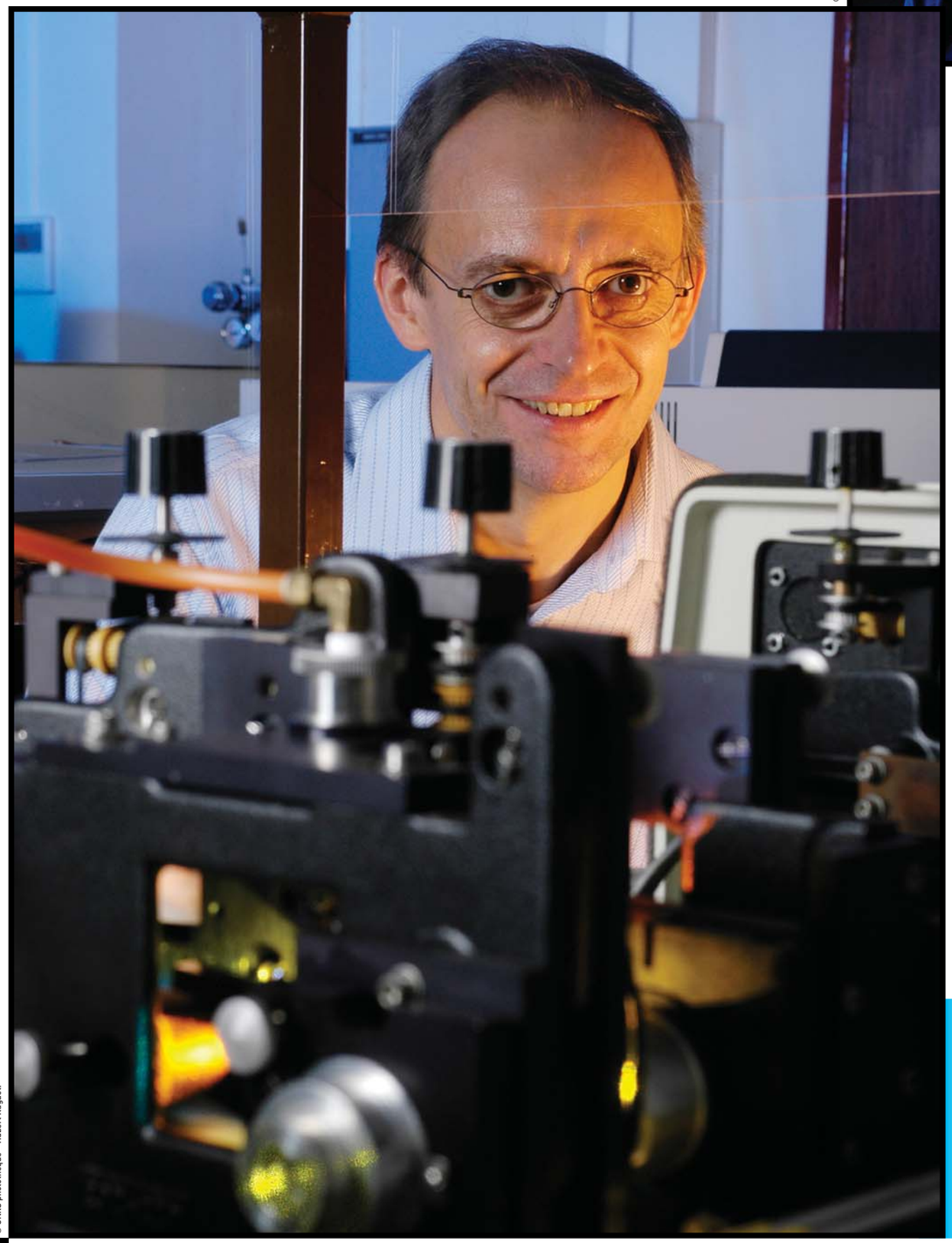


© CNRS photothèque – Nicolas Dard.

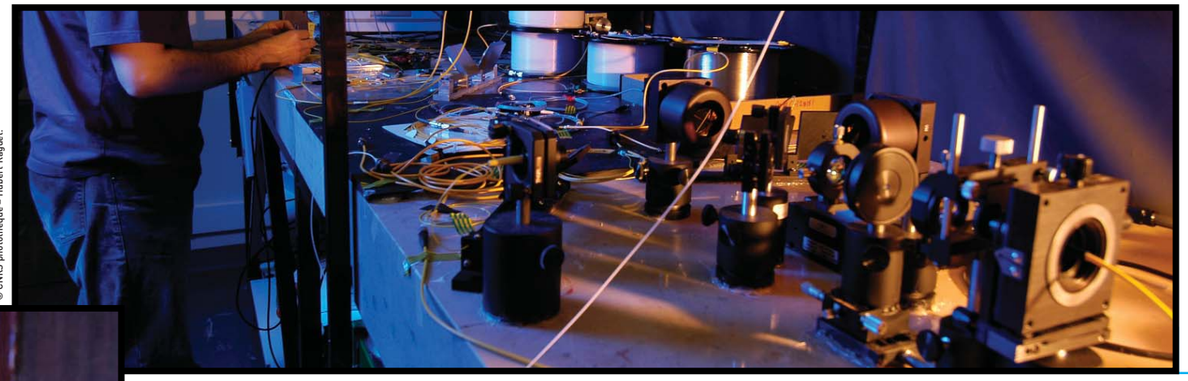
Photo page de gauche : micro-injection d'embryons au stade « deux cellules ».
Photo page de droite : inhibition de la compaction par l'expression d'une ezrine mutante dans la moitié des cellules de l'embryon. Observation par microscopie confocale.

Guy
Millot

SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES
LABORATOIRE DE PHYSIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE
CNRS / UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE
DIJON



© CNRS photothèque – Hubert Raguet.



© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

Photo page de gauche :
Guy Millot derrière un laser à colorant émettant un faisceau lumineux de couleur variable.
Photo page de droite :
dispositif de caractérisation d'impulsions lumineuses extrêmement brèves (inférieures à un millième de milliardième de seconde) appelé familièrement « Frog ».

Des fibres qui fusent

Voilà un chercheur qui parle de son métier avec un plaisir vraiment palpable. Chaleureux et clair, Guy Millot ne se lasse pas de raconter sa reconversion réussie. Comment lui, spécialiste de l'analyse des gaz de combustion, a-t-il créé de toutes pièces une équipe sur les phénomènes non linéaires dans les fibres optiques, qui occupe désormais un des premiers rangs mondiaux ?
Ce natif du Morvan prépare sa thèse à Dijon, sur l'analyse spectroscopique des chambres de combustion : il s'agit, par l'envoi de faisceaux laser à l'intérieur d'une enceinte où quelque chose brûle, d'en déterminer la température et les composés qu'elle contient. Après un post-doc au MIT (Massachusetts Institute of Technology), il patiente, dans l'attente d'un poste au sein d'un organisme, ce qui l'amène à utiliser ses compétences en laser « pour faire germer des plantes ou attaquer le calcaire des aortes ». Nommé maître de conférences, il poursuit ses recherches en spectroscopie, armé de ce qu'il a appris au MIT. Mais petit à petit, il voit s'effilocher son enthousiasme. « Finalement, je ne faisais que continuer les expériences initiées durant ma thèse. » Il commence à réfléchir à une évolution, où il créerait quelque chose.

L'appel des solitons

L'idée lui viendra de fréquentes discussions avec un ami, Michel Remoissenet, chercheur dans un laboratoire voisin. Celui-ci est spécialiste des solitons, des ondes très particulières présentes un peu partout en physique. Ce sujet passionne Guy Millot, qui commence alors à s'intéresser à leur utilisation dans les fibres optiques.

« Finalement, je ne faisais que continuer les expériences initiées durant ma thèse. »

En 1995, l'occasion se présente : il devient professeur, en même temps qu'une restructuration des laboratoires de physique est lancée. On cherche de nouveaux sujets de recherche, il en a justement un. Mais comment son projet a-t-il été accepté, lui qui n'avait aucune référence dans le domaine ? « Les gens au laboratoire me connaissent : quand j'ai quelque chose en tête, je vais jusqu'au bout. Et puis ils comprenaient que c'était un choix raisonné. » Guy Millot savait bien qu'il intégrait un domaine très concurrentiel. Mais il en analyse les publications, et s'aperçoit que sur des aspects fondamentaux, énormément de simulations sont faites mais peu d'expériences : il y a là un créneau dans lequel il s'engage. Il tempère : « Si la réussite est aujourd'hui au rendez-vous, à l'époque je doutais énormément. »

« Mais, étrangement, ce n'est pas le record qui me fait le plus plaisir, mais nos résultats fondamentaux. »

Il part complètement de zéro, avec un thésard. Reconvertit dans un premier temps son matériel de spectroscopie. Invente de nouvelles méthodes pour générer les solitons, car les appareils existants sont très coûteux et peu évolutifs. Affine les réglages pour que cette source soit de bonne qualité, « l'une des clés de la réussite ». Finit par gagner la confiance des industriels comme Alcatel ou France Télécom.

Un record de vitesse

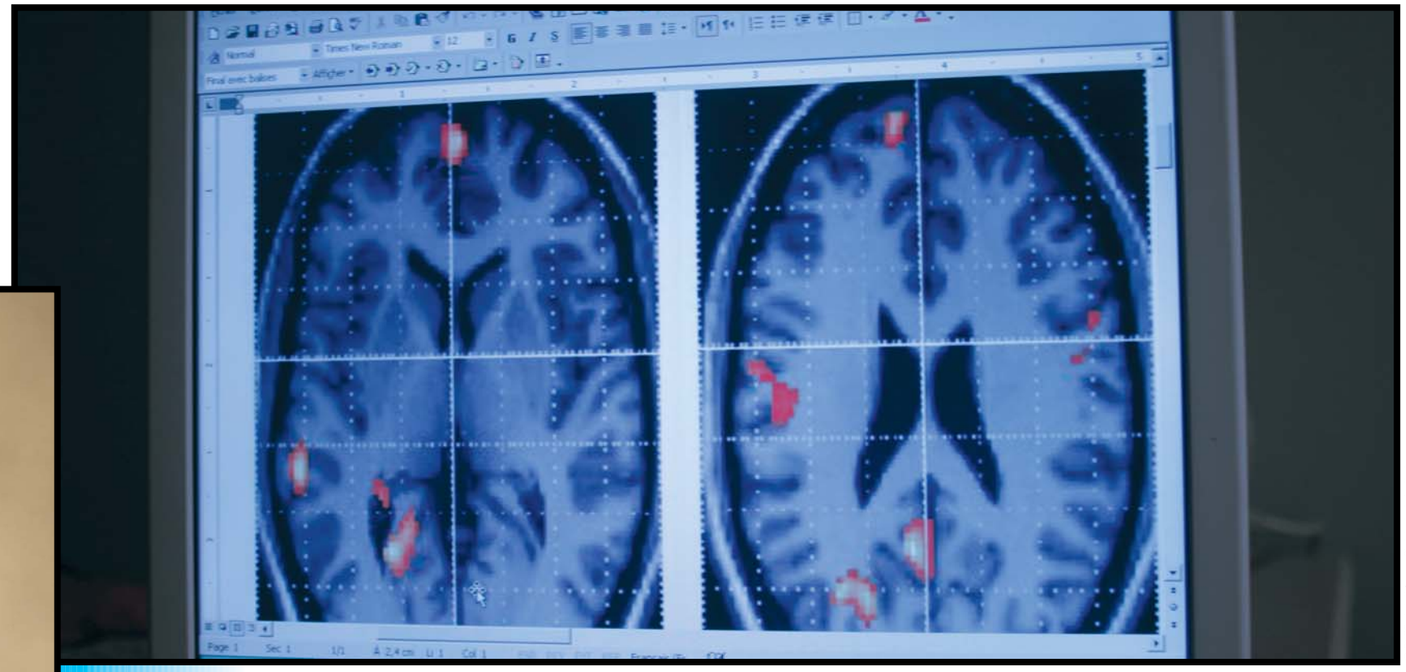
Petit à petit, la passion autant que la bonne nature de Guy Millot fédèrent autour de lui une équipe dynamique, qui obtient en 2003, son premier succès : le record de la plus longue distance parcourue – plus de 900 kilomètres – à un débit de 160 Gigabits par seconde (Gbits/s). Pas ces records où l'on parvient à entasser beaucoup d'ondes dans une même fibre (le multiplexage) : ici, c'est vraiment de vitesse pure qu'il s'agit, celle d'une seule onde. Le débit des fibres actuelles va de 2,5 à 10 Gbits/s, voire 40 Gbits/s en laboratoire. Mais 160 Gbits/s, c'est un ordre de grandeur au-dessus, ce qui n'a pu être accompli que grâce aux solitons. Pourquoi ? Parce que ceux-ci, très stables, font se compenser les deux phénomènes qui limitaient jusqu'alors le débit, la dispersion et l'effet Kerr.
« Mais, étrangement, ce n'est pas le record qui me fait le plus plaisir, mais nos résultats fondamentaux. » L'équipe a en effet, au cours de ses recherches, mis en évidence une « boîte à outils » qui servira à l'optique future : de nouveaux solitons, plus robustes, qui utilisent la polarisation de la lumière, des impulsions très étroites et très intenses, et enfin « quelque chose de très original », un polariseur qui polarise toute la lumière qu'il reçoit et non plus une partie.

Jean-Luc

Nespoulous

SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ
INSTITUT DES SCIENCES DU CERVEAU DE TOULOUSE
LABORATOIRE DE NEUROPSYCHOLINGUISTIQUE JACQUES LORDAT
CNRS / INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE (INSERM) / UNIVERSITÉ TOULOUSE 2
TOULOUSE

© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky



© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky

Photo page de droite : clichés d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) permettant d'identifier les parties du cerveau les plus activées lorsqu'un sujet se trouve engagé dans une tâche cognitive particulière.

De la linguistique à l'imagerie cérébrale

« Le plus neurologue des linguistes » : c'est ainsi que l'appelle son ami québécois André Roch Lecours. Un linguiste qui s'intéresse aux patients atteints d'aphasie, voilà en effet qui n'est pas banal, mais rien n'est banal dans la carrière de Jean-Luc Nespoulous, neuropsycholinguiste qui vient de recevoir une Médaille d'argent décernée conjointement par trois départements du CNRS.
Autant dire qu'il représente une figure emblématique de l'interdisciplinarité, grâce à un parcours original fait de passion, de persévérance et d'un certain mépris des frontières, qu'elles soient géographiques ou disciplinaires.
Né en 1947, Jean-Luc Nespoulous commence des études d'anglais à l'université de Toulouse. Séduit par un enseignement de linguistique générale récemment créé par Joseph Verguin, le jeune étudiant cumule en 1970 deux maîtrises, en anglais et en linguistique. Il entreprend alors une thèse de troisième cycle sur l'agrammatisme, dysfonctionnement du langage que l'on trouve chez certains patients cérébrolésés gauches. Ces patients, qui jusque-là maîtrisaient parfaitement le langage, ne peuvent plus s'exprimer qu'en « style télégraphique ».

Une rencontre décisive

À 22 ans, le jeune linguiste a la chance d'être accueilli dans le service de neurologie d'André Rascol au centre hospitalier universitaire de Purpan, et d'observer les aphasiques suivis dans ce service. Il établit des liens avec la Pitié-Salpêtrière et c'est, en 1971, la rencontre décisive avec André Roch Lecours, professeur invité. « Il avait suivi un cheminement inverse au mien : parti de la neurologie, il était venu à la linguistique. Divers atomes crochus, scientifiques et fraternels, devaient nous lier de manière indéfectible. »
Devenu assistant à l'université, Jean-Luc Nespoulous lance avec son ami un axe Montréal-Toulouse, mais il trouve que les choses avancent trop lentement. Fin 1980, il s'installe au Québec et là le rythme s'accélère : le département de linguistique de l'université de Montréal crée un poste de professeur en neuropsycholinguistique et, dès février 1982, les deux complices créent et codirigent un laboratoire dans cette discipline.

« Je défends la pluridisciplinarité mais avec un socle initial solide sans lequel l'aventure pluridisciplinaire n'aurait pas de sens. »

Après sa thèse d'État à l'université de Toulouse, il devient en 1987 professeur au département des sciences du langage de cette université, tout en gardant une partie de son activité scientifique à Montréal. En 1990, il crée le laboratoire Jacques Lordat et en 2000, il devient directeur de l'Institut des sciences du cerveau de Toulouse qui regroupe quatre laboratoires dont Jacques Lordat. Il dirige ainsi actuellement une structure de cent trente personnes, dont le regroupement sur un seul site est prévu début 2006, dans un pavillon du centre hospitalier universitaire de Purpan qui sera équipé d'une IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) dédiée entre autres à la recherche neuropsycholinguistique.

Naissance d'une nouvelle discipline

Pionnier d'une nouvelle discipline qui en regroupe au moins trois, Jean-Luc Nespoulous est catégorique : « Je défends la pluridisciplinarité mais avec un socle initial solide sans lequel l'aventure pluridisciplinaire n'aurait pas de sens. »
Son socle, c'est la linguistique, première fondation de l'édifice. Il explique : « Dans chacun de mes travaux, trois sciences cognitives sont systématiquement convoquées : la linguistique pour la caractérisation des propriétés structurales des langues, la psycholinguistique pour la définition des processus cognitifs sous-jacents à la production et à la compréhension du langage, et la neuropsycholinguistique pour l'identification des corrélats cérébraux du langage. »
Parmi ses trois cents publications, une passionnante étude comparée de l'agrammatisme dans quatorze langues avec pour objectif d'identifier symptômes et stratégies palliatives, universelles mais aussi variables, engendrés par le malade et « dépendant tout autant des contraintes biologiques du cerveau humain que des contraintes structurales de sa langue ».

« C'est à partir des dysfonctionnements que l'on appréhende le mieux les soubassements de la cognition et son architecture fonctionnelle chez l'être humain. »

Ses recherches trouvent des applications en orthophonie mais aussi dans la meilleure compréhension de situations (linguistiquement) complexes chez le sujet normal, que celui-ci soit pilote d'avion ou interprète simultané, tant « il semble fondé de rapprocher le sujet pathologique du sujet normal en situation extrême. C'est à partir des dysfonctionnements que l'on appréhende le mieux les soubassements de la cognition et son architecture fonctionnelle chez l'être humain ».

Félix

Rey

SCIENCES DE LA VIE
LABORATOIRE DE VIROLOGIE MOLÉCULAIRE ET STRUCTURALE
CNRS / INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA)
GIF-SUR-YVETTE

© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

Dévoiler la structure des virus

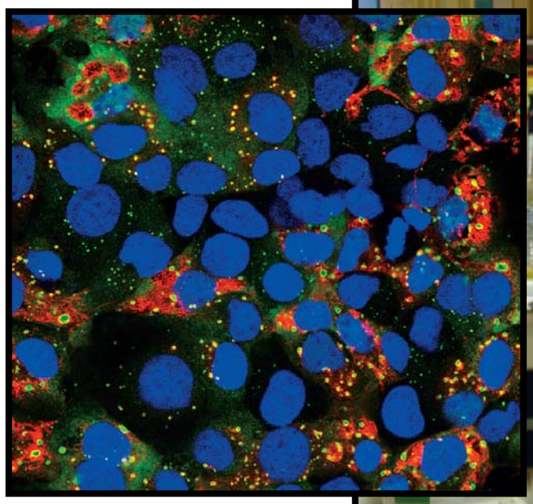
Le meilleur moyen de lutter contre les virus : comprendre leurs processus de réplication et de propagation. Fort de cette idée, Félix Rey, 47 ans, s'applique à révéler la structure des protéines impliquées dans ces mécanismes. Le laboratoire de virologie moléculaire et structurale de Gif-sur-Yvette, qu'il dirige, peut d'ailleurs s'enorgueillir d'être un des seuls en France à travailler sur le sujet.
Félix Rey n'a pas choisi dès le départ d'étudier les virus. En effet, en 1981, il obtient en Argentine, son pays d'origine, un master de physique théorique. « Mais les grandes lignes de tout ce qui était intéressant en physique avaient déjà été tracées dans la première moitié du siècle dernier. J'avais l'impression d'avoir affaire seulement aux détails qui servent à boucher des trous dans la connaissance ». Il prend alors un nouveau départ et se lance dans un DEA de biochimie, spécialité enzymologie. Ayant déjà passé un an aux États-Unis à l'époque du lycée, il choisit d'aller en Europe. Guerre des Malouines oblige, il renonce à l'Angleterre et c'est finalement Orsay qui l'accueillera.

« Il nous fallait comprendre le mécanisme de fusion entre membranes virale et cellulaire car c'est par ce biais que les virus introduisent leur génome dans les cellules cibles. »

Pendant sa thèse il planche sur la structure de la glucose isomérase. Transformant le glucose, un sucre bon marché, en fructose, un sucre plus cher, cette enzyme intéresse les industriels qui aimeraient obtenir un rendement plus élevé. Pour cela, il dévoile l'enchaînement des acides aminés qui composent l'enzyme fructueuse, la conformation de son site actif…

Découverte des virus de classe II

Félix Rey enchaîne ensuite avec un long stage post-doctoral aux États-Unis. Il s'attaque à la structure d'une protéine de surface d'un flavivirus. Les protéines de surface des virus enveloppés leur permettent en effet d'entrer dans les cellules. « Il nous fallait comprendre le mécanisme de fusion entre membranes virale et cellulaire car c'est par ce biais que les virus introduisent leur génome dans les cellules cibles », explique-t-il.



© CNRS photothèque – Michelle Becker.

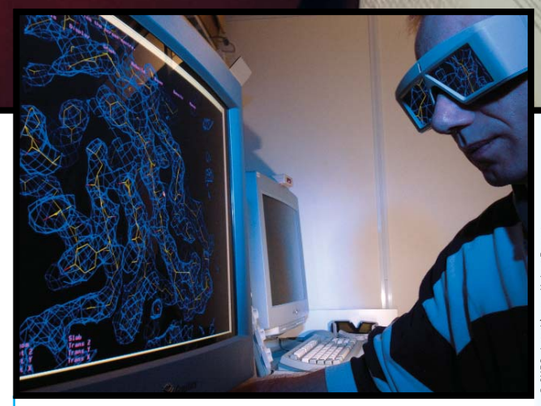
À sa grande surprise, il trouve, à son retour en France, que la structure de la protéine de fusion d'un autre virus enveloppé non apparenté aux flavivirus, possède pourtant un repliement identique.
Les virus dont la protéine de fusion possède cette structure furent regroupés sous la dénomination virus de classe II… Une appellation si vite adoptée que certains en oublient celui qui est à l'origine de cette découverte. Félix Rey se souvient en effet avec amusement d'un collègue lui expliquant lors d'un colloque ce qu'étaient les virus de classe II.

« Il n'existe pas de traitement efficace contre l'hépatite C. Si l'on parvient à déterminer la structure de sa polymérase, on pourra envisager de l'inhiber spécifiquement. »

La découverte n'était pas évidente car les protéines glycosylées ne dévoilent pas facilement leur structure surtout si elles subissent un changement de conformation au cours de leur activité.

La protéine de fusion sous toutes ses conformations

En 2004, alors qu'il est directeur du laboratoire de Gif-sur-Yvette depuis cinq ans, nouvelle étape : après avoir découvert que des virus différents peuvent posséder des protéines de fusion de structure similaire, Félix Rey publie la structure qu'adoptent ces protéines après changement de conformation.
Les flavivirus ne sont pas les seuls virus étudiés dans les locaux flambant neufs du laboratoire. Le virus de l'hépatite C est aussi dans le collimateur de Félix Rey. « Il n'existe pas de vaccin, ni de traitement efficace contre cette maladie. Si l'on parvient à déterminer la structure de sa polymérase, l'enzyme nécessaire à la réplication de son matériel génétique, on pourra envisager de l'inhiber spécifiquement. »
Et l'Argentine dans tout ça? Il y retourne tous les deux ans mais confie se sentir très bien en France, où il a apprécié notre gastronomie et rencontré une femme qu'il a épousée.



© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

Photo page de gauche : cellules épithéliales de rein de singe infectées par le rotavirus. Le noyau des cellules apparaît en bleu. Deux des onze protéines codées par le virus apparaissent en vert et en rouge.
Photo page de droite : visualisation en 3D de la densité électronique (nombre d'électrons par unité de volume) de protéines virales.

Paolo

Sassone-Corsi

SCIENCES DE LA VIE
INSTITUT DE GÉNÉTIQUE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE ET CELLULAIRE (IGBMC)
CNRS / UNIVERSITÉ STRASBOURG 1 / INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE (INSERM)
STRASBOURG

Un généticien bouillonnant

« Mon premier amour, c'était l'astronomie », confie d'emblée ce généticien de 48 ans. Mais voilà, pour l'« astro », il faut être patient avec la météo et aimer les mathématiques… Du coup, Paolo Sassone-Corsi a préféré s'engager sur la voie de la biologie, cédant ainsi à sa fascination pour « tout ce qui est vivant ». Dès le début de son cursus universitaire, à Naples, il s'oriente vers la génétique. « J'avais envie de faire des expériences très vite, de découvrir des choses », explique l'impatient Napolitain. « Dès la deuxième année, j'ai fait le tour des laboratoires, en quête de "manips". » C'est là, dans un de ces laboratoires, qu'un embryologue conseille au jeune homme de faire un stage post-doctoral à Strasbourg, dans le Laboratoire de génétique moléculaire des eucaryotes, auprès de Pierre Chambon.

© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

« J'avais envie de faire des expériences très vite, de découvrir des choses. »

Le système universitaire italien de l'époque fait que Paolo Sassone-Corsi passe sa thèse très vite. Résultat, il a seulement 23 ans lorsqu'il arrive à Strasbourg pour son post-doc et il se retrouve entouré par des doctorants plus âgés que lui. « J'ai subi une maturation forcée », souligne *a posteriori* Paolo Sassone-Corsi. La période était assez magique, la grande question concernait la régulation de l'expression des gènes. « Nous travaillions énormément, jusqu'à deux heures du matin ! » se souvient sans nostalgie le Médaillé. C'est à cette époque que Paolo Sassone-Corsi participe à la découverte de la TATA box et des « enhancers », des séquences d'ADN présentes en amont des gènes et nécessaires à toute expression. Des découvertes majeures dans l'histoire de la génétique.
Après son post-doc, il reste dans le même laboratoire en tant que chercheur associé, puis comme chargé de recherche première classe du CNRS.

« Le noyau suprachiasmatique ne serait que le chef d'orchestre d'une multitude d'horloges biologiques. »

Le pacte de Fos et Jun

Ensuite vient le départ vers la Californie. « La région me plaisait et réunissait une grande concentration de laboratoires », explique Paolo Sassone-Corsi pour justifier son choix. Au Salk Institute de San Diego, il se penche sur le cas des oncogènes, et notamment le gène *fos*, un gène précoce. Il découvre notamment que l'expression du gène *fos* est autorégulée par sa propre protéine Fos, en créant ainsi une boucle d'autorégulation.
Continuant ses recherches sur le gène *jun*, un autre oncogène, il met en évidence la coopération entre les protéines Fos et Jun. « Les deux protéines s'associent pour former le facteur de transcription AP1, souligne fièrement Paolo Sassone-Corsi. Cette hétérodimérisation provoque une cascade d'événements intracellulaires. »
La publication qui résulte de cette découverte sera une des plus citées.

Création d'un laboratoire

De retour en France en 1990, il monte son propre laboratoire. Un vrai challenge qu'il considère comme une victoire personnelle. « Monter un labo, cela implique d'avoir de bonnes idées, de travailler beaucoup, d'être psychologue et d'avoir un état d'esprit entrepreneurial. » L'idée phare de son laboratoire : comprendre comment les voies de signalisation intracellulaires peuvent influencer l'expression des gènes. La première des trois thématiques qui l'intéressent actuellement concerne la façon dont une voie de signalisation peut influencer l'organisation de la chromatine. Il s'interroge également sur le mécanisme d'expression des gènes dans les cellules germinales. « Un homme produit cent millions de cellules germinales par jour. Pour faire un truc pareil, il faut que le système soit d'une précision incroyable », s'exclame Paolo Sassone-Corsi. En dernier lieu, le généticien tente de décortiquer le rythme circadien. Le noyau suprachiasmatique est le centre de notre horloge biologique. Mais il existe une multitude d'autres horloges réparties dans le corps. « Le noyau suprachiasmatique ne serait que le chef d'orchestre », affirme Paolo Sassone-Corsi. Ce qui l'intéresse ? Comprendre comment se fait la synchronisation entre toutes les horloges et quelle régulation moléculaire est mise en œuvre. Nul doute qu'il y parviendra !

Photo page de gauche : le poisson zèbre est utilisé au laboratoire comme modèle pour l'étude des rythmes biologiques.
Photo page de droite : l'étude des cellules en culture est essentielle pour décortiquer les mécanismes moléculaires de la prolifération cellulaire.

Olivier

Talagrand

SCIENCES DE L'UNIVERS
LABORATOIRE DE MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE (LMD)
CNRS / ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE / ÉCOLE POLYTECHNIQUE / UNIVERSITÉ PARIS 6
PARIS

© CNRS photothèque - Hubert Raguet.

La météorologie dans l'ordinateur

Ses recherches portent sur un domaine qui nous intéresse au quotidien : le temps qu'il fera demain, ou l'hiver prochain. Les journalistes font appel à lui quand les cyclones se succèdent aux Caraïbes de façon inquiétante comme ce fut le cas en septembre 2004.
Pourtant, Olivier Talagrand, directeur de recherche au Laboratoire de météorologie dynamique, ne joue pas au devin : « Je suis dans la question de la modélisation et moins dans l'évolution des climats », précise-t-il.
La Médaille d'argent qui vient d'être attribuée à ce chercheur de 58 ans, reconnu internationalement et abondamment sollicité, récompense un long travail consacré à l'étude de la dynamique atmosphérique, fondé sur le développement de méthodes d'analyse et d'assimilation des observations météorologiques.

Des méthodes mathématiques puissantes

« L'assimilation des observations est la combinaison d'un modèle numérique de l'écoulement et d'observations distribuées dans le temps. Elle fait appel à des méthodes mathématiques puissantes et a pris une importance croissante dans la prévision météorologique numérique, et dans toute la science de la dynamique de l'atmosphère. »

« On fait tourner le modèle numérique… et on se retrouve dans l'atmosphère martienne. »

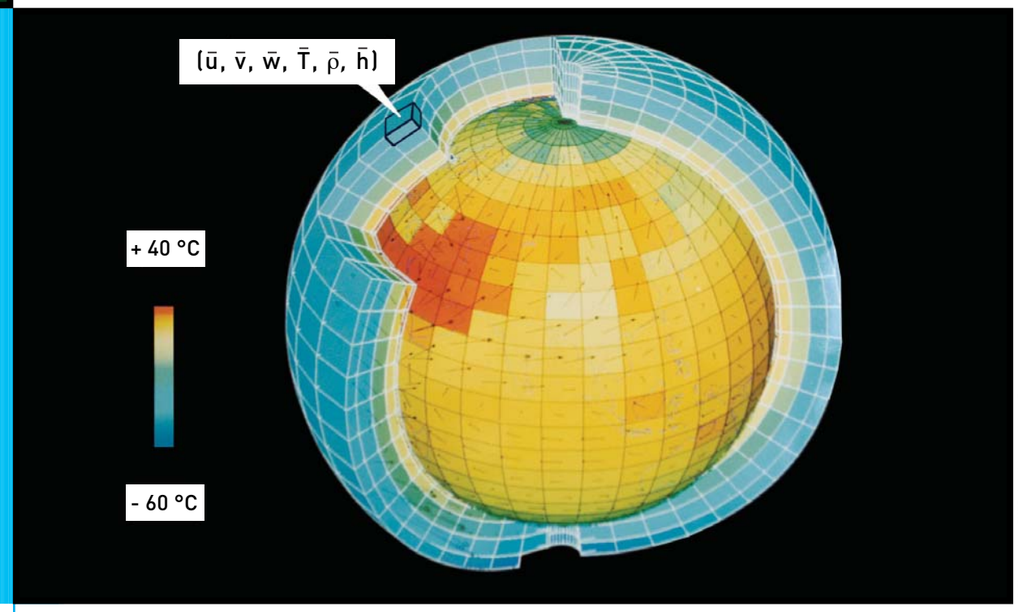
D'où vient cette vocation ? « Au sortir de l'École polytechnique, j'ai souhaité valoriser ma formation scientifique. De plus le contexte était porteur, la recherche spatiale était en plein développement, l'étude de l'atmosphère s'annonçait pleine d'avenir avec l'arrivée de puissants satellites d'observation. »
Un séjour à Princeton en 1969 est déterminant. Il entreprend d'appuyer ses travaux sur des fondements mathématiques précis, et contribuera à proposer un cadre théorique unifié aux autres méthodes utilisées jusqu'alors. Il a le souci de mettre ses découvertes théoriques en application et contribue activement aux développements successifs des modèles météorologiques de Météo-France et du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme de Reading, « des progrès lents mais réguliers, mais pas de tournant spectaculaire ».
Olivier Talagrand ne limite pas son champ d'observation à notre planète, mais s'est aussi intéressé au climat de Mars, de Vénus ou de Titan. C'est tout simple, à l'entendre : « On prend des données telles que la composition de l'atmosphère, la vitesse de rotation, la quantité d'énergie reçue du Soleil, […] on fait tourner le modèle numérique… et on se retrouve dans l'atmosphère martienne. » Pas seulement pour le plaisir du voyage mais pour apporter des indications précieuses à l'exploration spatiale, et plus simplement encore pour faire progresser la connaissance scientifique…

La météo, une discipline récalcitrante

Revenons sur Terre. La météorologie est régie par des lois parfaitement connues depuis un siècle et demi – mécanique et thermodynamique classiques – et des ingrédients bien identifiés : l'énergie reçue du Soleil, la rotation de la Terre, le cycle de l'eau… Pourquoi dans ces conditions cette discipline reste-t-elle si imprécise ? Est-elle condamnée à le rester ? L'atmosphère sera-t-elle toujours un système chaotique, illustré par l'image du papillon de Lorenz ?

« Dans la recherche, on fait souvent de la prévision météo a posteriori*… On applique une autre méthode sur les tempêtes de 1999 pour voir si elle aurait donné une meilleure prévision. »*

« En fait, explique Olivier Talagrand, dans la recherche, on fait souvent de la prévision météo *a posteriori*… On applique une autre méthode sur les tempêtes de 1999 pour voir si elle aurait donné une meilleure prévision. »
Les progrès ? Sur le plan technique, ils ont longtemps été liés à la puissance des calculateurs, mais c'est maintenant l'amélioration des systèmes d'observation qui conduira aux progrès les plus importants.



© D'après photo CNRS photothèque - Hubert Raguet.

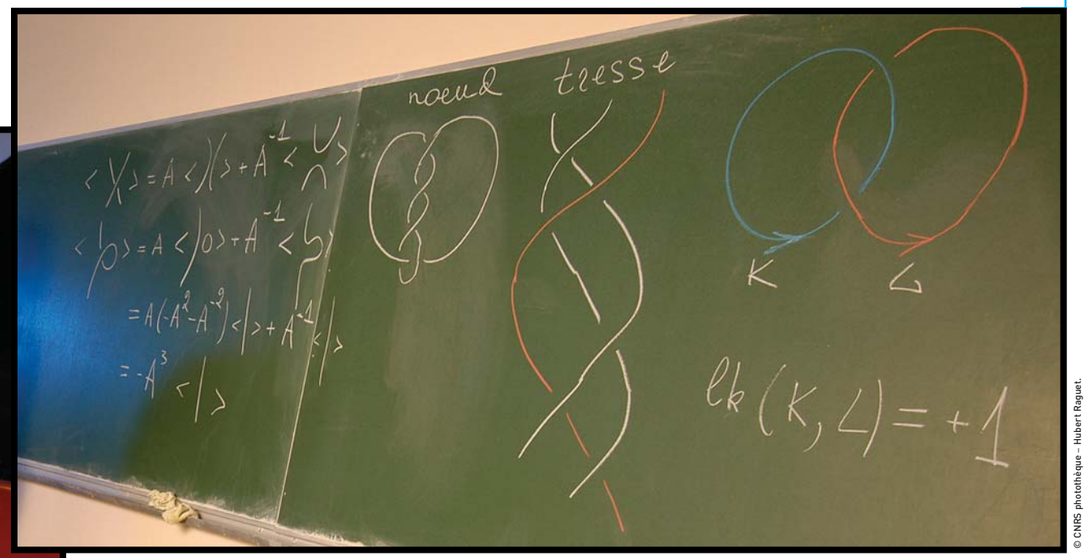
Pour modéliser l'atmosphère sur un ordinateur, on la « discrétise », c'est-à-dire qu'on la divise en boîtes (un million ou plus pour les modèles les plus puissants). À l'intérieur de chacune de ces boîtes on calcule l'évolution de la température, de la pression, du contenu en eau et des composantes du vent.

Vladimir **Touraev**

SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES
INSTITUT DE RECHERCHE MATHÉMATIQUE AVANCÉE (IRMA)
CNRS / UNIVERSITÉ STRASBOURG 1
STRASBOURG

© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

Ci-dessous : en topologie, l'imaginaire géométrique est secondé par l'algèbre.



© CNRS photothèque – Hubert Raguet.

Entrelacs franco-russes

« J'ai commencé à participer à des compétitions de mathématiques vers 10-11 ans : j'étais abonné à un petit journal qui en organisait régulièrement. Puis en seconde, j'ai été reçu premier de l'URSS à l'équivalent soviétique du concours général. Il y avait beaucoup de compétitions à l'époque, afin de promouvoir les mathématiques. »
Vladimir Touraev, 49 ans, d'origine russe, spécialiste de la topologie, s'est toujours senti à son aise en mathématiques. Il intègre un lycée spécialisé dans les sciences, assez connu, « l'internat n° 45 », au recrutement très sélectif. Il réussit le concours d'entrée à la faculté de mathématiques de l'université de Léningrad. « Là-bas un professeur m'a vraiment marqué, Vladimir Rokhlin. C'était un homme très impressionnant, avec une liberté de comportement très inhabituelle à l'époque, et surtout un très bon mathématicien. » Il s'initie à la recherche en mathématiques, « dans une ambiance très stimulante », grâce à des séminaires de recherche organisés pour les étudiants par des thésards, dont son futur directeur de thèse Oleg Viro.
En 1976, il est engagé à l'antenne saint-pétersbourgeoise du célèbre Institut Steklov de l'Académie des sciences de Russie.

Le départ pour la France

Puis arrivent les années qui précèdent l'éclatement de l'Union soviétique. « 1989 était une période trouble, pleine de perturbations politiques. Tout cela générait une excitation assez nocive à la science. J'ai réalisé que faire de la science pure allait devenir très difficile. » Il décide de prendre son avenir en main et de quitter son pays.

« J'ai réalisé que faire de la science pure dans mon pays allait devenir très difficile. »

Mais pourquoi la France ? « J'avais été chercheur invité dans plusieurs laboratoires européens, à Orsay, Toulouse et Marseille en 1989. La France m'avait immédiatement attiré. Puis un chercheur de Strasbourg, Athanase Papadopoulos, m'a invité à l'Institut de recherche mathématique avancée et m'a proposé de me présenter au CNRS, dont j'ai appris l'existence, je l'avoue, à ce moment-là. » Ses travaux, à l'époque, commencent à être assez connus, comme le symbolise l'invitation à donner l'année suivante une longue conférence au congrès international des mathématiciens à Kyoto. En 1990, il est recruté au CNRS, en tête de liste des directeurs de recherche. « Ensuite, mon adaptation à ce nouveau pays s'est faite toute seule, sans problème. »

Un domaine issu de la physique

« Mon domaine est la topologie des petites dimensions, un chapitre de la géométrie fondée par Henri Poincaré, qui compte de nombreux objets mathématiques : variétés, nœuds, tresses, entrelacs. Un des aspects qui m'a plu est le fait qu'on puisse en dessiner certains – comme les nœuds –, leur côté esthétique, en quelque sorte. Et aussi le fait que la topologie utilise des méthodes qui viennent de l'algèbre. »
Dans les années quatre-vingt, surviennent des changements très radicaux dans ce domaine, inspirés par le mathématicien néo-zélandais Vaughan Jones et le physicien américain Edward Witten, tous deux lauréats de la Médaille Fields en 1990. Ils apportent des méthodes nouvelles en topologie, liées à la physique. Les intégrales de Feynman, par exemple, sont utilisées par les physiciens pour prédire des probabilités d'interactions entre particules. Mais cet objet n'était pas du tout défini rigoureusement, ce qui a initié de nouveaux domaines de recherches en mathématiques.

« Mon domaine est la topologie des petites dimensions, un chapitre de la géométrie fondée par Henri Poincaré, qui compte de nombreux objets mathématiques : variétés, nœuds, tresses, entrelacs. »

L'une des spécialités de Vladimir Touraev, la théorie topologique quantique des champs, est héritière de ce genre de travaux. Parmi les autres, il y a la torsion, un domaine lié aux nœuds et aux entrelacs, au sujet duquel il a écrit deux livres. Et en ce moment ? Il travaille à un grand chantier, sur lequel il reste discret, celui d'appliquer ces méthodes abstraites… aux mots et aux phrases.

Stéphane

Zaleski

SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR
LABORATOIRE DE MODÉLISATION EN MÉCANIQUE
CNRS / UNIVERSITÉ PARIS 6
PARIS

Simuler tout en finesse

« Vous savez, il y a eu un autre portrait de moi il y a dix ans dans le *Figaro Madame Japon*, avec un sujet un peu saugrenu : une comparaison des hommes les plus séduisants entre la France et le Japon ! » s'amuse Stéphane Zaleski, l'œil pétillant et… légèrement bridé. « Quelques années plus tard, alors que je donnais un séminaire, un collègue japonais a exhumé l'article et l'a photocopié à tous les participants, pour leur plus grande joie. »
Il raconte de bonne grâce ses débuts en recherche : l'étonnement qu'il y ait toujours des mystères en physique classique, la rencontre décisive avec l'un de ses « maîtres » à l'École normale, Yves Pomeau. « Un grand esprit, un grand savant », qui fascine ses élèves en proclamant qu'il faut remettre complètement à plat la théorie de la turbulence dans les fluides, pour la revoir sous l'angle du chaos.
Puis vient, après la thèse, un séjour au MIT (Massachusetts Institute of Technology). « Une expérience extraordinaire, là où j'ai véritablement commencé ma carrière. Le fonctionnement de la science y était très efficace. » Il rentre en France très critique envers son système de recherche. « Je ne jurais que par les États-Unis, à tel point que je devenais presque désagréable avec mes amis. Je m'étais mis à ne porter que des baskets ! » sourit-il. « Mais aujourd'hui, les choses ont évolué, et je finis par penser que la bonne recherche tient en premier lieu, avant le temps, l'argent ou l'organisation, aux bonnes idées. C'est avec elles que l'on mobilise les gens autour de soi. »

« Je finis par penser que la bonne recherche tient en premier lieu, avant le temps, l'argent ou l'organisation, aux bonnes idées. C'est avec elles que l'on mobilise les gens autour de soi… »

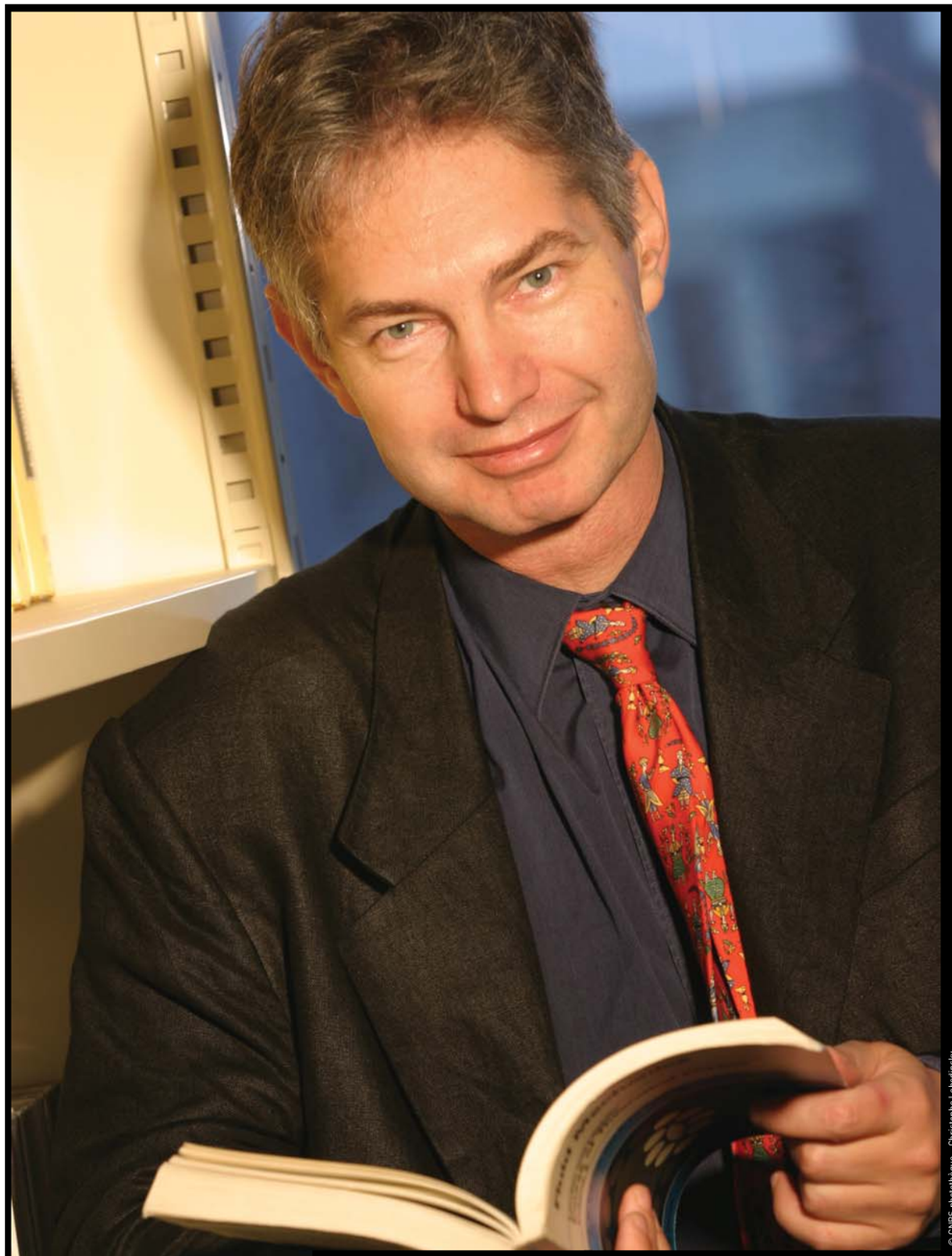
Fluides en bits

En 1986, Yves Pomeau, Uriel Frisch et Brosl Hasslacher proposent une méthode révolutionnaire pour simuler le mouvement d'un fluide, les gaz sur réseaux. « C'est, en plus élaboré, un genre d'automate cellulaire », ces programmes qui, à partir de règles basiques d'itération, et de simples cases noires ou blanches, génèrent spontanément des structures complexes. Et son énorme avantage est de ne faire faire à l'ordinateur que des calculs sur des bits, plutôt que sur des nombres à virgule, ce qui diminue le temps de simulation et les erreurs. « Et effectivement, dans les années quatre-vingt, cela a très bien marché pour l'étude des systèmes poreux et des interfaces liquide/gaz. » Les recherches qu'il mène dans cette direction lui font obtenir, « avec trois thésards très sympas, Cécile Appert, Bruno Lafaurie et Valérie Pot », le prix spécial Seymour Cray France en 1993.
L'originalité de ses travaux sur les gaz sur réseaux lui ouvre aussi les portes du monde industriel : en 1990, il participe à un gros programme de recherches sur la fusée Ariane, après une série d'échecs de lancement. Mais au bout d'un an, il s'aperçoit que cette méthode ne peut marcher. Il propose donc d'utiliser des simulations plus classiques, ce qu'on lui refuse. Qu'à cela ne tienne, il se remet à travailler seul, sans financement, jusqu'à ce qu'on soit forcé de reconnaître qu'il avait raison.

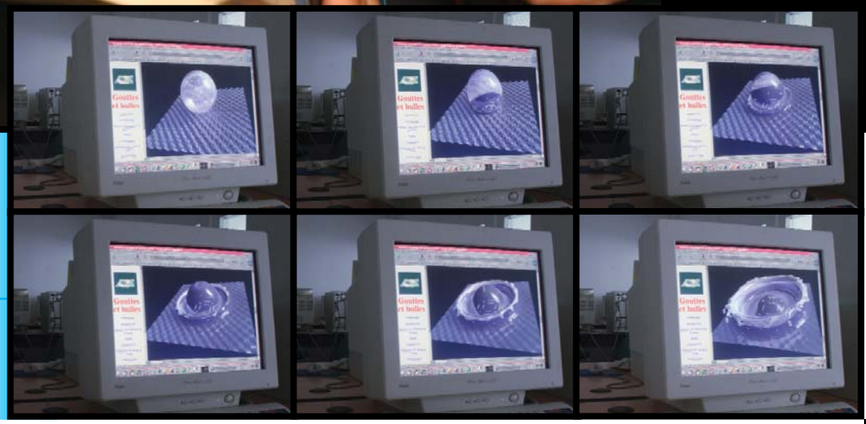
« Quand on a enfin obtenu les premières simulations de gouttes et de bulles en décembre 1999, ce fut un grand moment. »

Gouttes, bulles et méandres

« D'ailleurs, au fil du temps je suis devenu sceptique sur certains points des gaz sur réseaux, et j'ai fini par quitter le domaine. » Il revient à des méthodes plus classiques, et se lance dans les gouttes et les bulles, un thème dont le besoin se fait de plus en plus sentir en mécanique des fluides. « Quand on a enfin obtenu les premières simulations en décembre 1999, ce fut un grand moment. »
Cela l'amène à étudier l'injection de carburant pour Renault, les bulles dans les gisements pétroliers pour Total. Son nouveau projet, qu'il évoque avec enthousiasme, est l'analyse des méandres de la Seine : pourquoi ils se forment, pourquoi les berges s'érodent et s'effondrent…
Quand il a un peu de temps, il court dans les expos d'art contemporain – « J'avais commencé à collectionner les œuvres de John Gundelfinger, un peintre new-yorkais fasciné par les nuages, mais il est mort prématurément. » – et lit beaucoup, avec une préférence pour les romanciers anglo-saxons, comme le Sud-Africain John M. Coetzee, la Canadienne Margaret Atwood, ou l'Anglais Ian McEwan.



© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky.



Ci-dessous : simulation numérique d'impact de goutte sur une surface liquide, réalisée par Denis Gueyffier au Laboratoire de modélisation en mécanique.

© CNRS photothèque – Christophe Lebedinsky

Cette plaquette est éditée par la Délégation à l'information scientifique et technique (Dist) du CNRS.
décembre 2004
Conception et coordination générale de la collection Talents : Stéphanie Lecocq (01 44 96 45 67)
Responsable éditoriale : Françoise Tristani
Rédaction : Nicolas Constans : portraits de D. Bernard, B. Blank, P. Flajolet, O. Joubert, G. Millot, V. Touraev, S. Zaleski
Julie Coquart : portraits de M. Fontecave, D. Lincot, M. Loreau, B. Maro, F. Rey, P. Sassone-Corsi
Françoise Tristani : portraits de S. Auroux, J.-P. Bravard, J.-P. Brun, R. Lallement, J.-L. Nespoulous, O. Talagrand
Coordination et secrétariat de rédaction : Aude Philippe
Conception graphique et réalisation : Sarah Landel
Coordination iconographique : photothèque du CNRS
Impression : C.Print