

de la **PHYSIQUE** *reflets*

n°15
juillet-août 2009

www.refletsdelaphysique.fr

Revue de la Société Française de Physique

- ▶ Les débuts de la spintronique
- ▶ Prises de bec chez les phalaropes
- ▶ 2009, Année mondiale de l'astronomie
- ▶ Jeunes, emplois, métiers : la SFP se mobilise

n°15 - juillet-août 2009 - 10 € - 5 numéros par an



www.sfpnet.fr

Article disponible sur le site <http://www.refletsdelaphysique.fr>





Pourquoi adhérer à la Société Française de Physique ?

Adhérer à une société savante comme la Société Française de Physique (SFP) peut sembler inutile à beaucoup de physiciens. Les jeunes, en particulier, considèrent souvent qu'ils ne sont pas concernés par ses activités. Il y a tant d'associations qui les sollicitent et tant de sociétés savantes plus spécialisées dans leur domaine d'intérêt : alors pourquoi la SFP ?

Pourtant, tous ceux qui ont fait des études de physique font partie d'une même communauté. Quelles que soient leurs orientations professionnelles, ils sont amenés pour le reste de leur carrière à faire usage des connaissances et des méthodes acquises pendant leur formation de physique initiale. En Allemagne et aux États-Unis, par exemple, la DPG et l'APS sont fortes de dizaines de milliers d'étudiants, chercheurs, ingénieurs et enseignants, qui considèrent normal et utile d'en faire partie. Pourquoi pas en France ?

Soulignons que depuis deux ans la SFP n'a cessé d'intervenir sur les réformes en cours dans l'enseignement et la recherche : elle consulte ses membres à travers un forum sur son site, envoie des articles à la presse, défend le CNRS, critique la loi LRU, se préoccupe des débuts de carrière, fait des propositions sur les grandes écoles et l'université, participe à des commissions de réflexion. Elle est maintenant considérée comme un interlocuteur par les ministères.

Une autre mission essentielle de la SFP est la diffusion de la culture scientifique : notre société, à l'origine de l'Année mondiale de la physique en France en 2005, encourage et soutient toutes sortes de manifestations de popularisation de la science, comme les Olympiades ou Faites de la Science. Elle décerne chaque année le prix Jean Perrin pour des travaux de physique destinés au grand public. On constate, en France comme ailleurs, que beaucoup de jeunes physiciens s'impliquent dans la diffusion de la culture scientifique : c'est une raison de rejoindre la SFP, dont les membres du Conseil d'Administration ont presque tous moins de 40 ans.

La SFP s'ouvre aujourd'hui tout particulièrement aux jeunes physiciens, étudiants, doctorants, postdoctorants ou jeunes embauchés (voir l'article de Pierre Billaud, p. 24). Une adhésion promotionnelle d'un an leur est proposée avec 5 numéros de *Reflets de la physique* : cette revue, entièrement rénovée, fournit des informations claires sur les avancées de la recherche ou des technologies, des débats sur les grands défis scientifiques, des portraits de physiciens, des critiques de livres, etc. Le site de la SFP (www.sfpnet.fr) permet en particulier aux membres d'avoir accès à une bourse de l'emploi, récemment mise en place avec la Société Chimique de France.

Les congrès de la SFP sont souvent l'occasion pour les jeunes de faire leurs premières présentations en public, tout en leur offrant un panorama de la recherche fondamentale et appliquée en physique et ses domaines frontières. L'adhésion à notre société donne droit à des réductions pour l'inscription dans ses congrès et ceux des sociétés partenaires. Les prix scientifiques attribués par la SFP sont prestigieux ; certains sont internationaux et les trois prix « jeunes chercheurs », décernés chaque année, font l'objet d'une compétition accrue.

Signalons enfin que la SFP s'investit, avec l'EPS (Société européenne de physique), dans la réflexion sur les publications et l'enseignement de la physique, et aussi dans des débats sur la science et la société. Elle prend position partout dans le monde, pour défendre les physiciens menacés. Elle est solidaire des actions internationales pour la cause des femmes en physique. Et, depuis peu, elle développe des liens avec les collègues méditerranéens à travers la création d'une École de Physique Avancée au Maghreb, dont la première s'ouvre à Tunis en juillet 2009.

Pour augmenter son poids vis-à-vis des tutelles et des médias, il est indispensable que la Société Française de Physique renforce rapidement ses effectifs en développant et en faisant mieux connaître toutes ses activités. Elle s'adresse pour cela tout particulièrement aux jeunes de la physique et va tenter de s'ouvrir davantage au monde de l'entreprise (voir le courrier de Stéphane Joly, p. 31).

Michèle Leduc

Éditorial

- 2 Pourquoi adhérer à la Société Française de Physique ?
Michèle Leduc

Le mot de la rédaction

- 4 *Reflets de la physique* publie un « dossier spintronique »...
Charles de Novion

Avancées de la recherche

- 5 Les débuts de la spintronique
Albert Fert
- 11 Prises de bec chez les phalaropes
David Quéré, Manu Prakash, John W.M. Bush

Science et société

- 15 SPECTRA 2009
Frédéric Chandezon, Robert Baptist, François Piuze, Alain Schuhl
- 16 L'année mondiale de l'astronomie en France
Françoise Combes
- 18 Hommage à Michel Crozon
Gilles Cohen-Tannoudji, Théophile Leray, Michèle Leduc

Au sein et autour de la SFP

- 20 Actualités de la SFP
- 21 Prix scientifiques
- 23 XVI^e concours national des Olympiades de Physique France
- 24 Jeunes, emplois, métiers : la SFP se mobilise
Pierre Billaud
- 26 Vie d'EDP Sciences

Reflets de la physique et ses lecteurs

- 27 Notes de lecture
- 28 Portrait : Sébastien Nuttink
- 30 Courrier des lecteurs

Ce numéro comporte en encart un dépliant de la Société Française de Physique, inséré dans l'ensemble des exemplaires.

Comité de rédaction

Président : Jean-Pierre HULIN

Membres : Patricia BASSEREAU - Michel BELAKHOVSKY - Fabienne CASOLI - Jacques CHOMILIER - Anne DAVAILLE - Étienne GUYON - Pascale HENNEQUIN - Georges LANDA - Roland LEHOUCQ - Jérôme MARGUERON - Charles de NOVION - Sophie REMY - Claude SÉBENNE - José TEIXEIRA - Jean VANNIMENUS - Christophe YÈCHE

Directeur de la publication : Sylvie MAGNIER

Rédacteur en chef : Charles de NOVION

Conception : Lætitia MORIN - Keith VILLEMEUR

Réalisation graphique : Lætitia MORIN - laetitiamorin@free.fr

Suivi de rédaction : Agathe CYMER

Service publicité : Aurélie LEFEBVRE - Tél. : 01 69 18 92 40
e-mail : aurelie.lefebvre@edpsciences.org

Dépôt légal 3^e trimestre 2009 - Commission Paritaire 0310 G 86176

ISSN 1953-793 X © SFP - Édité à 7000 exemplaires

Imprimerie Jouve, 11, bd de Sébastopol, 75036 Paris Cédex 01
Tél. : 01 44 76 54 40.

Société française de physique, 33, rue Coulebarbe, 75013 Paris

Tél. : 01 44 08 67 10 - Fax 01 44 08 67 19

e-mail : sfp@sfpnet.org - Serveur : www.sfpnet.fr

SFP Bulletin, Institut Henri-Poincaré,

11, rue Pierre-et-Marie Curie, 75005 Paris

e-mail : sfp-bulletin@ihp.jussieu.fr - Serveur : www.refletsdelaphysique.fr



page 7



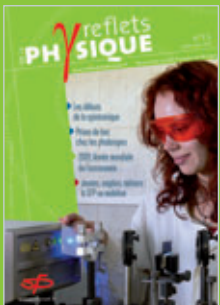
page 11



page 15



page 16



En couverture :
jeune chercheuse dans un laboratoire.

© : Semen Barkovskiy - Fotolia.com

Reflets de la physique publie un « dossier spintronique »...

Cela faisait un certain temps que nous voulions publier dans *Reflets de la physique* un dossier sur l'électronique de *spin*, ce nouveau champ de recherche appelé maintenant « spintronique ». Ce dossier répondait à une demande du Bureau de la SFP, suite au prix Nobel de physique attribué en 2007 à Albert Fert (et Peter Grünberg), mais aussi à celle de nombreux lecteurs de notre revue.

C'est grâce au soutien actif de la division de la matière condensée, et en particulier à Olivier Fruchart, rédacteur en chef invité, que ce dossier a pris forme. Le sujet de la spintronique est exemplaire, en ce qu'il montre comment des progrès considérables en élaboration des matériaux, en instrumentation avancée et en simulation *ab initio*, ont abouti tout à la fois à un renouveau de la physique du magnétisme et à des applications nombreuses (têtes de lecture d'enregistrement magnétique, capteurs, stockage de l'information...), ouvrant un marché important.

Dans ce numéro de *Reflets*, vous trouverez le premier article du dossier, écrit par Albert Fert, sur les débuts de la spintronique. Cet article sera suivi, dans les numéros suivants, par quatre autres : sur les avancées fondamentales récentes (Bernard Diény), sur les nouveaux matériaux (Agnès Barthélémy, Joël Cibert et Martin Bowen) et sur les applications aux capteurs (Claude Fermon, Myriam Pannetier-Lecœur) et à l'enregistrement magnétique (Jean-Pierre Nozières).

Olivier Fruchart

Rédacteur en chef invité du « dossier spintronique ».

Olivier Fruchart est né en 1971. Après des études de physique à l'ENS Paris, une thèse en magnétisme soutenue en 1998 au Laboratoire Louis Néel de Grenoble et un stage postdoctoral au Max-Planck Institut de Halle (Allemagne), il est recruté au CNRS en 1999.

Actuellement chargé de recherche à l'Institut Néel à Grenoble, dans l'équipe « Micro et nanomagnétisme », il s'intéresse au magnétisme de systèmes modèles, principalement des nanostructures épitaxiales auto-organisées, élaborées par dépôt par laser pulsé sous ultra-vide.

Ces nanostructures peuvent être distribuées aléatoirement, ou organisées en réseaux 1D ou 2D sur une surface. Les problématiques abordées sont la mise en ordre et l'anisotropie magnétique en basse dimensionnalité pour les structures de dimensions nanométriques, et les domaines et parois magnétiques confinés pour les structures micrométriques, avec récemment un accent particulier sur les degrés de liberté internes dans les parois magnétiques, et les processus de renversement d'aimantation associés.

... et donne accès sur son site aux actualités scientifiques de l'Institut de Physique du CNRS

Le CNRS nous informe de la création d'un fil RSS pour les actualités scientifiques de son Institut de Physique :

http://www.cnrs.fr/inp/spip.php?page=rss&id_rubrique=4

Ces actualités scientifiques, préparées par l'INP sous forme de « Brèves », ont pour objet de présenter des publications issues de ses laboratoires et jugées scientifiquement importantes. Elles apparaissent sous forme d'un résumé de 10 à 15 lignes, accompagné de liens vers l'article original et vers les sites des laboratoires des auteurs, et de l'adresse électronique des contacts (auteurs et INP). **La page ci-dessus est accessible par un lien à partir du site www.refletsdelaphysique.fr.**

Le fil RSS peut être utilisé pour « syndiquer » (c'est-à-dire prévenir automatiquement de leur mise à jour) ces actualités scientifiques sur un site *web*.

Contacts à l'INP : Jean-Michel Courty (jean-michel.courty@cnrs-dir.fr) et Karine Penalba (karine.penalba@cnrs-dir.fr)

N'hésitez pas à lire ces « Brèves ». Elles sont remarquablement écrites, intéressantes et claires, d'un bon niveau pour l'ensemble des physiciens, lecteurs de *Reflets*. Elles constituent un complément indispensable aux articles de fond publiés dans *Reflets de la physique*.

Charles de Novion

Rédacteur en chef de *Reflets de la physique*

À titre d'exemple, voici les titres des 10 dernières actualités de l'INP :

- De l'eau salée à la glace salée
- La transition métal-isolant d'Anderson observée avec des ondes de matière
- Piloter la diffusion de microparticules avec du sel
- Des électromagnons cycloïdaux observés dans un matériau multiferroïque
- La force de Casimir : une sensibilité à la nanostructuration des surfaces
- Une nouvelle approche théorique de l'effet Hall quantique fractionnaire
- Vers une maîtrise de la cohérence du rayonnement synchrotron
- Comment se comporte un liquide dans un nanocanal ?
- D'où vient la masse du proton ?
- Un nouveau modèle pour une meilleure compréhension de la mucoviscidose

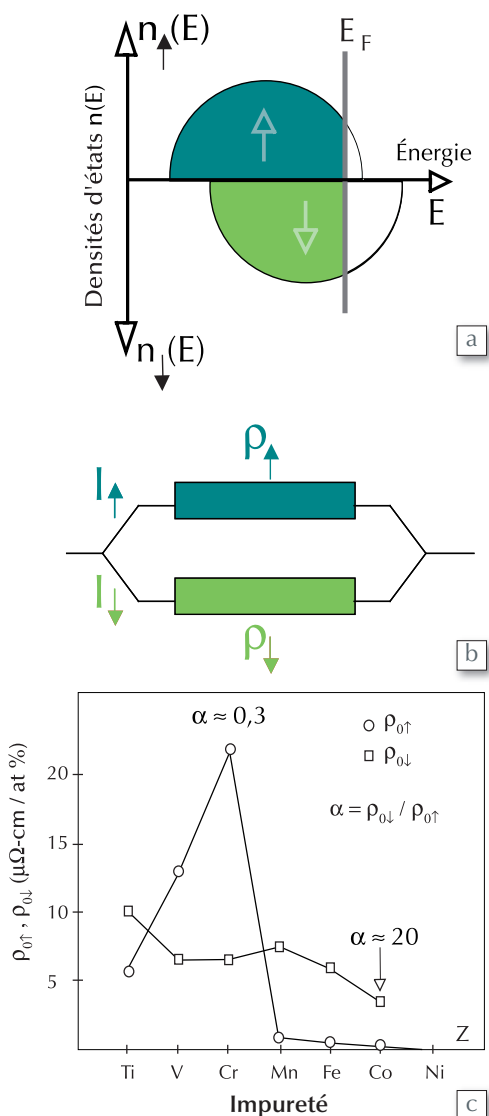
Les débuts de la spintronique

Travaux précurseurs et magnétorésistance géante

Albert Fert (albert.fert@thalesgroup.com)
 Unité Mixte de Physique CNRS/Thales, 91767 Palaiseau, et Université Paris-Sud, 91405 Orsay
 Prix Nobel de Physique 2007

Dans cet article, Albert Fert présente les débuts et les concepts fondamentaux de la spintronique : les premiers travaux effectués à Orsay sur la conduction électrique des alliages ferromagnétiques, les progrès dans l'élaboration des couches minces, la découverte de la magnétorésistance géante en 1988, et les résultats importants obtenus au début des années 90, qui ont permis de déboucher sur de nombreuses applications.

Dans une seconde partie, il traite plus en détail de la physique de l'accumulation de spins, qui gouverne la propagation d'un courant polarisé de spin dans une succession de conducteurs magnétiques et non magnétiques.



1. (a) Représentation schématique des densités d'états $n(E)$ des bandes d'énergie décalées pour les électrons de spin majoritaire ($spin\uparrow$ en bleu) et minoritaire ($spin\downarrow$ en vert) dans un métal ferromagnétique. (b) Illustration de la conduction par deux canaux indépendants de résistivités ρ_{\uparrow} et ρ_{\downarrow} pour les électrons de $spin\uparrow$ et $spin\downarrow$ respectivement. Selon le métal, on peut avoir $\rho_{\downarrow} > \rho_{\uparrow}$ ou $\rho_{\downarrow} < \rho_{\uparrow}$ pour les résistivités des deux canaux. (c) Résistivités des canaux de $spin\uparrow$ et $spin\downarrow$ pour du nickel dopé avec 1% de différentes impuretés (mesures à 4,2 K) [4]. Dans un métal, la présence d'impuretés freine le courant et, à basse température, est l'origine principale de la résistivité électrique. Dans le cas d'un métal ferromagnétique, une impureté peut freiner très différemment les électrons de $spin\uparrow$ et $spin\downarrow$.

La spintronique peut se décrire comme une électronique qui exploite non seulement la charge, mais aussi le spin des électrons. Son développement a suivi la découverte de la magnétorésistance géante (GMR) en 1988 [1, 2]. Le concept général de la spintronique est de placer des matériaux ferromagnétiques sur le trajet des électrons et d'utiliser l'influence du spin sur la mobilité des électrons dans ces matériaux. Cette influence, d'abord suggérée par Mott [3] en 1936, a été ensuite démontrée expérimentalement et décrite théoriquement à la fin des années 60 [4, 5]. La découverte de la GMR a conduit aux premières utilisations pratiques de cette influence. De nombreux autres phénomènes exploitant aussi le spin des électrons se sont ensuite révélés et, aujourd'hui, la spintronique se développe dans de très nombreuses directions, qui seront traitées dans les autres articles de ce dossier : magnétorésistance tunnel, phénomènes de transfert de spin, spintronique avec semi-conducteurs, spintronique moléculaire, spintronique avec multiferroïques, etc.

La conduction électrique dans les métaux et alliages ferromagnétiques

Un métal ferromagnétique, comme le fer ou le nickel, se caractérise par un décalage des bandes d'énergie des électrons de spin parallèle et antiparallèle à l'aimantation (fig. 1a). Ces bandes sont peuplées jusqu'au niveau de Fermi (E_F sur la figure 1a), et du décalage résultent des populations différentes pour les deux directions de spin, que nous appellerons dans la suite de l'article $spin\uparrow$ pour les spins majoritaires et $spin\downarrow$ pour les mineurs. C'est l'origine de l'aimantation spontanée des ferromagnétiques. La conduction électrique, quant à elle, est liée à la mobilité des électrons à E_F , et du décalage des bandes résulte de façon générale une mobilité différente pour $spin\uparrow$ et $spin\downarrow$, ce qui, en fin de compte, se traduit par une conduction en parallèle par deux canaux de résistivités différentes (fig. 1b). L'influence du spin sur la conduction électrique dans les métaux ferromagnétiques fut proposée

>>>

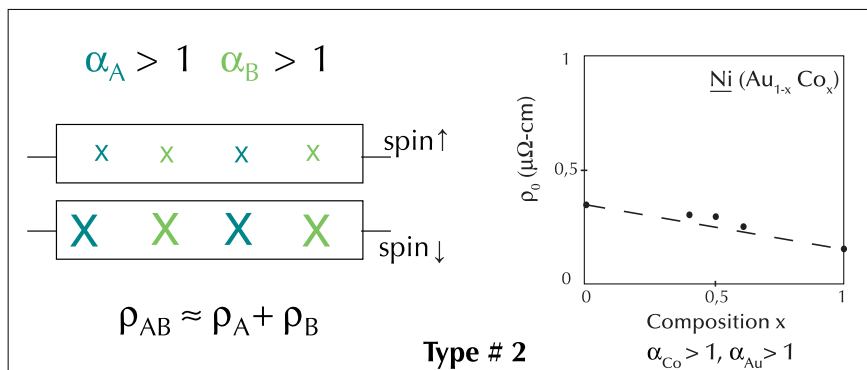
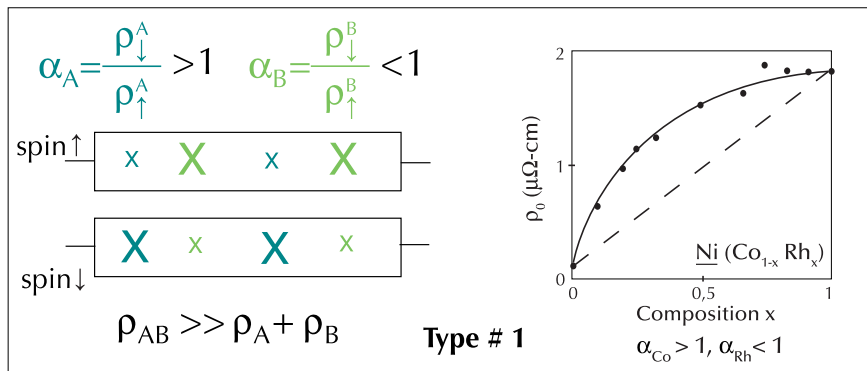
>>>

par Mott [3] en 1936, pour expliquer certaines anomalies de la résistivité de ces métaux au voisinage de la température de Curie.

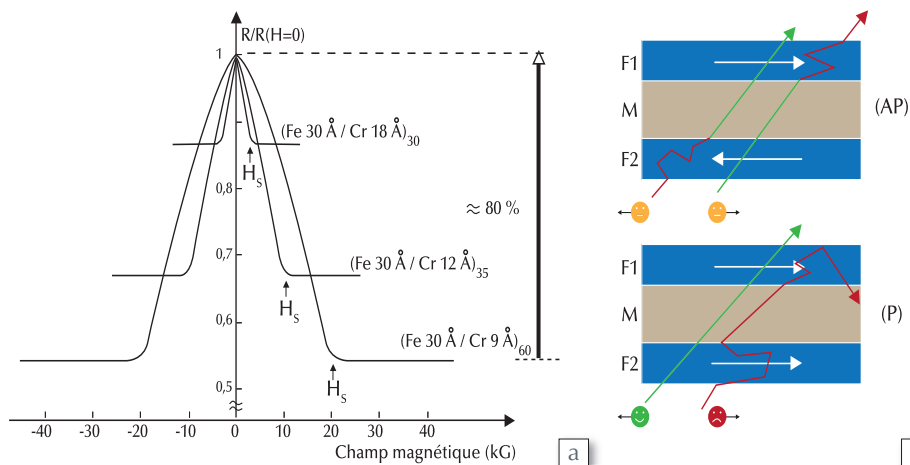
Cependant, à l'époque (en 1966) où j'arrivai au Laboratoire de Physique des Solides d'Orsay, le sujet était resté complètement inexploré et Ian Campbell me le proposa comme sujet de thèse. Cette thèse démarra donc par des mesures de la résistivité de fer et de nickel dopés de divers types d'impuretés. L'analyse comparée de la dépendance en température de la résistivité de ces alliages, ainsi que l'étude d'alliages ternaires que je décrirai plus loin, nous permirent de confirmer la proposition de Mott et de montrer que, pour certains dopages, la mobilité pouvait être très différente pour les électrons de $spin\uparrow$ et de $spin\downarrow$. La figure 1c montre les valeurs des résistivités des deux canaux pour du nickel contenant 1% de diverses impuretés [4]. On peut voir que le rapport α entre les résistivités $\rho_{0\downarrow}$ et $\rho_{0\uparrow}$ des canaux de $spin\downarrow$ et de $spin\uparrow$ peut être aussi grand que 20 pour des impuretés de cobalt, mais aussi être plus petit que 1 pour des impuretés de chrome ou de vanadium.

Ces résultats pouvaient être expliqués par les modèles de structure électronique développés par Friedel pour les alliages de métaux ferromagnétiques. Après les premières mesures de la fin des années 60, le modèle de conduction à deux courants dans les métaux et alliages ferromagnétiques fut rapidement confirmé dans d'autres groupes, par exemple par Loegel et Gautier [5] dans les cas d'alliages de cobalt.

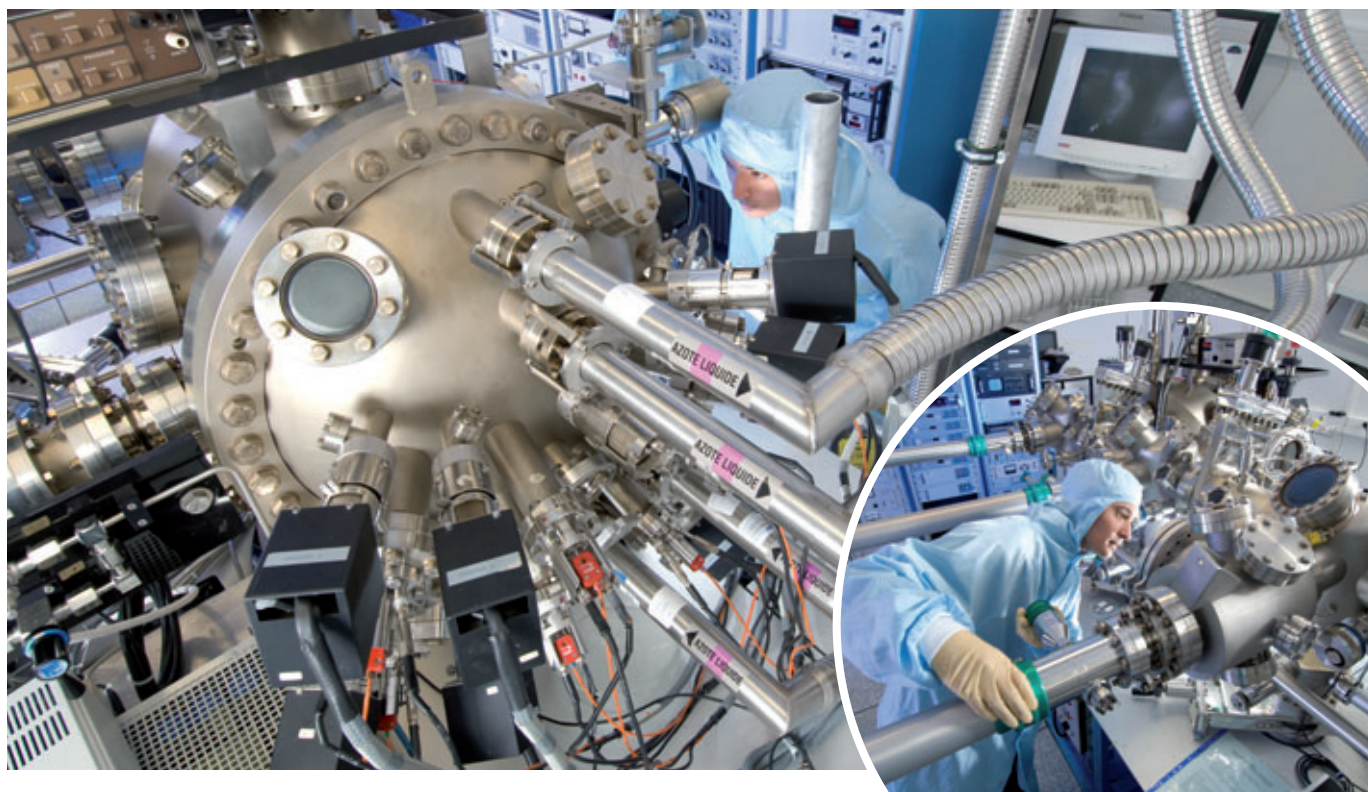
À la fin de ce premier chapitre, je voudrais faire remarquer que la spintronique n'a retenu jusqu'à présent qu'une version simplifiée du modèle à deux courants de ma thèse, en oubliant en route les effets de *spin mixing* [4], c'est-à-dire les échanges de quantité de mouvement par renversement de *spin*, essentiellement par collision entre électrons et ondes de *spin* dans un métal ferromagnétique. La « résistivité de *spin mixing* », $\rho_{\uparrow\downarrow}$, augmente progressivement avec la température. À la température ambiante, elle atteint une dizaine de $\mu\Omega\text{-cm}$ dans des métaux comme le fer ou le nickel, et égalise partiellement les deux courants. De nombreux résultats de spintronique, pour une analyse plus rigoureuse, devraient sans doute être revisités en tenant compte du *spin mixing*.



2. Expériences sur des alliages ternaires, basées sur le même concept que la GMR [4]. Sur les schémas illustrant la conduction par deux canaux, on a représenté l'efficacité plus ou moins grande d'une impureté A (bleu) ou B (vert) au freinage des électrons par des X (représentatifs d'obstacles) plus ou moins grands. (a) Schéma pour la conduction dans des alliages dopés avec des impuretés diffusant les électrons avec des asymétries en *spin* opposées ($\alpha_A = \rho_{A\downarrow}/\rho_{A\uparrow} > 1$, $\alpha_B = \rho_{B\downarrow}/\rho_{B\uparrow} < 1$, $\rho_{AB} \gg \rho_A + \rho_B$) et résultats expérimentaux pour des alliages Ni(Co_{1-x}Rh_x) [4]. (b) Même schéma qu'en (a) pour des alliages dopés avec des impuretés diffusant les électrons avec des asymétries en *spin* semblables ($\alpha_A > 1$, $\alpha_B > 1$, $\rho_{AB} \approx \rho_A + \rho_B$) et résultats expérimentaux pour des alliages Ni(Au_{1-x}Co_x). Pour la GMR, les impuretés A et B sont remplacées par des couches magnétiques F1 et F2 d'un même métal ferromagnétique, la situation de a (b) correspondant à la configuration antiparallèle (parallèle) des aimantations des couches F1 et F2.



3. (a) Premières observations de magnétorésistance géante à Orsay sur des multicouches Fe/Cr(001) [1]. La résistance, mesurée pour un courant parallèle aux couches, chute d'une valeur R_{AP} à une valeur R_P quand un champ magnétique aligne les aimantations. Avec la définition adoptée aujourd'hui pour le rapport de magnétorésistance, $MR = 100(R_{AP} - R_P)/R_P$, MR vaut 80% pour la multicouche (Fe 3nm/Cr 0.9nm). **(b) Schéma du mécanisme de la GMR.** Dans la configuration magnétique parallèle P (bas), les électrons d'une direction de *spin* peuvent traverser facilement toutes les couches magnétiques et le court-circuit par ce canal conduit à une faible valeur de la résistance. Dans la configuration antiparallèle AP (haut), les électrons de chaque canal sont ralentis une fois sur deux en traversant les couches magnétiques, et la résistance est élevée. Les trajectoires des électrons sont représentées obliques car, même pour un courant parallèle aux couches, c'est seulement la direction moyenne des vitesses qui est parallèle aux couches. On passe de la configuration antiparallèle AP à la configuration parallèle P par application d'un champ magnétique.



© CNRS Photothèque / RAOUËT Hubert

Chambre d'épitaxie par jets moléculaires utilisée pour la croissance de multicouches magnétiques (UMR 137, Unité mixte de physique CNRS/THALES, Orsay). Ce dispositif permet le dépôt sur un substrat de couches métalliques ultraminces, de quelques plans atomiques d'épaisseur. L'empilement alterné de films minces magnétiques et non magnétiques permet d'obtenir des multicouches magnétiques dans lesquelles est produit l'effet de magnétorésistance géante.

Le concept de la magnétorésistance géante dans des expériences sur des alliages magnétiques ternaires

Dans mon travail avec Ian Campbell, certaines expériences sur des alliages ternaires [4] anticipaient déjà la GMR, comme illustré par la figure 2. Supposons, par exemple, que l'on dope du nickel à la fois avec des impuretés de Co, qui freinent fortement les électrons dans le canal de $spin\downarrow$ en laissant le canal de $spin\uparrow$ relativement « ouvert », et des impuretés de Rh pour lesquelles c'est l'inverse. Dans l'alliage Ni(Co+Rh), que nous appellerons de type #1, les électrons des deux canaux sont alors fortement freinés, soit par les impuretés de Co dans un canal, soit par celles de Rh dans l'autre. Il n'y a plus de canal « ouvert », et la résistivité est fortement augmentée par rapport à celle d'alliages contenant seulement soit Co, soit Rh (fig. 2a). Au contraire, il n'y a pas cette augmentation de résistivité pour des alliages de type #2 dopés par des impuretés (Co et Au, par exemple) qui, toutes deux, freinent les électrons d'un même canal et laissent le deuxième canal relativement libre (fig. 2b).

L'idée de la GMR est de remplacer les impuretés A et B de l'alliage ternaire par deux couches magnétiques F1 et F2 d'un

même métal ferromagnétique, séparées par une couche non magnétique M (fig. 3b). Si les deux couches ont leurs aimantations dans des directions opposées (configuration dite antiparallèle, AP), la couche F1 freinera les électrons d'un canal, la couche F2 ceux de l'autre canal, et l'on retrouve donc la situation de résistivité élevée d'un alliage ternaire de type #1 dans lequel les électrons des deux canaux sont freinés, par les impuretés A dans l'un, les impuretés B dans l'autre. Par contre, la configuration d'aimantations parallèles (P) correspond à l'alliage de faible résistivité de type #2 dans lequel les impuretés A et B laissent un des canaux relativement libre. L'élément nouveau vient de la possibilité de passer de grande à petite résistivité, en appliquant un champ magnétique pour aligner les aimantations d'une configuration initialement antiparallèle.

Cependant, les équations de transport nous disent que les électrons ne pourront sentir l'orientation relative des aimantations des couches F1 et F2 que si la distance entre les couches est inférieure au « libre parcours moyen » des électrons, c'est-à-dire, en pratique dans des films métalliques, si cette distance n'est que de quelques nanomètres. Malheureusement, en 1970, il n'était pas techniquement possible de fabriquer des multicouches constituées de couches épaisses de seulement quelques nanomètres. Il fallut attendre le milieu des années 80.

La découverte de la GMR

Au milieu des années 80, avec le développement de techniques de dépôt sous ultraviolet comme l'épitaxie par jets moléculaires (EJM), il devint possible de fabriquer des multicouches empilant des couches ultrafines et d'envisager l'extension des expériences de ma thèse sur des alliages ternaires à des multicouches magnétiques. De plus, en 1986, les expériences de diffusion Brillouin de Peter Grünberg [6] révélèrent l'existence d'un « couplage d'échange » antiferromagnétique entre couches de fer ferromagnétiques, séparées par de très fines couches de chrome non magnétiques. Une multicouche Fe/Cr pouvait donc donner la possibilité de commuter d'une configuration à aimantations opposées à une autre à aimantations parallèles, par application d'un champ magnétique. À cette époque, j'avais justement discuté de l'intérêt des multicouches magnétiques avec Alain Friederich du LCR Thomson-CSE, et une collaboration s'était établie entre mon équipe d'Orsay et la sienne pour l'élaboration de telles couches. Patrick Étienne, l'expert EJM au LCR, adapta aux métaux les techniques mises au point pour les semi-conducteurs et guida les premières fabrications de multicouches Fe/Cr de la thèse de Frédéric Nguyen Van Dau. Cela conduisit rapidement à nos premières observations (fig. 3a) de la GMR

>>>

>>>

sur des super-réseaux Fe/Cr(001) au début de 1988 [1]. Les postdocs Mario Baibich et Jean-Marc Broto, ainsi que les doctorants Agnès Barthélémy et Frédéric Petroff, participèrent aussi à l'aventure. Des résultats semblables sur des tricouches Fe/Cr/Fe furent obtenus à peu près simultanément dans l'équipe de Peter Grünberg à Jülich [2]. Les équipes française et allemande déposèrent des brevets sur les applications possibles de la GMR ; les Allemands furent les plus rapides.

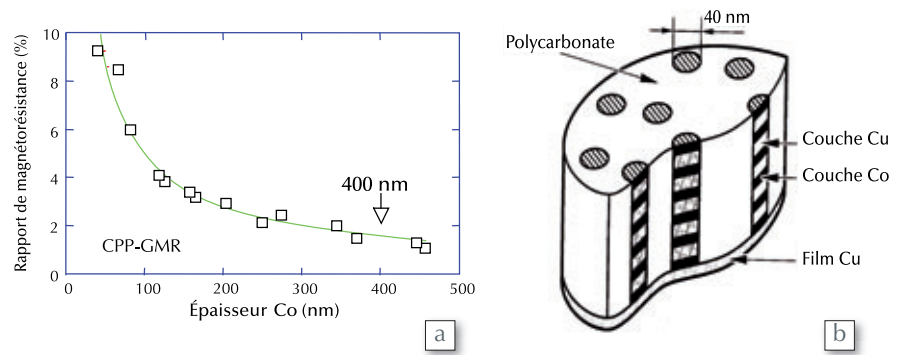
L'interprétation de la GMR est en gros semblable à celle des expériences sur des alliages ternaires que nous avons décrites plus haut, et est schématisée dans la figure 3b. Un modèle classique de la GMR fut publié dès 1989 par Camley et Barnas [7]. Vint ensuite un modèle quantique que je publiai avec Levy et Zhang en 1991 [8].

L'âge d'or de la GMR

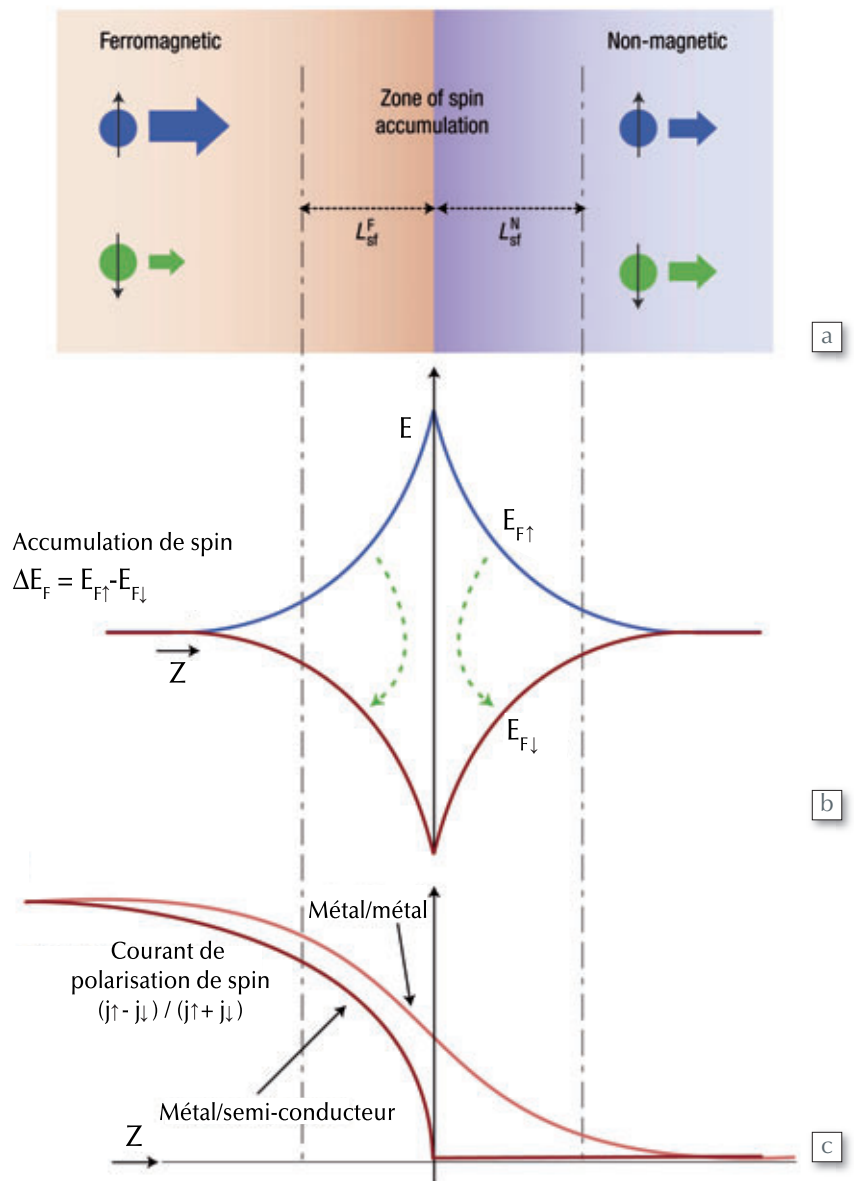
La découverte de la GMR attira rapidement l'attention, aussi bien pour ses possibilités d'applications que pour l'intérêt fondamental d'expériences de transport électronique exploitant le *spin*. Les études de la GMR se multiplièrent dans de nombreux laboratoires et notre petite équipe se lança aussi avec enthousiasme dans l'exploration de ce nouveau champ de recherche, qui allait s'appeler bientôt « spintronique ».

Sur le plan expérimental, deux résultats importants furent publiés en 1990. Stuart Parkin *et al* [9] démontrèrent l'existence de GMR dans des multicouches Fe/Cr, Co/Ru et Co/Cr élaborées par la méthode plus simple et plus rapide de pulvérisation cathodique. Ils découvrirent aussi une oscillation de la GMR en fonction de l'épaisseur des couches d'espacement (Cr ou Ru). Cette oscillation traduit la succession périodique d'épaisseurs dans lesquelles l'interaction entre couches magnétiques est antiferromagnétique (ce qui donne de la GMR) et d'épaisseurs à interaction ferromagnétique (sans GMR).

Également en 1990, l'équipe de Jean-Pierre Renard à Orsay et celle de Terua Shinjo à Kyoto démontrèrent que les effets GMR pouvaient aussi être obtenus dans des multicouches sans couplage d'échange antiferromagnétique, mais composées de couches magnétiques de coercivités différentes [10, 11]. Un autre résultat important, en 1991, fut aussi l'observation d'effets GMR grands et oscillants dans Co/Cu, qui deviendra un archétype de système GMR. Les premières observations [12] furent



4. (a) Variation de la GMR en courant perpendiculaire aux couches (CPP-GMR) de nanofils multicouches Co/Cu (8 nm) en fonction de l'épaisseur des couches de cobalt [19]. La GMR subsiste jusqu'à des épaisseurs de l'ordre de grandeur du micron. (b) Structure des nanofils multicouches utilisés pour les mesures de (a).



5. Représentation schématique de l'accumulation des spins, associée au passage d'un courant d'un conducteur ferromagnétique à un conducteur non magnétique. (a) : Flux respectifs d'électrons de *spin*↑ (flèches bleues) et de *spin*↓ (flèches vertes) loin de l'interface. L_{sf}^F et L_{sf}^N sont les longueurs de diffusion de *spin* dans les matériaux ferromagnétique et non magnétique, respectivement. (b) : Variation des niveaux de Fermi $E_{F\uparrow}$ et $E_{F\downarrow}$ au voisinage de l'interface ; les flèches symbolisent les renversements de *spin* générés par l'accumulation. (c) : Variation de la polarisation en *spin* du courant.

réalisées par un doctorant brésilien de notre équipe, Dante Mosca, sur des multicouches préparées par pulvérisation cathodique à Michigan State University, et, à peu près à la même époque, dans l'équipe de Stuart Parkin.

En 1991 également, Bernard Dieny et l'équipe d'IBM Almaden [13] montrèrent la possibilité de détecter de très petits champs magnétiques par GMR dans des tricouches dites *spin valves*, aujourd'hui à la base de nombreux dispositifs [14, 15]. Les *spin valves* et leurs applications seront décrites dans les autres articles de ce dossier.

Parallèlement à l'exploration de la GMR dans de nombreux types de structures, un gros effort de recherche fut fait pour le développement de modèles théoriques, et notamment de modèles s'appuyant sur des déterminations *ab initio* de la structure électronique des multicouches. Une description de ces modèles serait trop longue, et le lecteur pourra consulter des articles de revue récents [16]. Je veux cependant faire remarquer que l'influence du *spin* sur la conduction électrique, et la GMR en particulier, est très dépendante de défauts difficiles à connaître précisément (impuretés, rugosité d'interface, etc.). Les modèles théoriques ne peuvent guère prendre en compte ces défauts de façon réaliste et ne sont pas réellement prédictifs. La situation est différente pour la GMR en courant perpendiculaire aux couches, décrite plus loin.

Les applications de la GMR seront présentées par J.P. Nozières et C. Fermon dans ce même dossier. L'application la plus connue est la lecture des disques durs [14, 15], où les capteurs GMR à structure *spin valve* ont remplacé la magnétorésistance classique. La GMR, grâce à sa sensibilité et aux possibilités amenées pour la miniaturisation des capteurs, a rendu possible une forte réduction de la taille des inscriptions magnétiques et a ainsi conduit à une augmentation de la capacité d'information stockée dans les disques, de plus de deux ordres de grandeur (de ≈ 1 à ≈ 600 Gbit/in² en 2009). Cette augmentation a conduit non seulement à la réalisation de disques de très grande capacité (jusqu'au teraoctet), mais aussi à celle de disques de la taille de pièces de monnaie pour l'électronique nomade, baladeurs, appareils photographiques, etc. Les capteurs GMR ont aussi des applications dans l'industrie automobile et les technologies biomédicales.

La GMR en courant perpendiculaire aux couches

Pendant les premières années de recherche sur la GMR, les expériences sur les multicouches étaient effectuées avec un courant électrique orienté dans le plan des couches, dans la géométrie que

l'on appelle maintenant CIP (*Current In Plane*). Les premières expériences en géométrie CPP (*Current Perpendicular to the layer Planes*) furent réalisées par l'équipe de Jack Bass *et al.* [17] à Michigan State University, en plaçant une multicouche en sandwich entre deux couches supraconductrices de niobium, qui établissent des plans équipotentiels sur les deux faces de la multicouche et permettent d'obtenir un courant perpendiculaire aux couches.

En CPP, la GMR est non seulement nettement plus grande qu'en CIP (la CPP-GMR sera d'ailleurs utilisée dans la prochaine génération de têtes de lecture de disques durs), mais aussi subsiste pour des couches relativement épaisses, jusqu'au voisinage du micron, comme on peut le voir sur la figure 4 pour des multicouches élaborées par électrodéposition dans des pores de membranes de polycarbonates [18]. Le modèle Valet-Fert [19] permet d'expliquer cette différence par les effets d'accumulation de *spin* spécifiques de la situation CPP. La longueur d'échelle des phénomènes de transport devient la longueur de diffusion de *spin*, nettement plus grande que le libre parcours moyen impliqué dans la géométrie usuelle.

Physique de l'accumulation de *spin*

En fait, la CPP-GMR a permis de comprendre la physique de l'accumulation de *spin* qui gouverne de façon très générale la propagation d'un courant polarisé de *spin* dans une succession de conducteurs magnétiques et non magnétiques, et joue un rôle important dans tous les développements actuels de la spintronique. Le courant de diffusion généré par l'accumulation de *spin* est le mécanisme permettant à un courant polarisé en *spin* de se propager loin de l'interface entre un matériau magnétique et un matériau non magnétique, au-delà de la longueur balistique, jusqu'à une distance de l'ordre de grandeur de la longueur de diffusion de *spin*. On verra dans l'encadré (p. 10) que ce transport de *spin* à grande distance a permis d'étendre les études de GMR à des structures latérales. Dans des nanotubes de carbone, par exemple, la longueur de diffusion de *spin* excède 20 nm, et des courants polarisés peuvent être transportés d'un bout à l'autre de nanotubes de carbone relativement longs [20].

Comme expliqué sur la figure 5, une accumulation de *spin* se produit quand un flux d'électrons passe d'un matériau ferromagnétique à un conducteur non magnétique. Le flux incident est plus grand dans un des canaux (*spin*↑ sur la figure), alors que le flux sortant est également réparti (fig. 5a). Au voisinage de l'interface, il y a donc accumulation d'électrons d'une certaine direction de *spin* (*spin*↑ sur la figure) et, neutralité de charge oblige, déplétion de l'autre direction

>>>

Références

- 1 • M.N. Baibich, J.M. Broto, A. Fert, F. Nguyen Van Dau, F. Petroff, P. Etienne, G. Creuzet, A. Friederich, J. Chazelas, *Phys. Rev. Lett.* **61** (1988) 2472.
- 2 • G. Binash, P. Grünberg, F. Saurenbach, W. Zinn, *Phys. Rev. B* **39** (1989) 4828.
- 3 • N.F. Mott, *Proc. Roy. Soc. A* **153** (1936) 699.
- 4 • A. Fert et I. A. Campbell, *Phys. Rev. Lett.* **21** (1968) 1190, *J. Physique* **32** (1971) C1-46, *J. Phys. F* **6** (1976) 849.
- 5 • B. Loegel et F. Gautier, *J. Phys. Chem. Sol.* **32** (1971) 2723.
- 6 • P. Grünberg *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **57** (1986) 2442.
- 7 • R. E. Camley et J. Barnas, *Phys. Rev. Lett.* **63** (1989) 664.
- 8 • P.M. Levy, S. Zhang, A. Fert, *Phys. Rev. Lett.* **65** (1990) 1643.
- 9 • S.S.P. Parkin, N. More, K.P. Roche, *Phys. Rev. Lett.* **64** (1990) 2304.
- 10 • T. Shinjo et H. Yamamoto, *J. Phys. Soc. Jpn.* **59** (1990) 3061.
- 11 • C. Dupas *et al.*, *J. Appl. Phys.* **67** (1990) 5680.
- 12 • D. H. Mosca *et al.*, *J. Magn. Magn. Mater.* **94** (1991) L1 ; S. S. P. Parkin *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **66** (1991) 2152.
- 13 • B. Dieny *et al.*, *Phys. Rev. B* **43** (1991) 1297.
- 14 • S.S.P. Parkin, dans *Spin Dependent Transport in Magnetic nanostructures* (édité par S. Maekawa et T. Shinjo, Taylor and Francis 2002), p. 237.
- 15 • C. Chappert, A. Fert, F. Nguyen Van Dau, *Nature Materials*, **6** (2007) 813.
- 16 • T. Shinjo, *ibidem* ref. [14], p. 1 ; P. M. Levy et I. Mertig, *ibidem*, p. 47 ; A. Fert, A. Barthélémy et A. Fert dans *Nanomagnetism* (édité par D.L. Mills et J.A.C. Bland, Elsevier, 2006), p. 153.
- 17 • W. P. Pratt *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **66** (1991) 3060 ; J. Bass et W. P. Pratt, *J. Magn. Magn. Mater.* **200** (1999) 274.
- 18 • L. Piraux *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **65** (1994) 2484 ; A. Fert et L. Piraux, *J. Magn. Magn. Mater.* **200** (1999) 338.
- 19 • T. Valet et A. Fert, *Phys. Rev. B* **48** (1993) 7099.
- 20 • L.H. Hueso *et al.*, *Nature* **445** (2007) 410.
- 21 • B. T. Jonker et M. E. Flatté, dans *Nanomagnetism* (édité par D.L. Mills et J.A.C. Bland, Elsevier, 2006), p. 227.

de *spin*, ou, en d'autres termes, décalage entre les niveaux de Fermi (potentiels chimiques) des deux directions de *spin* (fig. 5b). L'accumulation de *spin* diffuse des deux cotés de l'interface et décroît exponentiellement, pour s'étendre jusqu'à une distance de l'ordre de grandeur de la longueur de diffusion de *spin*. Cette distribution hors d'équilibre génère les renversements de *spin*, qui ajustent les flux entrant et sortant. Pour résumer, il y a au voisinage de l'interface une large zone d'accumulation de *spin*, dans laquelle le courant polarisé de *spin* venant du conducteur magnétique est progressivement dépolarisé par les renversements de *spin* générés par l'accumulation de *spin* (fig. 5c).

La figure 5 représente le cas de l'injection de *spin*, c'est-à-dire d'électrons allant du magnétique au non magnétique. Pour des électrons allant en direction opposée (extraction de *spin*), on a une situation semblable, mais avec accumulation de la

direction de *spin* opposée et une polarisation progressive du courant par les renversements de *spin* qui en résultent. Dans les deux cas, injection ou extraction, la polarisation du courant subsiste ou commence loin de l'interface dans le matériau non magnétique.

Cette physique peut se décrire par des équations de transport [19], dans lesquelles le potentiel électrique est remplacé par un potentiel électrochimique dépendant du *spin*. La physique de l'accumulation de *spin* joue un rôle important dans la plupart des développements récents de la spintronique. Ses équations peuvent être appliquées non seulement au cas simple d'une interface isolée, mais aussi à la situation multi-interfaces avec interaction entre les accumulations de *spin* à des interfaces voisines. Elles peuvent aussi être généralisées à la situation des structures avec semi-conducteurs ou molécules, prendre en compte la courbure de bande à l'interface de semi-conducteurs,

ou encore les configurations magnétiques non colinéaires des expériences de transfert de *spin* (cf. article de B. Diény dans ce dossier).

Conclusion

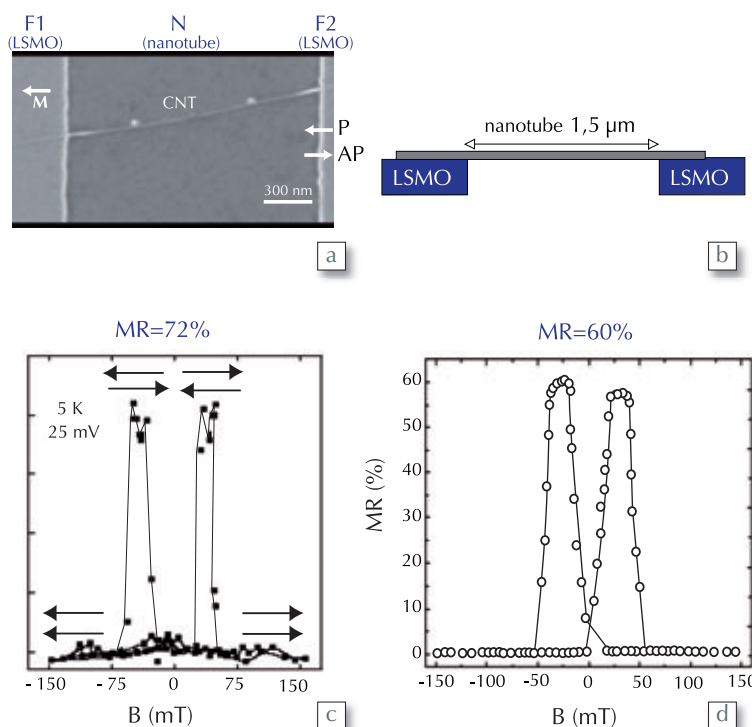
La découverte de la GMR résulte de la rencontre entre des progrès technologiques et une base de physique fondamentale, décrivant l'influence du *spin* sur le transport électronique dans les matériaux ferromagnétiques. On réalisa rapidement quelles applications importantes on pouvait tirer de l'exploitation simultanée de la charge et du *spin* des électrons, et cela déclencha une recherche active, qui révéla d'autres phénomènes exploitant également l'influence du *spin* en électronique. La spintronique se développe maintenant sur de nombreux nouveaux axes et sera très certainement à la base d'applications technologiques dans de multiples domaines. ■

La magnétorésistance géante dans des structures « latérales »

Le cas d'une structure « latérale » de type source/canal latéral/drain, composée d'un conducteur non magnétique N dont les extrémités sont contactées à des conducteurs ferromagnétiques source F1 et drain F2, dont les aimantations peuvent être parallèles ou antiparallèles (voir exemple de structure sur la figure 6 a et b), est semblable à celui de la CPP-GMR. Le courant passe latéralement de F1 à N, puis à F2, de la même façon qu'il traverserait verticalement en CPP-GMR une tricouche, avec une couche non magnétique dont l'épaisseur serait égale à la longueur du canal et encadrée par deux couches magnétiques semi-infinies. La structure latérale a l'avantage de rendre possible l'installation d'une « grille » sur le canal.

Les résultats sur ces structures latérales s'interprètent avec le même type d'équations de *drift-diffusion* que celles de la CPP-GMR. Dans une situation de CPP-GMR, avec une épaisseur de couche non magnétique égale à la longueur du canal latéral, donc en général supérieure à 100 nm, et avec les métaux habituels de la GMR, les performances en termes de variation de résistance ΔR entre configurations parallèle et antiparallèle ou de signal de sortie ΔV restent cependant très modestes : soit $\Delta R/R$ ou $\Delta V/V_{\text{bias}}$ de l'ordre de quelques pourcents ou dixièmes de pourcents, avec des contacts tunnel. Quand le canal latéral est un semi-conducteur, qui peut certes avoir un temps de relaxation de *spin* plus long qu'un métal, mais par contre une vitesse électronique beaucoup plus petite, les performances sont encore plus modestes [21].

Obtenir des performances élevées avec des structures latérales exige donc des matériaux combinant des temps de relaxation de *spin* longs, mais aussi des vitesses électroniques grandes, nanotubes de carbone ou graphène, par exemple. Un exemple est donné sur la figure 6 c et d, avec des résultats de magnétorésistance supérieurs à 70% et des signaux de sortie V allant jusqu'à 50 mV, dans des expériences où le canal latéral est un nanotube de carbone [20].



6. (a) Image par microscopie électronique d'un nanotube de carbone (CNT) entre contacts (source et drain) de $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (LSMO). L'aimantation M de la source F1 est fixe ; celle du drain F2 peut être parallèle (P) ou antiparallèle (AP) à M. (b) Schéma correspondant (vue latérale). (c) et (d) : Magnétorésistances de 72% et 60%, avec des structures du type (a) [20]. Sur la figure de gauche, les directions des aimantations des matériaux F1 et F2 sont indiquées par des flèches. On remarquera l'hystérésis en cyclage de champ, du au faible champ coercitif de la couche F1.

Prises de bec chez les phalaropes

David Quéré⁽¹⁾ (david.quere@espci.fr), Manu Prakash⁽²⁾, John W.M. Bush⁽³⁾

(1) Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

(2) Center for Bits and Atoms, MIT, Cambridge, MA 02139, USA

(3) Department of Mathematics, MIT, Cambridge, MA 02139, USA

Nous décrivons ici comment le phalarope, petit oiseau limicole des bords de l'Arctique, se nourrit au goutte-à-goutte en utilisant à la fois la géométrie de son bec et un mouvement mandibulaire maîtrisé à la perfection.

Il nous donne ainsi l'exemple d'une pince à liquide, permettant à la fois la prise et la manipulation de gouttes, sans influence du champ de la pesanteur.

L'hydrotechnique phalarope

Les phalaropes sont des petits oiseaux limicoles qui vivent sur les rivages américains ou asiatiques de l'Arctique. Ils ont été découverts au dix-huitième siècle par George Edwards puis décrits et nommés par Brisson « à cause de leurs pieds semblables à ceux de la foulque », nous dit Buffon – *phalaris* en grec. On les connaît d'abord pour leur partage inhabituel des tâches : la femelle, plus grosse, migre vers le Sud (la mer d'Oman) peu après la ponte, tandis que les mâles couvent les œufs et s'occupent des oisillons.

Mais leur mode d'alimentation, décrit par les ornithologues dans les années 90, est plus curieux encore [1-2]. Le bec du phalarope est court, deux à trois centimètres, et ce drôle d'oiseau fait d'abord venir son repas à la surface de l'eau : à la différence des canards, il ne plonge pas pour pêcher et il est donc contraint de trouver sa subsistance au voisinage immédiat de la surface. Sa stratégie est révolutionnaire (à proprement parler) : le phalarope fait en nageant des ronds dans l'eau, des cercles d'un diamètre de quelques dizaines de centimètres, à une vitesse de l'ordre de 50 cm/s. Comme le savent les amateurs de thé, on engendre ainsi des écoulements qui remontent de la profondeur vers la surface les feuilles dans la tasse de thé – et des petits crustacés ou du plancton pour le phalarope. Il n'y a donc plus qu'à se servir, ce que notre oiseau fait à coups de bec (fig. 1), des coups fréquents (2 par seconde, environ) dont il tire à chaque fois non pas directement une proie mais une goutte d'eau. Alors que la direction du bec pointe vers le bas, la goutte remonte jusqu'au gosier où le phalarope extrait le nutriment qui s'y trouve (un par goutte, en moyenne) et l'avale.

Et nous en arrivons à la question qui va nous intéresser, qui est la façon dont cette goutte avance, contre la pesanteur et malgré sa grande fluidité [3].



1. On voit ici un phalarope en action, au moment où il attrape un peu de liquide sous la surface de l'eau, pour se nourrir. La goutte qu'il extrait va remonter le long du bec sans que le phalarope l'aspire, mais sous l'effet conjoint de la géométrie du bec et d'un mouvement mandibulaire.

Autopropulsion

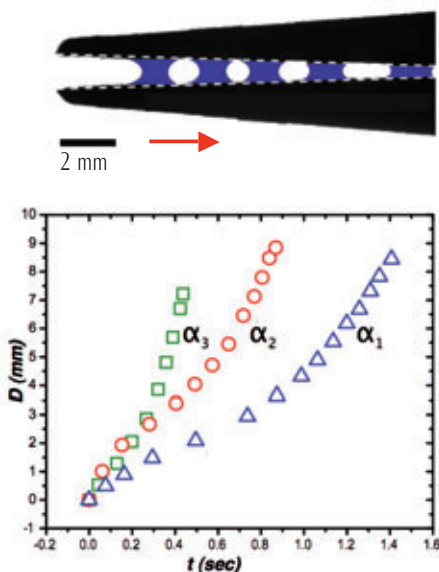
Avant de s'interroger sur l'origine du mouvement, on notera que la goutte doit, pour avancer, faire un pont entre le haut et le bas du bec. Ceci impose un angle maximum d'ouverture au bec. En effet, une goutte ne peut joindre deux plans que si la distance entre ces plans est au plus (de l'ordre de) la largeur de la goutte – sinon, elle se casse en deux, et on perd la continuité du liquide d'un plan à l'autre. Les gouttes ont une taille de quelques millimètres, notée a . L'espacement au bout d'un bec de longueur L_b , ouvert d'un angle α valant αL_b , la condition de stabilité s'écrit $\alpha < \alpha_c \sim a/L_b$, ce qui donne un angle critique α_c de quelques degrés seulement. Ouvrant plus largement son bec, l'infortuné phalarope perd son repas, tel le corbeau de la fable.

Comment la goutte remonte-t-elle alors le bec ? Une origine possible du mouvement est d'abord géométrique : la distance entre les parties supérieure et inférieure du bec décroît quand on approche du gosier, ce qui rend asymétrique la goutte qu'on y place. Or quand une interface liquide est courbée, le liquide sous cette surface est en surpression (dite de Laplace) ou en dépression, selon le signe de la courbure. Un liquide mouillant dans un tube capillaire sera ainsi tiré par le ménisque qui le borne : la courbure de ce ménisque engendre une dépression sous sa surface, qui agit bien

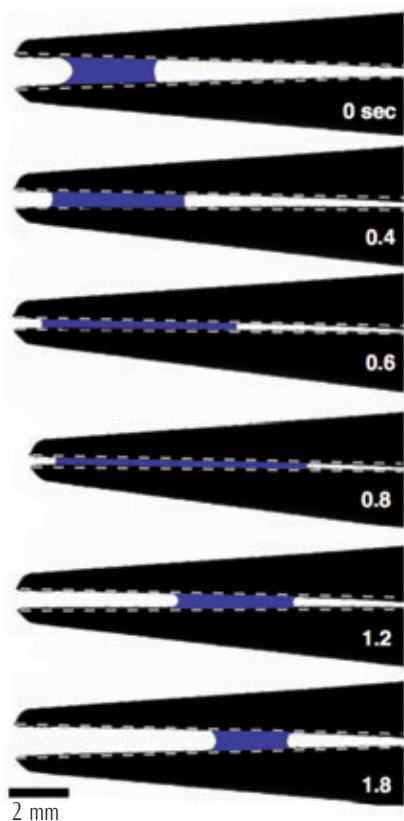
>>>

Remerciements

Les auteurs remercient spécialement les lecteurs pour leurs excellentes suggestions.



2. Positions successives d'une goutte d'huile silicone dans un bec artificiel horizontal, en fonction du temps. La flèche indique la direction du mouvement, et l'échelle 2 millimètres. On voit sur le graphe que la goutte avance à une vitesse constante d'autant plus grande que le bec est plus ouvert, avant d'accélérer dans la région la plus confinée du bec. Les angles α_1 , α_2 et α_3 valent $1,9^\circ$, $2,8^\circ$ et $4,2^\circ$.



3. Progression d'une goutte d'eau dans un bec artificiel : le mouillage n'est que partiel, et la goutte avance parce qu'on ferme et ouvre cycliquement le bec. La vitesse moyenne dépend à la fois des angles extrêmes du mouvement mandibulaire et de la fréquence de ce mouvement. On a indiqué le temps à droite, en secondes, et l'échelle en bas à gauche représente 2 mm.

>>>

comme un aspirateur pour le liquide. Si le liquide mouille le bec, ces deux ménisques n'ont pas la même courbure et l'aspiration différentielle qui en résulte propulse la goutte vers le côté le plus étroit, qui est celui du gosier (fig. 2).

À partir d'un bec artificiel comparable à celui du phalarope, nous avons caractérisé le mouvement de gouttes d'huile dans cet environnement asymétrique : une goutte placée au bout d'un de ces becs horizontaux progresse d'elle-même jusqu'à l'autre extrémité, à vitesse constante, sauf en fin de course où elle accélère (fig. 2). On devine qu'équilibrer la force motrice de Laplace par une résistance visqueuse peut conduire à une vitesse de progression constante. En revanche, l'accélération dans la région la plus confinée est inattendue, la résistance visqueuse augmentant fortement dans cette zone. Le lecteur curieux pourra se reporter à l'encadré (p. 13) pour trouver des explications plausibles à ces différentes observations.

Nécessité d'un mouvement mandibulaire

Il se trouve que le phalarope ne cuisine pas à l'huile, mais à l'eau. Or une goutte d'eau placée dans notre bec artificiel aura un comportement bien différent : elle reste bloquée là où on l'a mise. La (faible) force capillaire qui la pousse vers le gosier est (largement) contrebalancée par la force d'accrochage du liquide sur les défauts du solide. Tant qu'on est en mouillage complet (avec l'huile), des films moléculaires s'échappent de la goutte et « effacent » les hétérogénéités ; mais, avec l'eau, le mouillage n'est plus que partiel, et les défauts hydrophiles retiennent l'arrière de la goutte tandis que l'avant bute sur des zones non mouillantes. Ce phénomène nous est familier : c'est lui qui empêche les gouttelettes de pluie de dévaler sur les vitres, en dépit de la gravité. On voit bien de profil que ces gouttes sont plus bombées à l'aval qu'en amont, à cause de l'accrochage du liquide sur les défauts du solide. Dans le bec, l'angle de contact θ_1 « à l'avant » de la goutte sera de la même manière plus grand que celui « à l'arrière », noté θ_2 , ce qui permet aux courbures des ménisques d'engraisser la force capillaire qui tire la goutte d'eau vers le gosier. Il suffit que la différence $\theta_2 - \theta_1$ soit de l'ordre de α pour que la goutte résiste. Or cette différence peut être communément de quelques dizaines de degrés sur des matériaux ordinaires, bien plus grande que les quelques degrés d'ouverture du bec, ce qui permet de comprendre pourquoi la

goutte reste bloquée sur les défauts du solide.

La parade du phalarope, facile à imiter avec un bec artificiel, est d'imposer un mouvement mandibulaire qui alternativement écrase et relâche la goutte (fig. 3). On observe que le liquide avance alors de manière incrémentale, à chaque cycle du bec. L'angle α est, à présent, fonction du temps, partant d'une valeur maximale α_M pour décroître à un minimum α_m avant de remonter à α_M , et ainsi de suite, à une fréquence d'une dizaine de Hertz. Cette fréquence élevée permet une progression rapide du liquide, à une vitesse de l'ordre du mètre par seconde. Mais nous allons surtout discuter comment les valeurs α_M et α_m conditionnent l'efficacité du processus.

Optimisation mandibulaire

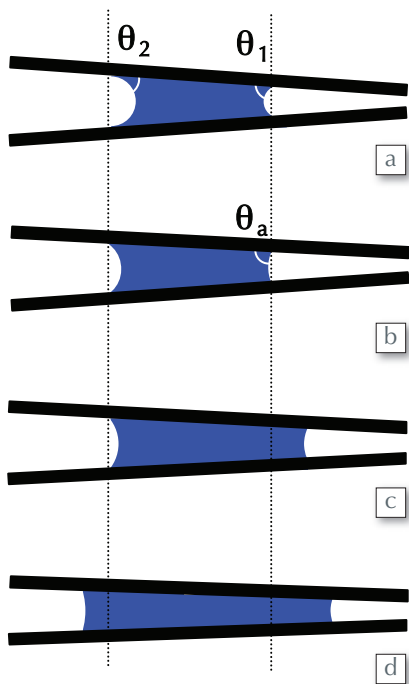
Il est instructif de raisonner d'abord sur une goutte placée entre deux plans parallèles que l'on approche, puis que l'on éloigne l'un de l'autre. Tant que l'amplitude de l'oscillation est faible, la ligne de contact reste piégée sur les défauts ; mais au-delà d'un seuil, le liquide se décroche et parcourt une distance d'autant plus grande que l'oscillation est ample, sans toutefois que son centre de gravité ne progresse [4]. Dans cette expérience, le décrochage se produit quand l'angle de contact dépasse sa plus grande valeur statique possible, que l'on appelle l'angle d'avancée θ_a . De même, quand on écarte les plans l'un de l'autre, la goutte ne se rétracte que si l'angle devient inférieur à sa plus petite valeur statique, l'angle de reculée θ_r .

Si les plans ne sont plus parallèles, les valeurs extrêmes α_M et α_m définissent l'amplitude de l'oscillation. Le liquide ne bougera que si la quantité $\alpha_M - \alpha_m$ est assez grande, mais le point nouveau est que cela s'accompagne d'un déplacement de la goutte vers la région la plus confinée, c'est-à-dire le gosier de l'animal (fig. 3). Comment expliquer ce mouvement ? Nous schématisons ce qui se passe sur la figure 4. Quand le bec se ferme, les angles θ_1 à l'avant et θ_2 à l'arrière⁽¹⁾ augmentent comme précédemment, mais en partant d'une valeur différente : à cause de l'asymétrie du bec, on a initialement $\theta_1 > \theta_2$, comme on l'a souligné plus haut. L'angle θ_a pour lequel le liquide se met en mouvement sera donc atteint par l'avant de la goutte avant de l'être par l'arrière : l'avant seul progresse dans un premier temps. Si l'oiseau continue à fermer son bec, l'arrière à son tour se décroche des défauts du solide,

mais en partant dans la direction opposée. Et quand le bec s'ouvre, c'est le contraire : l'arrière de la goutte va vers le gosier quand l'angle θ_2 atteint la valeur θ_a , et l'avant ne recule que si le bec continue de s'ouvrir. On voit ainsi qu'un mouvement incrémental va se produire à chaque demi-cycle, dans le sens désiré.

Outre l'origine du mouvement, ces raisonnements permettent de comprendre que si le phalarope maîtrise finement les angles extrêmes α_M et α_m , il pourra ne propulser que l'avant de la goutte quand il ferme le bec (en laissant l'arrière bloqué), et que l'arrière quand il l'ouvre. Pour préciser ces phénomènes, nous avons mesuré le nombre de cycles nécessaires pour qu'une goutte remonte l'ensemble d'un bec artificiel (dont le mouillage se compare à celui du bec réel). On voit sur la figure 5 qu'il existe en effet une fenêtre étroite d'angles où le mouvement est optimisé : il suffit alors de trois cycles pour qu'une goutte millimétrique parcourre les deux centimètres du bec artificiel. Ce chiffre correspond aux observations faites par les ornithologues sur les phalaropes,

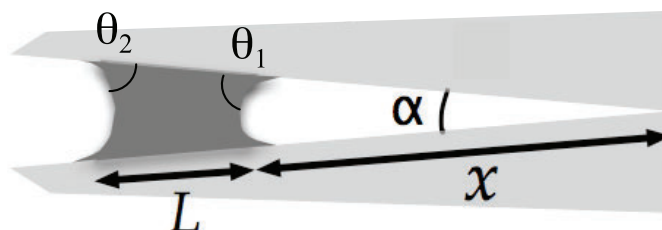
>>>



4. Schéma du mouvement d'une goutte en mouillage partiel dans un bec en fonction de l'angle d'ouverture. (a) La goutte reste bloquée à cause de l'accrochage de la ligne sur les défauts du solide, et résiste ainsi à la force capillaire qui tend à la propulser vers le gosier, ce qui se manifeste par deux angles de mouillage différents θ_1 et θ_2 à l'avant et à l'arrière, avec $\theta_1 > \theta_2$. (b) Quand le phalarope ferme son bec, ces deux angles augmentent, mais c'est l'angle à l'avant θ_1 qui atteint le premier la valeur θ_a au-delà de laquelle il y a mouvement. (c) Si le phalarope continue de fermer son bec, l'angle θ_2 peut à son tour atteindre θ_a , ce qui déclenche le recul de l'arrière de la goutte.

Lois d'échelle pour des gouttes automotrices

Il existe de nombreux dispositifs qui permettent le déplacement spontané d'une goutte posée sur un solide [6]. Dans tous les cas, le mouvement se fonde sur une asymétrie, qui peut être due au mouillage, à la température ou à la géométrie, comme dans le bec de phalarope où l'avant et l'arrière de la goutte ne voient pas le même degré de confinement. Si le bec est horizontal et le liquide mouillant (situation qui n'est pas celle du phalarope, mais qui est utile à caractériser), la goutte est aspirée vers le côté le plus étroit.



Goutte mouillante de longueur L dans un bec ou dans un cône, à une distance x du sommet.

Pour un liquide de tension superficielle γ , la traversée d'une interface courbée d'un rayon R s'accompagne d'un saut de pression de Laplace γ/R , négatif pour des interfaces tournées vers l'air comme sur la figure (la pression est plus élevée du côté concave). Raisonons pour des raisons de simplicité sur un cône. Les dépressions de Laplace à l'avant et à l'arrière d'une goutte mouillante ($\theta_1 = \theta_2 = 0$) s'écrivent en ordre de grandeur et en valeur absolue $\gamma/\alpha x$ et $\gamma/\alpha(x+L)$. Elles diffèrent donc de $\gamma L/\alpha x^2$ si la longueur de la goutte L est petite devant la distance x à la pointe. Intégrée sur la surface des ménisques (d'ordre $\alpha^2 x^2$), ceci donne une force $\alpha \gamma L$ qui tire la goutte vers la droite, sur la figure, et qui a la « bonne » propriété de disparaître si $\alpha = 0$: un pont liquide entre deux plans parallèles ne bouge pas.

Quand la goutte avance, cette force capillaire est contrebalancée par une force visqueuse, qui sera souvent une friction « de Stokes » : un objet de taille L oppose au mouvement une force ηLV , en notant η la viscosité du liquide et V sa vitesse. De cet équilibre de forces, on déduit une formule remarquablement simple pour la vitesse : $V \sim \alpha \gamma / \eta$.

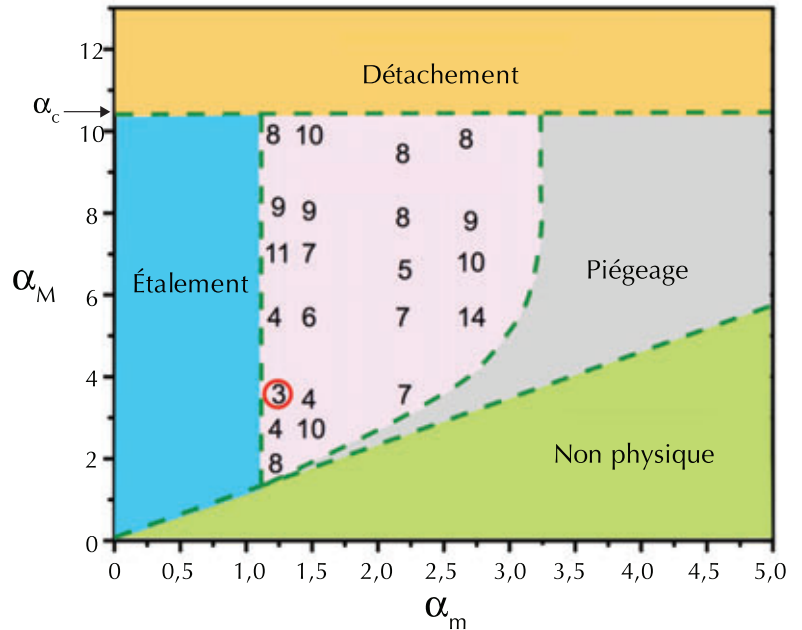
Cette vitesse est constante le long de la course, alors que la longueur L de l'index liquide augmente avec le temps, à cause de la géométrie. Elle apparaît être le produit de l'angle α du bec, qui est petit (de l'ordre de 0,1 rd), par la vitesse « viscocapillaire » γ/η du liquide, une quantité souvent grande : pour une huile qui a 20 fois la viscosité de l'eau et une tension de surface de 20 mN/m, la quantité γ/η vaut 1 m/s. On attend donc des vitesses V de l'ordre de la dizaine de centimètres par seconde, et qui augmentent linéairement avec l'angle α (fig. 2).

Au-delà de cette phase de vitesse constante, on observe sur la figure 2 une accélération quand l'huile entre dans la région la plus confinée. Ce comportement est paradoxal : à cause de leur viscosité, les liquides ont en général tendance à avancer d'autant plus lentement qu'ils sont confinés. Or le frottement envisagé ci-dessus n'est pas le seul possible : près de la frontière d'une goutte, au voisinage de la ligne de contact, il existe une friction spéciale liée au fait que l'épaisseur de liquide s'annule à cet endroit. Cette friction est élevée, comme on le voit lorsque des gouttes dévalent sur une vitre : quoique ce soit de l'eau sur une pente forte, la vitesse reste modeste (comparée à celle d'une rivière, par exemple), à cause de cette forte friction de ligne. Or, dans le bec, le périmètre de la ligne diminue quand la goutte progresse ; en outre, la goutte s'allonge, ce qui rend cette friction de ligne de plus en plus petite, comparée à la force capillaire qui, elle, augmente avec L : la goutte va donc accélérer.

Dans le cas du phalarope, la dynamique est très différente : l'eau ne mouille pas complètement le bec et s'accroche à ses défauts de surface, ce qui l'empêche d'avancer d'elle-même. Ce sont les mouvements mandibulaires qui induisent la propulsion du liquide, et la fréquence élevée du cycle de vibration qui la rend si rapide (autour du mètre par seconde). L'objet de cet article a été de montrer comment la conjonction du confinement (qui permet de capturer des gouttes) et de sa variation (qui permet de les propulser) engendre de véritables « pinces à gouttes », dont nous espérons nous inspirer pour bien des applications.

(1) Ces angles, qui dépendent de l'histoire du système, sont compris entre θ_1 et θ_a quand la goutte est à l'arrêt, et ils sont au-delà ou en deçà de ces valeurs quand il y a mouvement.

5. Nombre de cycles mandibulaires pour qu'une goutte de 2 millimètres remonte les deux centimètres d'un bec artificiel. On constate l'existence d'une fenêtre étroite où le mouvement est optimisé : alors trois cycles suffisent pour remonter le bec, au lieu d'une dizaine si l'on ne règle pas avec soin les angles extrêmes d'ouverture et de fermeture α_M et α_m (exprimés en degrés). On a aussi noté les zones de non fonctionnement : une non physique (α_M est par définition plus grand que α_m), une de piégeage (où la ligne de contact ne bouge pas), une de détachement (au-dessus de l'angle α_c , la goutte n'est plus coincée), et une d'étalement (à trop fermer le bec, on étale la goutte jusqu'au gosier).



Références

- 1 • M.A. Rubega, B.S. Obst, *Auk* **110** (1993) 169.
- 2 • S.M. Estrella, J.A. Masero, A. Perez-Hurtado, *Auk* **124** (2007) 1244.
- 3 • M. Prakash, D. Quéré, J.W.M. Bush, *Science* **320** (2008) 931.
- 4 • X. Noblin, A. Buguin, F. Brochard-Wyart, *Eur. Phys. J. E* **14** (2004) 395.
- 5 • J.W.M. Bush, D. Hu, M. Prakash, *Adv. Insect Physiol.* **34** (2008) 117.
- 6 • J. Bico, D. Quéré, *J. Fluid Mech.* **467** (2002) 101.

>>>

dont le goutte-à-goutte est le seul mode d'alimentation. Il est frappant de relever que le mouvement mandibulaire n'est plus optimisé pour les volatiles qui n'utilisent qu'occasionnellement ce mode : ces oiseaux ont, eux, besoin de 7 ou 8 cycles pour conduire la goutte jusqu'à leur gosier !

De façon remarquable, la propulsion mandibulaire s'appuie donc sur les défauts de mouillage du bec. Mais ceux-ci offrent un autre avantage, tout aussi crucial : ils empêchent le liquide de retomber dans le champ de la gravité. Le bec du phalarope est presque toujours vertical (fig. 1), et le scénario décrit ici s'applique quelle que soit la direction du bec. *A contrario*, ceci souligne

l'extrême sensibilité du phalarope à la pollution : en présence d'huile ou de détergent, l'eau peut devenir mouillante pour le bec (comme l'huile l'était) ; la pesanteur retrouve alors ses droits, empêchant le liquide d'être hissé jusqu'au gosier. De ce point de vue, les phalaropes se rapprochent des animaux tributaires de la tension de surface, comme les gerris qui se déplacent à la surface de l'eau. Dans les deux cas, une pollution de surface peut être fatale, et d'autant plus pernicieuse que de petites quantités de contaminants suffisent à la provoquer. On voit là certains des risques qu'il y a à mener une vie trop superficielle ! ■

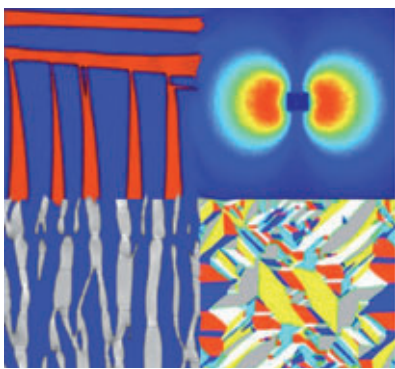
PTM 2010

Transformations de phase à l'état solide dans les matériaux inorganiques

6-10 juin 2010
Palais des Papes, Avignon, France

Date limite de soumission des résumés : novembre 2009

Site internet : www.ffc-asso.fr/PTM2010
Secrétariat : patrice.meheux@wanadoo.fr



Super Photon pour Maxi Watt



Un film grand public en couleurs de Marcel Dalaise, avec Daniel Lincot (CNRS/IRDEP), conseiller scientifique. Producteur : CNRS Images – Mai 2009 – 28 minutes.

L'énergie solaire photovoltaïque n'est plus du domaine du rêve ; c'est un monde en pleine évolution, au carrefour de la chimie et de la physique, que les industriels ont déjà investi.

Où en est l'énergie photovoltaïque en France ? Ce film fait le tour des différentes initiatives qui se font en France dans les laboratoires de recherches, dans l'industrie et chez des éleveurs-agriculteurs.

CNRS Images Vidéothèque, 1 place Aristide Briand, 92195 Meudon Cedex, France

Pour commander le DVD

Par internet : <http://videotheque.cnrs.fr>

Renseignements :
videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr
+33 (0)1 45 07 59 69

Tarifs :

Usage privé :
15 € TTC + frais d'expédition
Usage institutionnel :
35 € TTC + frais d'expédition

SPECTRA 2009

Une action au service du développement scientifique dans les pays andins

SPECTRA est une série de manifestations, destinée principalement aux étudiants en thèse et aux jeunes chercheurs des pays andins, et qui réunit des spécialistes des divers domaines d'application de la spectroscopie. Organisée par l'Université Nationale d'Ingénierie (UNI) de Lima, conjointement avec plusieurs universités péruviennes et l'association française « Puya de Raimondi », SPECTRA 2009 s'est déroulée en deux temps, avec tout d'abord l'École Andine de Spectroscopie (2 au 6 mars), suivie de la Conférence Internationale de Spectroscopie (9 au 13 mars).



1. M. Brydegaard (université de Lund) effectue devant des étudiants des mesures d'imagerie hyperspectrale avec un dispositif expérimental à bas coût. L'application visée est la mesure du taux d'humidité de grains de maïs péruviens.
2. Discussions lors de la séance d'affiches de l'atelier. La SPIE (société internationale d'optique et de photonique) a financé des prix pour les trois meilleures affiches sélectionnées parmi les 35 présentées.

En 2005 déjà, lors de la première édition de SPECTRA, les organisateurs avaient la volonté de regrouper à Lima des scientifiques mondialement reconnus dans des domaines et des applications intéressants pour le développement des pays andins : environnement, substances naturelles, produits miniers, métallurgie, archéologie. L'originalité était de coupler une conférence internationale à une semaine de formation principalement expérimentale, dans les laboratoires de plusieurs universités péruviennes autour d'appareillages présents sur place ou importés pour l'occasion dans le cadre de dons ou de prêts. Ces travaux pratiques étaient animés conjointement par des chercheurs péruviens et des experts issus d'Europe et des Amériques.

Tout naturellement, SPECTRA 2009⁽¹⁾ a été organisée avec l'ambition d'amplifier la dynamique collaborative de la première édition. Les deux *chairmen* de la conférence, Walter Estrada (UNI, Lima) et Frédéric Chandezon, se sont donc attelés à la tâche de part et d'autre de l'Atlantique avec le soutien de nombreux organismes, institutions et entreprises péruviennes, latino-américaines, françaises et européennes. Les expériences proposées aux étudiants pour l'École étaient nombreuses : préparation et caractérisation de nanoparticules d'or, nanoélectronique, diffraction X, conception et réalisation d'instrumentation scientifique à coût réduit, fabrication d'éléments optiques, spectrométrie de masse, photo-acoustique laser, spectrométrie

Mössbauer, chromatographie en phase gazeuse, techniques pour l'astronomie, etc.

Le succès a été à la hauteur des espérances et des efforts consentis par les organisateurs. Au total, 92 experts internationaux ont contribué à l'école et/ou à la conférence, parmi lesquels on peut noter Sune Svanberg (université de Lund, Suède), ancien président du comité de physique du Prix Nobel, et Pierre Léna (Académie des sciences, Paris). En tant que pays coorganisateur, la France était représentée par une importante délégation de 23 experts. Près de 150 auditeurs ont assisté aux deux semaines de SPECTRA 2009. Plusieurs *sponsors* ont financé les frais de voyage et de séjour de 41 étudiants originaires des pays andins. La plupart des intervenants européens ont accepté de financer leur voyage à Lima.

Ces deux semaines ont permis d'initier de nouvelles collaborations entre institutions européennes et latino-américaines, ainsi qu'entre des laboratoires de plusieurs pays latino-américains. Cela a été pour les étudiants une occasion unique d'interagir et d'échanger avec des scientifiques de haut niveau venus du monde entier.

Suite au succès unanimement reconnu, le comité local a d'ores et déjà pris date pour organiser une nouvelle édition de SPECTRA, en 2012.

Frédéric Chandezon¹, Robert Baptist¹, François Piuzzi² (francois.piuzzi@cea.fr) et Alain Schuhl^{1,3}

1 - CEA Grenoble 2 - CEA Saclay 3 - Université Joseph Fourier

(1) <http://postgrado.uni.edu.pe/espectroscopia/>

Ils parrainent SPECTRA 2009 :

Organismes et institutions

Fondación Franco-Peruana, CNRS, IRD, Triangle de la Physique, CEA, Welcome Burroughs Fund, Fondation internationale de la Maison de la Chimie, SOPERMAT, CONCYTEC, Optical Society of America.

Entreprises

Quantel, Horiba Jobin Yvon, Quanta Service, Omicron, MKS, Beamind.

Financeurs des bourses pour étudiants

Communauté andine des Nations, Ambassade de France à Lima, IUPAP, SPIE, UNESCO, EPS (IGPD), CLAF, Organisation des états ibéro-américains (OEI), ICTP.



© Sébastien Aubry / AstroPodcast

100 heures d'astronomie à l'Observatoire Astronomique d'Aniane.

L'année mondiale de l'astronomie en France

Françoise Combes (francoise.combes@obspm.fr)

LERMA, Observatoire de Paris, 61, avenue de l'Observatoire, 75014 Paris

Vice-présidente du Comité de pilotage de l'AMA09 en France

400 ans après la première utilisation de la lunette par Galilée et 40 ans après les premiers pas de l'Homme sur la Lune, l'Année mondiale de l'astronomie 2009 (AMA09) veut aider les citoyens du monde à redécouvrir leur place dans l'univers par l'observation du ciel, de jour et de nuit, et faire sentir à chacun l'émerveillement de la découverte.

Dans le même esprit que l'Année mondiale de la physique en 2005 (AMP05), AMA09 a été entreprise afin de rapprocher le grand public de la science, et enrayer la désaffection des jeunes pour les carrières scientifiques. Sous le thème « L'Univers, découvrez ses mystères », plus de cent quarante pays participent à l'organisation de l'Année mondiale de l'astronomie.

Les Nations Unies et l'UNESCO ont déclaré l'année 2009, Année mondiale de l'astronomie, suivant la proposition de l'Union Astronomique Internationale (UAI). L'UAI coordonne les manifestations correspondantes, relayée au niveau national par un comité de pilotage constitué d'une vingtaine de chercheurs. Le comité est constitué de pilotes de six grandes régions (y compris l'outre-mer), et de pilotes thématiques : astronomie pour tous avec l'aide des associations d'amateurs, animations pour personnes empêchées, planétariums, initiatives pédagogiques, grandes conférences, expositions, art et sciences.

Deux appels à projets pour labellisation ont été lancés vers les associations et clubs d'astronomie. Sur plus de 400 réponses aux appels, 300 projets ont été labellisés, pour lesquels le comité AMA09 assure la cohérence, la visibilité, la coordination. Un référent scientifique est chargé du suivi de chaque projet. La description de tous les projets peut être trouvée

sur le site *web*, par nom, catégorie, date ou région.

Afin de développer l'astronomie dans l'enseignement, AMA09 s'intéresse à la formation des enseignants, par le biais d'organisations telles que « Sciences à l'École », qui cette année 2009 focalise ses activités sur l'astronomie, ou le consortium HOU (*Hands-On Universe*) en France : ce consortium a obtenu un projet COMENIUS, financé par la Communauté européenne, pour former les professeurs de physique (observations à l'Observatoire de Haute Provence, démonstrations de logiciels astronomiques, etc).

Un effort plus particulier est fourni envers les jeunes filles, pour que plus de parité puisse entrer dans les métiers scientifiques. Notamment, l'action phare « Elle est astronome » a pour but de bousculer les préjugés et promouvoir la place de la femme dans la science. Un site s'efforce de fournir une information neutre et accessible aux astronomes femmes, professionnelles, amateurs ou étudiantes : forums, bases de données, « cybercarnet cosmique », journal en ligne, profils, aides dans la carrière, financement, contacts, etc.

Le comité AMA09 a organisé la cérémonie d'ouverture en janvier à l'UNESCO, sur invitation, suivie par près de 1000 participants de 130 pays, dont 150 jeunes étudiants (18-21 ans). Inaugurée par les directeurs de l'UNESCO, de l'UAI, et des ministres, la cérémonie s'est déroulée avec des conférences sur l'histoire et la culture de l'astronomie, ainsi que sur les découvertes récentes. Les conférences, enregistrées en vidéo, sont toutes disponibles sur internet et en DVD. Le symposium UAI 260 sur « Le rôle de

Renseignements
et calendrier

Pour plus de détails, voir le site web :
www.astronomy2009.fr

et le portail de la Porte aux Étoiles :
www.porteauxetoiles.org

Observations

- « **Les 100 heures d'astronomie** » (avril 2009)
Plus de 50 000 personnes en France ont pu assister et observer dans un télescope.
- « **Les nuits des étoiles** »
24, 25, 26 juillet 2009.
- « **Les nuits galiléennes** »
50 heures d'observations pour tous, les 23-25 octobre 2009.



© P. Blondé, Observatoire de Paris.

Sciences à l'École, 18 décembre 2008, à l'Observatoire de Paris.

Grandes expositions

- « **Voyage au centre de la Galaxie** »
du 2 février au 4 mai 2009,
Palais de la découverte, Paris.
- « **COSMOS** »
du 23 juin au 22 novembre 2009,
Palais de la découverte, Paris.
- « **Explorer l'Univers Invisible** »
du vendredi 26 juin au lundi 13 juillet 2009,
Palais de l'UNESCO, Paris.

l'astronomie dans la société et la culture » s'est tenu la semaine suivante à l'UNESCO.

Parmi les actions phares d'AMA09, se trouve aussi la protection du ciel nocturne, dans des endroits tels que les « oasis » urbains, les parcs nationaux et sites astronomiques, de même que des projets de sites réservés « ciel noir » dans les Pyrénées, par exemple.

En France, une mobilisation sans précédent des associations d'astronomes amateurs et professionnels a permis le développement de multiples projets sur tout le territoire, certains déjà réussis comme :

- les observations grand public (avec une sensibilisation à la protection de l'environnement et du ciel nocturne, et ce en particulier lors des **100 heures internationales d'astronomie**, du 2 au 5 avril 2009, mais aussi lors des **Nuits des étoiles** en juillet ou des **Nuits galiléennes** en octobre) ;
- des projets divers : spectacles dans les planétariums, colloques et ateliers astronomiques, expositions spéciales dans les musées scientifiques et assimilés, festivals et rencontres astronomiques, réalisations d'ouvrages, publications, films, DVDs, CDs ou logiciels, timbre spécial AMA09 émis par La Poste, actions « arts et sciences » et « patrimoine astronomique »...
- et aussi les **100 grandes conférences**. Prévues dans les grandes villes tout au long de l'année, le plus souvent avec diverses animations astronomiques locales, elles sont une pièce maîtresse du dispositif destiné au grand public, pour assurer des échanges de qualité entre les astronomes professionnels et le public sur les thématiques les plus passionnantes de l'actualité des découvertes.



© Comité AMA09

100 heures d'astronomie à l'île de La Réunion : observation à St-Denis, Le Barrachois, samedi 4 avril 2009, après 22 h.

Les 100 grandes conférences

Dans des salles de 300 personnes ou plus, participation de nombreux chercheurs. Certaines conférences sont traduites en LSF (Langue des Signes) et sont filmées. Elles sont ensuite disponibles sur DVD.

Voir la liste et la distribution sur la carte de France à : www.oamp.fr/people/burgarella/denis/100Confs.html

Conférences « Grand Public », à l'Observatoire de Paris : tous les vendredis à 20 h 30, d'avril à octobre.

Festivals

- Du 22 juillet au 12 août**
Festival « Astronomie à Nançay ».
- Du 8 au 14 août**
« Festival de l'Astronomie de Haute Maurienne Vanoise ».
- Du 19 septembre 2009 au 10 janvier 2010**
« L'attraction de l'espace – Au fond de l'inconnu pour trouver le nouveau », Musée d'art moderne de Saint-Étienne Métropole.
- Les 19 et 20 septembre**
« Journées européennes du Patrimoine ».
- Du 13 au 15 novembre**
« Festival Explor'espace », à Mandelieu – La Napoule (Association française d'astronomie).



© Comité AMA09

Ciel en Fête, 100 heures d'astronomie, place du Capitole à Toulouse. Grand télescope pour observer la Lune et Saturne.

Hommage à Michel Crozon

Notre collègue Michel Crozon nous a quittés il y a plus d'un an, le 11 janvier 2008 : nous sommes très nombreux à regretter cette disparition trop soudaine, car la place qu'il occupait dans notre communauté était vraiment unique.

La SFP tient particulièrement à rendre hommage à ce physicien de talent qui, outre ses travaux de grande qualité dans le domaine de la physique expérimentale des particules, a consacré beaucoup de son temps à rendre son savoir accessible au grand public et tout spécialement aux enfants.

Nous donnons ici la parole à plusieurs de ses collègues et complices, qui témoignent de son engagement.

Nous remercions Mme Marie-Jo Crozon pour sa participation à la rédaction de ces pages.

Michel Crozon, un apôtre du partage des savoirs scientifiques

Michel Crozon a été, avec Michel Spiro, Étienne Klein et moi-même, l'un des fondateurs des rencontres PIF (Physique et Interrogations Fondamentales), et c'est d'abord à ce titre que je voudrais lui rendre hommage. C'est lors d'une réunion de la division Champs et Particules de la SFP en 1992, qu'est apparue l'idée de ces rencontres. Tous les quatre nous avions déjà publié, à l'intention d'un large public, des essais sur notre discipline, la physique des particules, et nous avons conçu le projet qui s'est concrétisé dans les onze rencontres qui se sont tenues depuis : « En tant que discipline de la recherche fondamentale, la physique participe à part entière à la culture. Elle tente d'apporter un éclairage scientifique à certaines des grandes interrogations qui hantent l'humanité. Le but de ces rencontres est de permettre aux physiciens de réfléchir à haute voix à ces questions, d'en débattre entre eux et avec tous ceux – enseignants, chercheurs d'autres disciplines – qui peuvent s'y intéresser. » Michel a été actif dans les comités d'organisation de toutes les rencontres, y compris la dernière, alors que la maladie qui l'a emporté le faisait déjà beaucoup souffrir. Dans l'organisation logistique des rencontres, dans le choix des thèmes, dans celui des intervenants et pour l'édition des actes, son rôle a toujours été déterminant.

La carrière scientifique de Michel Crozon lui a attiré le respect, la reconnaissance et la confiance de la communauté à laquelle il appartenait. Membre actif de plusieurs grandes expériences, comme DELPHI au collisionneur LEP du CERN, il a été de 1987 à 1991 membre élu puis président de la section 02 (Physique des particules et physique nucléaire) du Comité National. Comme délégué de 1974 à 1981 au Comité Européen pour les Futurs Accélérateurs (ECFA), membre français de son comité restreint, il a pleinement participé à l'élaboration de la stratégie scientifique européenne en matière de physique des particules.

L'engagement de Michel en faveur de l'action culturelle et pour le partage des savoirs scientifiques a pris un tour très actif à partir de 1973, à l'occasion de la conférence internationale de physique des particules d'Aix-en-Provence. Le comité d'organisation, auquel je participais, a approuvé la proposition de Michel Crozon et



Peter Sonderegger de lancer une « opération de présentation de la physique au grand public, une sorte de foire à la science dont les physiciens présents à la conférence de physique seraient les saltimbanques. » Cette initiative, qui s'est appelée « Aix-pop », a connu un très grand succès et a été imitée dans pratiquement toutes les conférences internationales de notre discipline qui ont suivi. En 1975, la Fondation de France en a récompensé les initiateurs en leur décernant son premier grand prix scientifique. Cette même année, et à la suite d'un colloque réunissant à Grenoble plusieurs dizaines d'animateurs culturels, de chercheurs, de journalistes et de pédagogues, est créée une association sous le nom de « Groupe de liaison pour l'action culturelle scientifique » (GLACS)¹, que Michel a présidé jusqu'en 1985 et dont la regrettée Marie-Simone Detœuf assurait le secrétariat général. Cette activité en faveur de l'action culturelle, Michel Crozon la déploie alors tous azimuts.

En 1982, la question de la culture scientifique devenant de plus en plus présente, la direction de la Recherche du ministère de la Culture lui confie la direction d'une étude sur l'animation scientifique dans les lieux culturels. Cette même année, il est nommé Directeur de l'information scientifique et technique au CNRS. En 1992 et 1993, au ministère de la Recherche, il contribue à la mise en place des Centres de culture scientifique, technique et industrielle (CCSTI) et à la Fédération des clubs scientifiques au sein du Collectif interassociatif pour la réalisation d'activités scientifiques et techniques internationales (CIRASTI). Il organise le soutien aux actions tournées vers les jeunes, comme celles de l'association Les Petits Débrouillards. Il est aux premières loges lors du lancement de la première Fête de la science en 1992 et, lors de la transition entre Hubert Curien et François Fillon, il plaide auprès du nouveau ministre en faveur de la pérennisation de cette initiative.

(1) Pour l'histoire du GLACS, on consultera le site www.glacs.com et l'article d'É. Guyon et B. Maitte, dans la *Revue pour l'histoire du CNRS*, 22 (2008) 39.

La vie et l'œuvre de Michel Crozon sont exemplaires : sans que cela nuise, en quoi que ce soit, à sa brillante carrière scientifique, il s'est imposé comme un essayiste de grand talent, et comme un véritable apôtre de l'action culturelle. Il nous manque et il nous manquera beaucoup.

Gilles Cohen-Tannoudji
Physicien chercheur émérite au CEA-Saclay

Michel Crozon et l'Année mondiale de la physique

Je voudrais compléter ces éclairages sur la personnalité si riche de Michel Crozon par mes souvenirs personnels remontant à l'Année mondiale de la physique en 2005. En effet Michel avait, à la demande de la SFP, accepté avec beaucoup de gentillesse de piloter l'ensemble des manifestations ayant lieu en Île-de-France et de représenter les physiciens vis-à-vis des bailleurs de fonds institutionnels. Or cette tâche indispensable, s'est révélée fort délicate, car les multiples porteurs de projets, enthousiastes et débordants d'activité, ont eu parfois du mal à se coordonner. C'est là que la modestie et la finesse de Michel ont fait merveille. Chacun a pu trouver un espace de liberté pour développer ses propres projets : expositions, conférences, films, événements de rue, livres, journaux-internet ; toutes ces activités ont, grâce à l'habile présentation de Michel, formé un ensemble cohérent qui, on peut l'espérer, aura laissé une trace dans la mémoire du public de l'Île-de-France.

Michèle Leduc

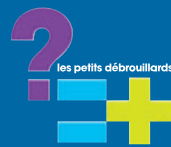
Bibliographie de Michel Crozon

- *La Matière première. La recherche des particules fondamentales et de leurs interactions.* Le Seuil (1987).
- *Macro-micro, je mesure l'univers.* Le Seuil (1992).
- *Les particules élémentaires.* Ouvrage collectif, éditeur : François Vannucci, PUF (1993).
- *L'univers des particules.* Le Seuil (1999).
- *L'élémentaire et le complexe.* Ouvrage collectif, éditeurs : Yves Sacquin, Michel Crozon, EDP Sciences (2001).
- *Un siècle de quanta.* Ouvrage collectif, éditeurs : Yves Sacquin, Michel Crozon. EDP Sciences (2003).
- *Quand le ciel nous bombarde. Qu'est-ce que les rayons cosmiques ?* Vuibert (2005).

La lumière messagère

Michel Crozon fut un écrivain talentueux et fécond. Son objectif était de diffuser le savoir scientifique auprès d'un large public et particulièrement auprès des jeunes. Dans son dernier ouvrage, il « relate, à l'intention des profanes, les principales étapes de plus de 20 siècles d'exploration de la lumière et de la vision ». Pourquoi ce choix ? Parce que « la vue est notre plus formidable outil pour connaître le monde qui nous entoure et agir sur lui. Elle suscite en nous des impressions esthétiques profondes et joue un rôle majeur dans notre vie affective ». L'auteur nous explique, avec des mots simples, les mécanismes de la vision dans toute leur complexité physique et biologique. Sentant sa fin prochaine, il s'est efforcé de terminer ce livre. Il a demandé à Philippe Chavanon, un de ses plus fidèles amis, de reprendre contact avec son éditeur, Vuibert, afin d'en suivre la publication. Ce livre, très documenté, très agréable à lire, paraîtra à la fin de cette année.

Théophile Leray



Michel Crozon et Les Petits Débrouillards

www.lespetitsdebrouillards.org

Dans ses activités de diffusion des savoirs scientifiques, Michel Crozon avait compris qu'en s'adressant prioritairement aux enfants, il choisissait une démarche porteuse d'avenir. Il était également convaincu de l'efficacité des réseaux associatifs pour diffuser la culture scientifique auprès de ceux qui y ont difficilement accès. C'est donc tout naturellement qu'il soutient le mouvement associatif des Petits Débrouillards.



© Les Petits Débrouillards
Michel Crozon et des petits débrouillards.

Depuis 1984, ce mouvement propose des activités scientifiques et techniques aux enfants, avec l'objectif de cultiver chez eux le plaisir de comprendre, de découvrir la science à travers des expériences amusantes et de créer une relation durable entre eux et la culture scientifique.

Michel Crozon a suivi, pas à pas, la préparation des expériences proposées dans les « Modulothèques », expositions interactives itinérantes mises en place par Les Petits Débrouillards et la Cité des Sciences, et a fait contrôler par des collègues leur rigueur scientifique et leur qualité pédagogique. Il a fortement incité le CNRS à permettre et encourager la participation des chercheurs aux activités des Petits Débrouillards. En retour, il tenait aussi à ce que ces derniers s'impliquent plus fortement dans les actions de culture scientifique et technique du CNRS comme, par exemple, « Sciences et Citoyens »

C'est grâce à lui que la poignée de militants des années 85 est devenue l'association des Petits Débrouillards d'aujourd'hui, à savoir 20 associations régionales, 160 salariés et plus de 3000 chercheurs, enseignants et animateurs qui, pour le plus grand nombre, œuvrent bénévolement, pour que la culture scientifique soit mieux partagée. Ceci permet, chaque année, à 500 000 jeunes de bénéficier d'une activité scientifique.

Théophile Leray

Journée interdivisions de la SFP (Toulouse, 16 mars 2009)

Cette première journée, organisée à l'initiative de la division plasmas, avait pour but de mener une réflexion sur le rôle des divisions de spécialité au sein de la SFP, sur leurs relations avec les sections locales, commissions et actions, ainsi que sur la question : « Comment attirer de nouvelles recrues au sein de notre société ? »

Toutes les divisions de la SFP, associées et partenaires, étaient représentées, à une exception près. Du tour de table de présentation, il ressort que la communication entre les divisions et le siège SFP à Paris d'une part, et entre les divisions elles-mêmes d'autre part, peut et doit être améliorée. Le siège s'engage donc à communiquer davantage et mieux sur ses actions dans les débats actuels, à solliciter davantage les divisions pour l'organisation du Congrès général et des articles pour *Reflets de la physique*. En outre, étant donné que les listes de diffusion de l'information au sein des divisions dépassent largement en nombre celle des adhérents SFP, une première action de communication sera l'envoi de la « Lettre » électronique bimestrielle de la SFP, par chaque division de spécialité à l'ensemble de sa liste.

Si l'on veut augmenter le nombre des adhérents, la visibilité de la SFP est essentielle : y contribuent le projet actuel de Fédération Française des Sociétés Scientifiques (FS2) et les prises de positions communes SFP, SCF, SMF. Autre idée avancée pour augmenter cette visibilité : que les conférences organisées par les sections locales puissent être « comptabilisées » dans les cursus universitaires (système de points ECTS). Pour la campagne d'adhésion en cours, chaque division devra désigner un « chargé de mission », qui sera le correspondant thématique de Pierre Billaud, responsable de la commission « Jeunes » de la SFP.

L'image de la SFP est aussi perçue à travers son site *web*, qui doit impérativement être mis à jour par tous, en particulier les divisions et les sections locales. L'idée d'un film sur « Pourquoi adhérer à la SFP ? » en page d'accueil est retenue.

Enfin, un autre problème récurrent difficile a été discuté : la sous-représentation du monde industriel au sein de la SFP (voir courrier de S. Joly, p. 31). Une action en direction des écoles d'ingénieurs est nécessaire et va être entamée, à l'image de ce qui est fait par certaines sections locales.

Dernière minute



Serge Haroche

(Laboratoire Kastler Brossel, ENS Paris), physicien et explorateur du monde quantique, professeur au Collège de France, **vient de recevoir la médaille d'or 2009 du CNRS.**

Alain Aspect (Institut d'Optique) et **Thomas Ebbesen** (Université de Strasbourg) sont les **lauréats 2009 des deux prix seniors** (pour les aspects fondamentaux et appliqués, respectivement) **en électro-*optique* et *optique* quantique de la Société européenne de Physique.**

© CNRS Photographie / LIBEDINSKY Christophe

La commission « Diffusion de la culture scientifique »

Créée fin 2007 et présidée par Daniel Bideau, cette commission se propose de réactiver nos relations avec les médias, afin d'informer le public des avancées de la science et de faire en sorte que la démarche scientifique et les valeurs de la science ne soient pas dénaturées dans les médias, voire dans l'enseignement.

Dans le but de mettre au point des actions communes avec d'autres sociétés savantes, une réunion « Sociétés savantes et médias » s'est tenue le 6 avril 2009 à la SFP, avec des représentants de la SFP, de la SCF, de la SEE et de l'URSI-France (Union Radio-Scientifique Internationale).

Plusieurs types d'actions sont proposées :

1. **Organiser des petits déjeuners de presse**, qui pourraient se tenir deux fois par an. L'ordre du jour porterait soit sur une actualité scientifique forte (découverte importante, grand événement comme « 2010, année du laser »), soit sur une actualité politique (modification gouvernementale du système de recherche ou d'enseignement), soit sur un problème de société dans lequel la science est fortement impliquée (crise énergétique, polémique autour des nanoparticules, problème des téléphones portables et des antennes...).
2. **Créer une interface (site *web*)**, en concertation avec le CNRS, par exemple, où les médias puissent trouver une information scientifique de qualité sur un certain nombre de sujets.
3. **Monter des actions coordonnées aux niveaux national et régional**, par exemple en 2010 sur les lasers, en partenariat avec certains médias (radios, en particulier).
4. **Créer des chroniques destinées aux journaux**, qui pourraient être publiées sur les sites et dans les notes électroniques des sociétés savantes, et développées dans *Reflets de la physique*.

Disparitions

La SFP a la grande tristesse de faire part du décès accidentel de trois physiciens :

Olivier Guillot-Noël (prix Aimé Cotton 2006) et Ivan Lorgeré, tous deux chargés de recherche au CNRS, dans l'accident du vol Air France survenu entre Rio de Janeiro et Paris, dans la nuit du 31 mai au 1^{er} juin.

Alain de Bellefon, président de la section locale Paris-Centre, dans un accident de voiture survenu le 29 février 2009, lors d'une mission sur le site de l'Observatoire Pierre Auger, en Argentine. Un article lui sera consacré dans le prochain numéro.

La SFP s'associe à la peine de leurs familles et de leurs collègues.



Prix Jean Ricard 2008 : Philippe Grangier

Philippe Grangier est né en 1957. CNRS depuis 1982, il est actuellement DR1 et professeur à l'École polytechnique. Après un séjour aux Bell Labs, il a créé à son retour en France en 1988 le groupe d'optique quantique au Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, équipe de très haut niveau international, qui attire de nombreux visiteurs. Il est responsable de plusieurs réseaux européens.

Durant sa carrière, il a obtenu une longue suite de résultats scientifiques majeurs :

- test expérimental des inégalités de Bell, avec Alain Aspect, d'où deux articles qui sont les piliers de l'information quantique moderne ;
- mesures quantiques non destructives en optique.

Depuis 1999, Philippe Grangier est impliqué dans plusieurs expériences très originales, remarquablement exécutées, directement liées à l'information quantique, domaine où il occupe une position de *leader* : développement de nouveaux protocoles de cryptographie quantique utilisant des variables quantiques continues, contrôle d'intrication d'états quantiques, manipulation de l'état individuel des atomes par pinces optiques dans des micropièges dipolaires, transmission à fort débit de données cryptées quantiquement (première technologie quantique vraiment fonctionnelle).

Très créatif, Ph. Grangier se fixe des objectifs particulièrement ambitieux, et réalise souvent des premières mondiales. S'attaquant à des questions de physique quantique fondamentale, il a su préparer des états photoniques bien particuliers pour y répondre et démontrer de nouveaux phénomènes. La SFP a reconnu le caractère exceptionnel de ses travaux, en lui attribuant le prix Jean Ricard.

Prix Félix Robin 2008 : Rémi Jullien

Rémi Jullien est né en 1943. Après des études à l'École des Mines de Nancy, il passe l'agrégation de physique. Il commence ensuite sa carrière au Laboratoire de physique des solides d'Orsay, où il soutient une thèse d'État sur le magnétisme des actinides. Il effectue un postdoctorat à Stanford. Il est nommé Professeur à l'université Paris-Sud en 1985, puis part à l'université de Montpellier II en 1992, où il est actuellement Professeur émérite.

Sur le plan scientifique, l'œuvre de Rémi Jullien est tout particulièrement incontournable dans le domaine de la dynamique de processus, comme l'agrégation limitée par diffusion, qui s'applique à de nombreux phénomènes physiques (décharges électriques, formation d'amas, croissance électrolytique, digitation dans les poreux...).

Ses contributions y ont été décisives : on citera, entre autres, l'identification des rôles de la réaction et de la diffusion, la physique et géométrie des agrégats fractals...

Rémi Jullien a fait d'autres contributions très importantes en physique des milieux granulaires. Sa délocalisation à Montpellier, au Laboratoire des verres, s'est accompagnée de la création d'un groupe et d'une évolution thématique progressive : il s'est ainsi intéressé aux aérogels, puis au transport ionique et à la diffusion dans les verres.

En conclusion, les travaux scientifiques de Rémi Jullien sont marqués par un volume, une qualité et un impact international exceptionnels. Ce bilan est d'autant plus remarquable qu'il est présenté par un enseignant-chercheur, dont l'intérêt et l'investissement dans les problèmes d'enseignement et de diffusion scientifique sont très importants : on citera, par exemple, le livre *La matière à l'état solide*, publié avec A. Guinier en 1987, qui a été très diffusé.



Prix SFP/SFC d'instrumentation en chimie-physique 2008 : Emmanuel Maisonhaute

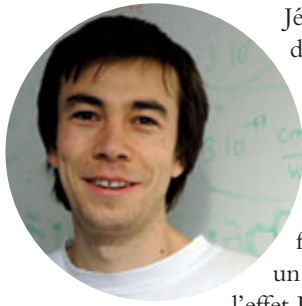


Emmanuel Maisonhaute est un ancien élève de l'ENS Cachan. Âgé de 36 ans, il est professeur à l'université Pierre et Marie Curie. Il est membre de l'UMR 8640 PASTEUR (ENS/CNRS/UPMC). Ses travaux, réalisés au sein du groupe « Activation Moléculaire et Réactivités Electrochimiques », concernent l'application de l'électrochimie ultrarapide à la compréhension et au contrôle de la dynamique des réactions de transfert d'électrons (éventuellement couplées à des réactions chimiques).

Accéder à des échelles de temps de plus en plus courtes a toujours été un enjeu majeur en cinétique et en particulier en électrochimie moléculaire, car cela permet d'isoler des intermédiaires réactionnels de plus en plus instables et donc, d'obtenir des informations essentielles sur des mécanismes complexes. Le développement d'un potentiostat à compensation électronique en temps réel de la chute ohmique, par Emmanuel Maisonhaute, permet d'obtenir un contrôle du transfert de l'information à des échelles spatiales nanométriques et à des fréquences caractéristiques dans le domaine du gigahertz. Cet appareil a ainsi permis de « voir » une perturbation électronique se propager à la surface de dendrimères électro-actifs ou encore de suivre les mouvements d'une bulle acoustique au voisinage d'une surface.

Ce prix, attribué par la division de Chimie Physique, commune à la SFP et à la SCE, est parrainé par les sociétés Horiba Jobin Yvon, Amplitude Technologies, Quantel, Anton Paar, Teclis, Thermo Scientific, Genewave et Leica Microsystems.

Prix Aimé Cotton 2008 : Jérôme Kasparian



Jérôme Kasparian, né en 1973, a effectué des études de physique à l'ENS de Lyon. Il est actuellement chargé de recherche au CNRS, au Laboratoire de spectrométrie ionique et moléculaire, à Lyon. Le thème de ses travaux de recherche concerne la propagation d'impulsions laser ultra-brèves dans l'atmosphère, et ses applications. Pour ce faire, il s'est investi dans un outil de terrain, le « TéraMobile ». Ce laboratoire franco-allemand mobile, unique au monde, intègre un laser terawatt et une détection LIDAR.

Formé initialement à la spectroscopie des aérosols et des polluants, avec une composante en biologie, Jérôme Kasparian s'est ensuite engagé dans une voie complètement novatrice : l'utilisation d'impulsions laser femtoseconde ultra-intenses, pour la détection LIDAR. Il a montré que la propagation de ces impulsions dans un milieu trouve son origine dans un équilibre subtil, stable ou instable, entre divers phénomènes, principalement l'effet Kerr moléculaire et l'ionisation de canaux de plasma.

Plus récemment, il s'est intéressé à la possibilité de guidage de la foudre par les filaments de plasma ainsi créés, et a obtenu des résultats importants dans ce domaine.

Les travaux de Jérôme Kasparian se caractérisent par une grande rigueur dans l'interprétation de phénomènes complexes et difficilement reproductibles, et une très bonne association des expériences et de la modélisation. Il a toujours à cœur la diffusion de ses résultats vers le grand public.

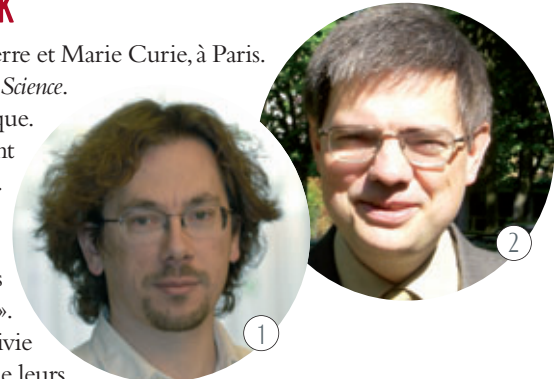
Prix Jean Perrin 2008 : Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

Jean-Michel Courty¹ et Édouard Kierlik² sont professeurs de physique à l'université Pierre et Marie Curie, à Paris. Depuis plus de huit ans, ils tiennent la rubrique « Idées de physique » du mensuel *Pour la Science*.

En près d'une centaine d'articles, ils ont abordé une grande variété de thèmes de physique. Leurs articles comportent rarement des formules, mais livrent des raisonnements précis donnant aux lecteurs le goût de comprendre, puis d'utiliser les connaissances qu'ils se sont appropriées.

Au fil du temps, les deux complices gardent leur qualité de réflexion : quiconque a assisté à leurs discussions animées en témoignera, chacun des deux faisant valoir son point de vue avec vigueur, voire passion. Leur association donne des textes deux fois plus clairs, deux fois plus divers, deux fois plus originaux, démontrant la générosité de cette « double voix ». La difficulté, pour les auteurs, est la persévérance dans la qualité : seule une action poursuivie avec constance fidélise l'intérêt du public. Pour maintenir cette continuité, ils tirent parti de leurs conférences et de leurs activités d'enseignement et de recherche, et s'entourent ainsi d'un réseau actif de physiciens qui leur apportent les nouvelles idées issues de leurs recherches, pures et appliquées.

La collaboration de Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik réussit, tant par leurs articles que par leurs conférences, à transmettre à un public toujours plus nombreux le goût pour la compréhension des « lois du monde ». Ils ont ainsi créé de multiples vocations de physiciens, et leur activité de vulgarisation de grande classe correspond tout à fait à l'esprit du prix Jean Perrin.



Prix Joliot-Curie 2008 (physique nucléaire) : Francesca Gulminelli



Francesca Gulminelli, professeure à l'université de Caen Basse-Normandie, est une théoricienne brillante et inventive, qui fait rayonner la physique nucléaire au-delà des frontières thématiques et géographiques. Son apport majeur, ces dernières années, a concerné la définition et la classification des transitions de phase dans les systèmes finis, grâce à des approches statistiques originales. F. Gulminelli a appliqué le formalisme ainsi développé aux noyaux atomiques aussi bien qu'aux agrégats métalliques, jusqu'aux étoiles, galaxies et amas.

Elle fait partie des rares théoriciens qui collaborent étroitement avec les physiciens nucléaires expérimentateurs. Les transitions de phase dans les noyaux sont induites au cours de collisions nucléaires, dans lesquelles les effets dynamiques sont importants. F. Gulminelli s'est également attaquée à cet aspect sur le plan théorique, permettant de mener des études statistiques sur des systèmes finis non équilibrés. Elle a su trouver des observables qui puissent être mises en évidence expérimentalement, telles que les capacités calorifiques négatives et les distributions bimodales de paramètres d'ordre.

Francesca Gulminelli s'implique dans les phases préparatoires de SPIRAL2, accélérateur qui devrait favoriser à moyen terme l'étude du diagramme de phase de la matière nucléaire, système fini à deux composantes (neutrons et protons).

Elle a coédité le livre *Dynamics and thermodynamics with nuclear degrees of freedom*. Enfin, il faut ajouter qu'elle a été élue « chairperson » de la prochaine Gordon Conference de chimie nucléaire, distinction dont les Américains sont chiches, surtout vis-à-vis d'une femme, européenne de surcroît.

XVI^e concours national des Olympiades de Physique France



1. Pierre Léna visite l'exposition des travaux des groupes.

La XVI^e édition des Olympiades de Physique France s'est terminée à la fin janvier, au Palais de la découverte. Cette année encore, et malgré les difficultés liées à sa réorganisation, le Palais de la découverte a maintenu son partenariat avec les Olympiades et a accueilli à nouveau la finale du concours, les 30 et 31 janvier 2009.

L'attribution du label de l'année mondiale de l'astronomie (AMA09) à ce millésime des Olympiades a permis de donner à l'astronomie une place éminente. À la clôture des inscriptions, 60 groupes étaient en compétition, soit 20 de plus que pour l'édition précédente, parmi lesquels environ un quart de groupes d'astronomes en herbe. Parmi les 24 groupes finalistes, 6 sujets concernaient l'astronomie. Parrain et marraine de cette édition, les astrophysiciens Pierre Léna (fig. 1) et Catherine Césarski, membres de l'Académie des sciences, ont honoré de

leur présence l'exposition des travaux des groupes et la remise des prix.

Le jury était composé de professeurs de lycée, de représentants de l'inspection générale, de chercheurs, d'astronomes et de journalistes. Il a particulièrement apprécié la grande diversité des sujets et des approches des élèves. Il a constaté l'extrême implication des candidats et a souligné la curiosité, l'enthousiasme et la qualité scientifique des présentations.

Cinq premiers prix ont été attribués, pour les projets suivants :

- **Comment capter un clin d'œil cosmique ?** Les lycéens de l'Institut Fénélon de Grasse se sont intéressés à l'observation d'une exoplanète, en conjecturant que son passage entre l'étoile et l'observateur réduit la luminosité de l'étoile proportionnellement à la surface occultée. Leur travail allie modélisation, tentatives d'observation d'un transit et analyse de la courbe de transit fournie par un astronome.
- **Autour de Jupiter.** Au lycée Blaise Cendrars de Sevran, le groupe entreprend une démarche naïve pour étudier Jupiter en recourant à un minimum de résultats préalables, et en illustrant les lois rencontrées par des expériences réalisables devant le jury. De l'observatoire de Buthiers aux salles de TP, en passant par le manège inertiel du Palais de la découverte, les élèves déterminent quelques caractéristiques de Jupiter et expliquent les bandes parallèles à son équateur, découvertes durant l'observation.
- **Cinq expériences embarquées en impesanteur à bord de l'Airbus zéro G.** Le lycée Jules Viette de Montbéliard confronte à l'impesanteur quelques observations d'Archimède, Galilée, Laplace et Lenz. Le groupe répond à un appel à projet du CNES pour la campagne de vols paraboliques 2008 et voit son projet retenu. L'équipe travaille trois mois pour concevoir et fabriquer les dispositifs expérimentaux. Un élève embarque comme expérimentateur à bord de l'Airbus zéro G.
- **Les ballons stratosphériques ouverts.** Au lycée Jean Puy de Roanne, un groupe s'intéresse à la mécanique du vol, détaillant le rôle de la poussée d'Archimède et son évolution au cours des différentes étapes du vol. Chaque étape est illustrée par une expérience (fig. 2) ou un modèle numérique. Enfin, un véritable ballon stratosphérique ouvert est lâché.
- **Dans le vent** est un projet du lycée Hoche de Versailles, consacré à l'optimisation d'une éolienne de Savonius par étude paramétrique du rendement énergétique de plusieurs maquettes. Les paramètres étudiés sont variés : configuration géométrique du rotor, influence de la vitesse du vent, du nombre de spires des bobines du générateur... L'étude est réalisée avec un souffleur (aspirateur en mode inverse), un oscilloscope, un stroboscope, un anémomètre à fil chaud et des résistances réglables.

Le Comité national remercie les partenaires, avec une mention particulière aux donateurs dont le soutien financier a contribué au succès de cette édition : *ministère de l'Éducation nationale, ministère de la Recherche, CEA, C. Génial, CNRS, Esso, Fondation d'entreprise EADS, Triangle de la Physique, Saint-Gobain.*

Et maintenant, en route vers le prochain millésime, pour lequel nous attendons encore plus de participants.

Pour le Comité national,
Alain Schuhl et Madeleine Sonnevile



© Pascal Sonnevile

2. Un dispositif ingénieux : une colonne d'air, dont la partie haute est réfrigérée, modélise l'atmosphère. Une acquisition vidéo montre le ralentissement de l'ascension du ballon dans le haut de la colonne. (Lycée Jean Puy de Roanne).

Le palmarès complet et la liste des récompenses attribuées sont sur le site des Olympiades www.odpf.org et sur le site *Intellego* www.intellego.fr, partenaire média des Olympiades.

Jeunes, emplois, métiers : la SFP se mobilise

Pierre Billaud (Pierre.Billaud@u-psud.fr)

Responsable de la Commission « Jeunes de la physique » de la SFP

Laboratoire des collisions atomiques et moléculaires, Université Paris-Sud, 91405 Orsay Cédex



Photo de groupe du BDE de Nice, lors de l'École d'hiver qui s'est tenue du 22 au 24 mars 2008 à St Étienne de Tinée (06). À gauche : Pierre Billaud. © BDE Physique

On reproche souvent à la Société Française de Physique d'être une « vieille » société savante, dont la majorité des membres sont seniors et ne se préoccupent pas des questions qui intéressent le plus les jeunes physiciens. Pourtant la situation évolue rapidement et, aujourd'hui, la plupart des membres élus au Conseil d'Administration de la SFP ont moins de 40 ans, avec d'ailleurs une forte proportion de femmes. Moi-même, je suis un maître de conférences recruté depuis deux ans à l'université Paris-Sud et j'ai accepté, après Johannes Orphal, la responsabilité de la commission « Jeunes de la physique » que Roger Maynard et Michèle Leduc ont mise en place à la SFP il y a 4 ans, reprenant les initiatives de Thierry Stolarczyk et Alain Sarfati dans les années 90.

En effet, outre sa part active à l'animation de la vie scientifique locale et nationale, la SFP a la vocation de réunir l'ensemble de la communauté des physiciens français, jeunes, confirmés et anciens, de tout organisme (université, CNRS, CEA, industrie...), pour en constituer un interlocuteur des tutelles, des médias et de la société civile.

L'ouverture vers les jeunes est particulièrement importante. J'espère les convaincre tous, qu'ils soient du monde académique ou de celui de l'entreprise, que l'appartenance à notre société peut leur apporter une ouverture et des informations utiles. Il est clair, en effet, que leurs soucis concernant les métiers et l'emploi sont de plus en plus prégnants dans le monde actuel, et je voudrais montrer ici que la SFP s'en préoccupe en priorité.

La SFP et le monde de l'université

La SFP et les enseignants-chercheurs

Pour ceux qui, après le doctorat, obtiennent un poste de chercheur ou d'enseignant-chercheur, l'appartenance à la SFP offre de nombreuses possibilités, comme le décrit Michèle Leduc dans son éditorial (p. 2) : des informations scientifiques et sur les problèmes de science et société à travers la revue *Reflets de la Physique*, l'attribution de prix scientifiques, des réductions de frais d'inscription dans les congrès, et aussi la possibilité de participer aux grands débats

actuels sur les réformes dans l'enseignement supérieur et la recherche. J'ai eu l'occasion d'en témoigner auprès des nouveaux nommés Maîtres de conférences en physique, au cours d'une journée nationale organisée pour eux en avril 2009 par Agnès Maître et moi-même⁽¹⁾, en présence de représentants de l'AERES, du CNRS, de sections du Comité national de la recherche scientifique et du CNU, et des sociétés savantes. Michèle Leduc, qui présentait la SFP, a vigoureusement insisté sur le besoin de la renforcer. Il semble que la soixantaine de participants ait apprécié cette journée, ce qui nous encourage à la reconduire l'année prochaine et à l'étendre aux nouveaux recrutés au CNRS.

La SFP et les étudiants

La Société Française de Physique souhaite aujourd'hui s'adresser aux étudiants depuis leur entrée à l'université, par exemple en leur offrant une aide à l'emploi (voir ci-après). Elle soutient, par l'intermédiaire de ses sections locales, les initiatives qui se développent de plus en plus dans les universités en marche vers l'autonomie, auxquelles revient désormais le souci de l'insertion professionnelle des étudiants.

Ainsi, la SFP préconise la création de « Bureaux des étudiants » (BDE) au niveau de la licence, du master et du doctorat, ainsi que la mise en place d'annuaires des anciens étudiants de l'établissement par des services dédiés, s'inspirant des traditions courantes dans les écoles d'ingénieurs, fortes de leur esprit de corps et de leurs réseaux. Ces BDE, créés par les étudiants eux-mêmes, aidés en cela par des personnels permanents, viennent compléter efficacement les dispositifs déjà mis en place (comme les Doctoriales, malheureusement trop peu répandues).

La SFP soutient les initiatives prises par les Écoles doctorales, par exemple des journées de présentations orales et par affiches, qui permettent d'entraîner les doctorants à la communication scientifique et d'ouvrir leur horizon au-delà de leur spécialité. Ainsi, en février 2009, j'ai eu le plaisir d'assister à une telle journée, organisée avec l'École doctorale de science des matériaux de Rouen par la section locale de Haute-Normandie de la SFP. De même, j'ai pu participer en 2008 à une École d'hiver du tout nouveau BDE en physique de l'université de Nice, une

(1) Cette journée a associé les sections 28, 29, 30 et 34 du CNU, et les sociétés savantes SFP et SFO (Société Française d'Optique), avec la participation de la SF2A (Société Française d'Astronomie et d'Astrophysique).

Pour nous contacter, écrivez-nous à l'alias : jeunes@sfpnet.fr

La page web de la Commission « Jeunes de la Physique », tenue par Sandrine Emery, est consultable à la rubrique **Actions de la SFP** du site www.sfpnet.fr.

manifestation mêlant dans une grande convivialité d'intéressants séminaires de doctorants et des tables rondes permettant aux étudiants de questionner leurs aînés sur le déroulement de la thèse et l'avenir du thésard.

La SFP, les métiers et le monde de l'entreprise

Au-delà des actions menées au sein du monde académique, les questions cruciales d'emploi et de métiers motivent une des intentions fortes de la SFP, qui est de s'étendre davantage au milieu industriel. Nos sections locales devraient avoir des correspondants dans les écoles d'ingénieurs de leur région et y présenter activement le rôle et les actions de la SFP aux élèves, destinés pour la plupart à exercer dans l'industrie. Mathias Follot, jeune ingénieur de la commission « Jeunes », est la cheville ouvrière de cette opération.

Une bourse de l'emploi

Pour répondre aux questions cruciales relatives à l'emploi des jeunes dans les carrières académiques ou industrielles, la SFP et la SCF (Société Chimique de France) ont mis en place dernièrement une « Bourse de l'emploi Chimistes et Physiciens ». Cette bourse de l'emploi, hébergée et gérée par la SCF suite à la très cordiale proposition de Marie-Claude Vitorge, rassemble des offres d'emploi à tous les niveaux (de technicien à ingénieur haut de gamme). Elle est accessible à tout membre de la SFP, muni de son nom de famille et de son numéro d'adhérent SFP (juste les chiffres, ne pas rentrer de lettres), à l'adresse : www.sfc.fr/Emploi/emp1_emplois.htm.

Un forum des métiers

À l'occasion du Congrès général de la SFP, qui aura lieu du 6 au 10 juillet 2009 à Palaiseau sur le site de l'École polytechnique, la commission « Jeunes de la physique » participe à la mise en place d'un « Forum des métiers », en collaboration avec le Service d'insertion professionnelle de l'université Paris Sud.

Ce forum sera axé sur les métiers de l'énergie, avec des présentations par des industriels et une séance de « speed-dating emploi », ayant pour but de faire se rencontrer des doctorants ou jeunes docteurs physiciens et des interlocuteurs du monde socio-économique. Le forum étant ouvert à tous, même non participants au Congrès général, nous encourageons tous ceux qui sont intéressés à y participer activement.

Une commission « Métiers scientifiques et technologiques »

De plus, la SFP et sa commission « Jeunes » se sont engagées à lancer une commission « Métiers scientifiques et technologiques », en partenariat avec d'autres sociétés savantes, initialement la SFO et la SEE, dans le cadre de la FS2 (Fédération Française des Sociétés Scientifiques). Cette commission sera coordonnée par Natalia Del Fatti, professeure à l'université de Lyon 1.

Un des premiers objectifs de cette nouvelle commission intersociétés sera de transposer sur internet le concept de la plaquette « Les métiers de la physique – Un univers à découvrir », qui a remporté un vif succès dans les lycées lors de l'Année mondiale de la physique en 2005, puis de la compléter par des témoignages de pratiques et de parcours professionnels.



Plaquette « Les métiers de la physique », éditée en juin 2005 par le Groupe d'action pour la physique, dans le cadre de l'Année mondiale de la physique. Cette plaquette de 24 pages a été tirée à 100 000 exemplaires, et largement diffusée dans les lycées. Elle est téléchargeable sur les sites www.sfpnet.fr et www.refletsdelaphysique.fr. (Voir l'article de M.F. de Féraud, dans le *Bulletin SFP* n°150, p. 29.)

Une nouvelle campagne d'adhésion



La campagne d'adhésion promotionnelle pour les jeunes, lancée en 2006-2007, a déjà porté des fruits. Pour la prolonger, nous souhaitons convaincre les nouveaux membres ainsi attirés pour un an vers la SFP, à s'y inscrire de façon permanente.

Nous lançons donc à nouveau une campagne de première adhésion, à tarif très promotionnel, à l'intention des physiciens de moins de 35 ans (voir le bulletin inséré dans ce numéro), depuis les étudiants jusqu'aux jeunes recrutés.

Nous espérons aussi que les cadres des laboratoires seront convaincus du besoin d'encourager les jeunes de leur établissement à devenir membres à part entière de leur communauté, en adhérant à la SFP. La nécessité d'attirer des jeunes vers notre discipline avec des promesses d'avenir concerne chacun d'entre nous : tous les volontaires pour participer aux actions de la commission « Jeunes » de la SFP y sont évidemment les bienvenus.



Jean-Marc Quilbé,
Directeur général d'EDP Sciences

Repenser les congrès scientifiques...

De nombreuses communications scientifiques, tels les actes de congrès ou les *lectures* réalisées à l'occasion d'une école, ne sont pas des articles destinés à être publiés dans des revues de prestige. Toutefois, cela n'amointrit pas leur intérêt pour les communautés concernées. Il faut remarquer qu'il est aussi de plus en plus difficile pour les organisateurs de colloques de se faire publier, car cela coûte cher et rapporte peu (pour l'éditeur, bien entendu !).



C'est pourquoi nous avons souhaité proposer aux communautés scientifiques un nouveau service qui réunisse les avantages d'une meilleure diffusion et d'un faible coût. Nous avons ainsi lancé en début d'année www.webofconferences.org, qui est un portail internet entièrement dédié aux conférences scientifiques et techniques. Il offre aux chercheurs et aux organisateurs de congrès une gamme complète de services qui visent à augmenter la visibilité, la notoriété et la pérennité des manifestations scientifiques, tout en valorisant les auteurs de communications en rendant leurs travaux citables. Il propose ainsi des alternatives novatrices, permettant de repenser les congrès scientifiques tels qu'ils sont organisés et diffusés actuellement.

La plate-forme *Web of Conferences* repose sur trois services : un agenda libre et gratuit, des services éditoriaux et une base de publications en *Open Access* ou en accès réservé, selon les souhaits de l'organisateur de congrès.

Actualité éditoriale



Tours du monde, tours du ciel

Une exploration de l'Univers
à travers les âges

Un film de Robert Pansard-Besson,
avec Michel Serres et Pierre Léna.
Musique originale de Georges Delerue.

Il s'agit du premier documentaire culte de l'astronomie, qui avait été diffusé sur Arte en 1989. Il nous parle de l'observation du ciel en relatant l'histoire des observatoires astronomiques, des hommes qui ont servi la science, et de leur quête éternelle sur l'origine du monde. Le voici réédité pour la première fois, en version remasterisée.

Mai 2009 • 4 DVDs (10 films de 52 min) +
1 livre (270 pages) • 49 €

Un agenda international de conférences scientifiques

Cet agenda liste les manifestations internationales à venir dans les domaines des sciences et techniques (physique et astronomie, chimie, sciences de l'ingénieur et technologies, sciences de la vie, mathématiques, médical et dentaire, sciences humaines et sociales). Il permet de rechercher une conférence ou un salon, mais également d'annoncer un événement. Le référencement des événements se fait sur une base participative, dans laquelle les organisateurs de congrès sont invités à ajouter (gratuitement) leur conférence à notre agenda afin de promouvoir leur manifestation.

Une gamme complète de prestations éditoriales pour la publication et la diffusion

Nos prestations sont modulaires et couvrent, selon le choix de l'organisateur :

- le traitement de documents « prêts à la diffusion » ou bien le suivi de production par une secrétaire de rédaction (contrôle de la copie, réalisation d'une mise en page de qualité, création de fichiers prêts à l'impression et compatibles avec une publication électronique) ;
- la création, l'hébergement et la maintenance sans limite dans le temps de sites *web* spécifiques à chaque conférence ;
- la publication en ligne des actes de la conférence et l'archivage des principales informations relatives à l'événement (objectifs et domaine, comité d'organisation, partenaires, *sponsors*...);
- la diffusion en *Open Access* ou en accès restreint des actes de la conférence ;
- la publication des actes sous formes de livres, CDs/DVDs ou clés USB ;
- la création de collections regroupant sur un même site *web* l'ensemble des conférences d'une société savante, d'un laboratoire ou d'un événement récurrent.

Notre offre est entièrement flexible et modulable. Nous pouvons donc proposer des solutions adaptées à chaque conférence, quels que soient le nombre d'interventions, le type de documents fournis et le mode de diffusion souhaité.

Un espace regroupant et archivant l'ensemble des actes de conférences publiés par EDP Sciences

Cet espace permet de rechercher les actes d'une conférence parmi l'ensemble des *proceedings* publiés par EDP Sciences, et/ou d'effectuer une recherche sur un article (titre, auteur, affiliation, résumé ou texte intégral) parmi tous ceux répertoriés sur la plateforme *Web of Conferences*. Il offre une vitrine *web* internationale aux actes de congrès et permet de créer une synergie entre les différents *proceedings* d'un même domaine scientifique.

Je souhaite que ce service vous soit utile dans votre travail et vos recherches.

Jean-Marc Quilbé

« De l'atome au noyau »

Une approche historique de la physique atomique et de la physique nucléaire

Bernard Fernandez (Ellipses, 2006, 608 p., 49 €)



C'est le type de livre, une fois terminé, dont on se demande comment il était possible de ne pas l'avoir lu avant. « De l'atome au noyau » de Bernard Fernandez, présente une approche historique de la physique nucléaire, qui s'identifie avec le 20^e siècle. Quels furent les creusets humains et scientifiques qui façonnèrent les découvertes des radioactivités, du noyau, du neutron, du cyclotron, de l'antimatière, de la fission... ? B. Fernandez entreprend une démarche véritablement scientifique : il relit des centaines d'articles originaux, afin de nous en extraire leur exacte saveur. Il relie judicieusement les découvertes aux biographies des physiciens, en se concentrant sur les aspects pertinents. La surprise du lecteur est de taille : on croyait beaucoup savoir sur l'histoire de ces découvertes ; on en apprend en fait énormément.

Ce riche livre de 600 pages s'aborde à plusieurs niveaux. Il est accessible au néophyte, comme au physicien confirmé. L'enseignant y trouvera aussi une source inépuisable de faits et d'anecdotes méconnus, capables d'illustrer les cours de physique nucléaire ou de physique quantique. C'est en voulant comprendre les nuages que Wilson a mis au point sa célèbre chambre, qui permet de voir les trajectoires des particules. H. G. Wells prédit les bombes atomiques dans un roman, dès 1913, qui eut son influence sur Leo Szilard : ce physicien fut le premier à imaginer, environ 20 ans après, une réaction en chaîne, et donc ces bombes.

Un livre nécessaire à tout physicien pour comprendre la physique du 20^e siècle. Un livre indispensable pour saisir les bases sur lesquelles repose la physique nucléaire du 21^e siècle.

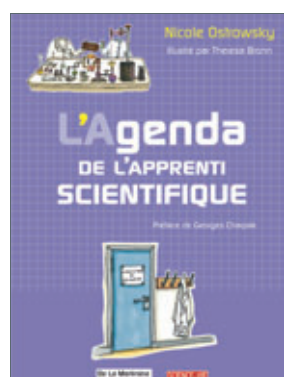
Elias Khan

Institut de physique nucléaire d'Orsay

« L'agenda de l'apprenti scientifique »

Nicole Ostrowsky (La Martinière, coédition Science et Vie, 2009, 384 p., 17 €)

Illustré par Theresa Bronn. Préface de Georges Charpak.



Voilà un livre remarquable à mettre entre toutes les mains : bien sûr les nôtres, physiciens et physiciennes, mais aussi celles de nos enfants, voire de nos petits-enfants pour les plus anciens d'entre nous. Un agenda avec une question de science par jour, où petits et grands trouveront une mine d'idées amusantes et riches d'enseignements. On s'y interroge aussi bien sur la physique que sur la chimie, les mathématiques ou le raisonnement scientifique. Donc, 365 pages quadrillées comme un cahier d'écolier, avec une question et un dessin, parfois une réponse en bas de page et de la place entre les deux pour écrire ses propres réflexions ou commentaires, sans oublier une courte maxime littéraire appropriée dans un coin. Les questions ont été imaginées par notre collègue Nicole Ostrowsky, professeur de physique à l'université de Nice, qui les a ancrées dans notre vie quotidienne : fours à micro-ondes, mayonnaise, châteaux de sable, GPS et même horoscopes. Il est évidemment impossible de résumer en quelques lignes la richesse de cet agenda. Nous avons particulièrement aimé (mais c'est un choix personnel !) la série de questions sur les objets fascinants possibles (ruban de Möbius) et impossibles (dessins d'Escher), ou la série d'expériences sur les illusions d'optique et les miroirs.

Cet agenda serait à recommander dans les classes du primaire ou au collège, et il est dans la droite ligne des méthodes issues de « La main à la pâte » : les solutions ne sont pas « parachutées », mais le lecteur est amené à se les approprier en les découvrant progressivement. Ainsi, une suite de constructions sur 5 pages amène le lecteur à comprendre comment le GPS localise un objet. Le parcours au fil des saisons est des plus variés, et même un physicien découvrira qu'il vivait avec quelques idées fausses. La présentation de l'agenda est très réussie, les dessins de Theresa Bronn sont drôles : les personnes y figurent sous formes de costumes animés, sans doute pour éviter d'évoquer les « grosses têtes »... Nous ne pouvons que féliciter Nicole Ostrowsky pour ce grand travail d'imagination et de culture scientifique, en souhaitant que cet agenda hors du commun trouve son public chez les jeunes et aussi chez les scientifiques, qu'il aidera à partager leurs connaissances.

Michel Le Bellac⁽¹⁾ et Michèle Leduc⁽²⁾

(1) Université de Nice - (2) LKB, ENS, Paris



Sébastien Nuttinck a 32 ans

Formation

1990 : Diplôme d'ingénieur de l'INSA de Toulouse et DEA en Matériaux, Technologies et Composants de l'Électronique.

2003 : Thèse de doctorat (PhD) en cotutelle entre Georgia Tech et l'INSA de Toulouse : « Analyse et modélisation de dispositifs semi-conducteurs avancés ».

2008 : Diplôme de MBA Finances, au London Business School.

Expérience professionnelle

1999-2004 :
Ingénieur de recherche au Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.

Depuis 2004 :
Senior Scientist à Philips/NXP Semiconductors, Belgique/Pays-Bas.
Actuellement,
Program Manager.

Sébastien Nuttinck

De la physique des semi-conducteurs à la stratégie d'entreprise

Je travaille actuellement, depuis octobre 2007, à la coordination de programmes internationaux et multidisciplinaires de croissance et de développement interne à NXP Semiconductors. Il s'agit d'un véritable *challenge* et d'une aventure pleine de rebondissements, au sein d'une entreprise qui est devenue privée à la suite de l'intervention de capitaux d'investissement. Je suis chargé de structurer, de mettre en place et de veiller au bon déroulement de programmes qui concernent plusieurs domaines (ventes, stratégie, lignes de production...) et qui s'appliquent à différentes régions du globe (Amériques, Europe, Asie). L'une des plus grandes difficultés est d'aboutir à un accord, en des temps parfois très courts, entre des groupes de personnes qui ont des objectifs et des lignes hiérarchiques différents.

Débuter en physique

J'ai toujours été curieux et désireux de comprendre le pourquoi et le comment des choses, et c'est tout naturellement que je me suis orienté vers l'étude de la physique, plus particulièrement sous son aspect expérimental. C'est ainsi que j'ai rejoint le département de physique de l'INSA de Toulouse, où j'ai obtenu un DEA en « Matériaux, Technologies et Composants de l'Électronique », ainsi qu'un diplôme d'ingénieur.

Très vite, j'ai compris que les cours magistraux théoriques sont une base indispensable mais insuffisante, car la réalité des choses ne se révèle que dans la pratique expérimentale. C'est pourquoi j'ai passé plusieurs étés à faire des stages en vue de mettre à l'épreuve mes connaissances théoriques.

Mon premier stage s'est déroulé au Queen Mary and Westfield College, à Londres, et avait pour objectif la réalisation d'un système de pilotage d'expériences de spectroscopie. Le second s'est déroulé à l'ONERA à Toulouse, et portait sur le développement d'un système ouvert de contrôle de mesures dans une soufflerie. Mon troisième et dernier stage, de six mois, s'est déroulé au Japon à N.T.T. Basic Research, dans le groupe du Professeur Yoshiro Hirayama : mon travail consistait à étudier les mécanismes qui agissent sur les performances électroniques de plots quantiques, à température cryogénique et en présence d'un champ magnétique important.

Thèse sur les semi-conducteurs aux États-Unis

Fort de la formation acquise par mes études et mes expérimentations, et encouragé par la publication de mon premier article sur les plots quantiques, j'ai décidé d'approfondir mes

connaissances en physique du solide, et d'orienter mon travail vers des recherches susceptibles de déboucher sur des résultats plus immédiats.

C'est ainsi que je me suis engagé dans une thèse sur les propriétés hyperfréquences des transistors pour des applications visant des systèmes de communication hautes performances au Georgia Institute of Technology, à Atlanta aux États-Unis. Le travail de recherche nécessaire à cette thèse s'est déroulé dans le cadre d'un programme d'échange instauré par le professeur Jean-Claude Portal, entre l'INSA de Toulouse et GeorgiaTech.

À GeorgiaTech, j'ai fait partie du "Microwave Application Group", dirigé par le professeur Joy Laskar, et j'ai entamé ma recherche par la mesure et la modélisation des performances hyperfréquences de transistors à base de GaN. Ce matériau a des propriétés permettant d'opérer à de très fortes puissances (jusqu'à plusieurs watts) et à des fréquences très élevées (jusqu'à plusieurs dizaines de GHz), ouvrant d'éventuels nouveaux débouchés pour les radars militaires et pour les bases de relais des systèmes de communication sans fils.

Utilisant mes connaissances pratiques en terme de développement de systèmes de mesure pilotés par ordinateur, j'ai conçu un nouveau système en mode pulsé qui permet d'étudier les propriétés de puissance de mes transistors hyperfréquences, sans pour autant les détériorer ni abîmer les machines. Cela m'a valu mon premier budget à dépenser, de l'ordre de 250 k\$.

Ce premier succès a été accompagné de plusieurs publications et a débouché sur une promotion interne au poste de "Laboratory Manager" où mon rôle, outre le travail de recherche nécessaire à ma thèse, était d'organiser tous les aspects du laboratoire de test (procédure, maintenance, achat...).

J'ai terminé ma thèse avec 36 articles publiés dans des revues internationales et dans des actes de congrès. L'ensemble de ce travail m'a permis d'acquérir une première expérience pratique de management et m'a valu de recevoir un prix de mon école doctorale (GEET) à Toulouse.

Le fait que l'on m'ait fait confiance pour gérer un laboratoire avec une très large autonomie, alors que je n'avais pratiquement aucune expérience dans ce domaine, a été pour moi un immense révélateur de la grande différence de mentalité entre l'Europe et les États-Unis, où l'on se préoccupe peu de l'âge des gens, où l'on ne se laisse pas écraser par la bureaucratie, et où le mérite personnel joue le rôle décisif dans l'évolution de la carrière d'une personne.

Un an de « postdoc », toujours aux États-Unis, à GeorgiaTech

C'est tout naturellement qu'après avoir obtenu mon doctorat, j'ai décidé de continuer mon activité à GeorgiaTech en tant que "Laboratory Manager" et "Research Team Leader".

L'efficacité avec laquelle mon professeur a pu récolter des fonds a permis au laboratoire de croître très rapidement. Cette situation m'a valu de nouvelles expériences, comme de définir les caractéristiques et les infrastructures d'un étage complet d'un bâtiment en cours de construction, de coordonner le déplacement d'engins aussi lourds que chers, d'informatiser les systèmes de réservations, et de renégocier les contrats de maintenance avec les différents fournisseurs.

Parallèlement à ce travail de gestion, j'ai dirigé une petite équipe de doctorants dans le domaine des transistors avancés à base de silicium. Je devais structurer et rationaliser un nouveau projet de recherche qui permette aux étudiants d'avoir un sujet de thèse. Cela, tout en tenant compte du besoin de subventions et donc des orientations données par les différents organismes *sponsors*. Dans ce cadre, j'ai eu la chance d'avoir des étudiants formidables, qui se donnaient à fond dans leur recherche. Cela s'est traduit par l'obtention d'un prix étudiant à une

grande conférence internationale, seulement 12 mois après la mise en route d'un projet sur la réalisation d'une radio hyperfréquence, agile, et en silicium.

De la recherche à la stratégie d'entreprise

Toujours intéressé par le domaine des semi-conducteurs, et animé par le désir de voir aboutir concrètement mes travaux, j'ai décidé de passer de la recherche académique à la recherche en industrie. C'est ainsi que j'ai rejoint Philips Research sur le site de l'IMEC (Inter-universitaire Micro-Electronic Center) à Leuven en Belgique. Dans ce centre, j'ai approfondi ma connaissance du fonctionnement des transistors avancés en silicium par leur simulation physique. En particulier, j'ai évalué les avantages et les inconvénients de différentes solutions technologiques sur les performances à hautes fréquences des composants.

C'est dans cette structure que je me suis rendu compte de l'absence d'un lien clair, fort et tangible, entre la recherche et les besoins d'une entreprise ; ceci m'a amené à solliciter mon affectation dans un des centres d'affaires de Philips, afin de me rendre compte par moi-même des besoins, du langage, des motivations et des outils qui guident les différentes décisions qui influencent l'ensemble d'une société à but lucratif.

Suite à cette expérience fructueuse, j'ai été sponsorisé par Philips pour suivre un MBA à la "London Business School" à Londres, afin d'apprendre de manière formelle et structurée le langage de la finance et de la stratégie. Durant cette période, j'ai eu le privilège d'être sélectionné par mon entreprise pour faire partie d'un programme de développement. Un des aspects de ce programme est de mettre ses membres en situation dans les différentes fonctions qui permettent à une société d'opérer.

Pour ce faire, je travaille maintenant au centre décisionnel de NXP, où je m'occupe essentiellement de programmes afférant à la partie "Sales & Marketing" de la compagnie.

“ Le plus important dans la formation du physicien ne se situe pas uniquement dans l'enseignement qu'il reçoit, mais dans la compréhension qu'il acquiert petit à petit, par lui-même, dans sa confrontation avec le réel au cours de sa recherche expérimentale. ”

Sur le futur d'EDP Sciences

La publication de la lettre de Philippe Nozières sur EDP Sciences dans le courrier des lecteurs du dernier numéro de *Reflets* a entraîné de nombreuses réactions. Jean-Marc Quilbé, directeur général d'EDP Sciences, a souhaité apporter quelques précisions sur cette maison d'édition et plus généralement sur les problèmes de l'édition scientifique aujourd'hui. Je tiens à rappeler que Roger Maynard et moi avons alors fourni (*Reflets* n° 14, pp. 29-30) des éléments d'appréciation sur les possibilités de développement de l'entreprise susceptibles d'éviter « la débâcle », voire « la mort programmée » envisagées par Philippe Nozières.

Michèle Leduc

Darwin et l'entreprise

Réponse au courrier de Philippe Nozières (paru dans Reflets n°14, p. 31).

J'ai été fort surpris par le courrier de Philippe Nozières, dans le n°14 de *Reflets de la Physique*. Cette lettre déclare qu'un certain « déterminisme » conduira inéluctablement EDP Sciences au déclin, voire même plus loin ou plus bas... Pourtant, je tiens à affirmer que cette société se porte aujourd'hui très bien, et à témoigner ici de sa vitalité. C'était justement pour cela que Springer était intéressé par son rachat.

Expliquons-nous. EDP Sciences possède en son sein des gènes qui lui ont été apportés par ses fondateurs : des physiciens. Mais cet « ADN social et culturel » de bonne qualité, a reçu de nombreux apports qui ont enrichi notre patrimoine génétique, notamment depuis une dizaine d'années. Ces apports concernent, outre une aptitude à survivre et à se développer dans d'autres milieux, celle à trouver des ressources vitales que l'entreprise ne savait pas trouver auparavant, à l'époque de la monoculture.

Les gènes qui constituent la culture d'entreprise d'EDP Sciences sont tournés aujourd'hui vers le développement et l'adaptation. C'est notre vie et notre quotidien. En 1997, EDP Sciences publiait 9 journaux scientifiques et quelques livres très spécialisés par an. En 2009, elle publie près de 50 journaux et 45 livres, aussi bien en direction du public spécialisé que du grand public (« Pourquoi les vaches ne peuvent-elles pas descendre les escaliers ? » : 30 000 exemplaires vendus !). EDP Sciences vend des contenus éditoriaux dans plus de 100 pays. Plusieurs de ses journaux sont dans le « top 10 » du domaine scientifique concerné. 70% des textes produits sont en anglais. Ses auteurs viennent du monde entier et la France ne reste que son pays de naissance. Elle a fait sa révolution *web* et propose un des services d'édition les plus performants. L'entreprise a ainsi encore été récemment préférée par l'ESO aux majors de l'édition pour publier un des titres internationaux majeurs en astronomie. Outre ses produits traditionnels, EDP Sciences offre également des services variés aux communautés scientifiques, de plus en plus nombreuses, qui lui font confiance. Elle publie aussi des magazines professionnels, vend des articles sur le *web*, participe à des projets internationaux, achète des titres de revues, signe des contrats...

Pour les journaux, EDP Sciences est reconnu maintenant comme le premier éditeur scientifique international indépendant basé en France.

Bien entendu, les ressources et les résultats peuvent varier d'une année sur l'autre. La Nature n'est pas toujours prodigue. Mais les ressources sont variées pour qui se donne la peine de les chercher. Le sage ne dit-il pas qu'« une crise n'est que source d'opportunités » ? EDP Sciences ne restera pas ce qu'elle est. Elle changera, c'est certain. Nos gènes sont éveillés et avides de développement...

Je peux dire qu'une spirale vertueuse a commencé à se dérouler : notre ADN est vivace... Après tout, l'entreprise n'aura que 90 ans en 2010 !

Jean-Marc Quilbé
Directeur Général d'EDP Sciences

Sur la représentativité de la SFP vis-à-vis du monde industriel

Quelles sont les raisons de la faiblesse apparente de notre société [la SFP] en comparaison des sociétés savantes [de physique] allemande et anglaise ? [...] J'ai quelques remarques d'ordre général à faire sur la représentativité de la SFP, qui sont peut-être susceptibles d'apporter un peu d'eau au moulin.

- 1° La Société Française de Physique est supposée représenter une communauté de physiciens. Je suis chercheur dans le secteur privé (chez Nemoptic S.A.). J'ai toujours la volonté d'exercer, avec les immenses difficultés que cela sous-entend, mon métier de chercheur en entreprise privée. Bien qu'adhérent à la SFP et diplômé de physique (doctorat de physico-chimie des polymères), je ne me sens néanmoins pas suffisamment représenté par la SFP, du fait que je n'appartiens pas au secteur académique. Pour illustrer mon propos, je cite le texte de la première lettre bimestrielle [adressée aux adhérents SFP] : « À un moment où de profonds changements se préparent dans l'Enseignement Supérieur et dans la Recherche, il est important que la SFP soit vraiment représentative de la communauté des physiciens. » Ces changements sont relatifs notamment, au statut des enseignants-chercheurs dans les EPST, aux responsabilités des présidents d'université, à l'avenir du CNRS. Des sujets d'une extrême importance pour les personnels concernés et certainement pour la société française dans son ensemble. Néanmoins, la « communauté des physiciens » que la phrase semble identifier ne m'inclut pas. Dès lors, est-il possible d'atteindre un nombre de 60 000 adhérents comme en Allemagne, alors que très souvent la communauté des « chercheurs » semble se restreindre, dans les publications de la SFP, à la communauté des « chercheurs du secteur académique » ?
 - 2° Les instances représentatives de la SFP, pour lesquelles je viens de participer au vote de quelques renouvellements de postes, ne sont pas constituées à la fois de chercheurs du secteur public et du secteur privé. Il me semble dès lors difficile de légitimer une représentativité de la SFP hors du cercle académique.
 - 3° Les revues *Bulletin de la SFP*, puis *Reflets de la Physique*, contiennent peu d'articles écrits par des acteurs du secteur industriel. Que peut-on faire pour les inciter à prendre la plume plus souvent, sans faire de compromis sur la qualité scientifique du contenu de l'article ? Ceci est-il de nature à accroître l'intérêt de la communauté de chercheurs de l'industrie vers la SFP ? Est-ce d'ailleurs un des objectifs de la SFP ?
 - 4° Comment faire pour que la Société Française de Physique devienne incontournable (ou presque) dans une carrière scientifique, quel que soit le secteur dans lequel le scientifique exerce son activité ? Doit-on faire plus de place à la publication d'offres d'emplois (l'APS publie mensuellement des pages d'offres) ? Doit-on inclure des dossiers informatifs complets sur les ouvertures de programmes de financement de projets européens ou nationaux ? Quel avantage pourrait tirer un chercheur à être sociétaire ?
- Je n'ai pas de réponse toute faite à l'ensemble de ces questions. Je pense cependant que pour accroître l'audience d'une société, il est indispensable que celle-ci apporte quelque chose que l'on ne peut trouver ailleurs. Il est nécessaire également qu'elle ne réduise pas ou plutôt ne semble pas réduire sa représentativité à un groupe restreint.

Stéphane Joly
(sjoly1102@free.fr)

Réponse

Cher collègue,

Vos remarques sur la faiblesse de la Société Française de Physique dans le monde industriel sont d'une grande pertinence et rejoignent nos préoccupations aujourd'hui. En effet, la DPG et l'IOP recrutent une forte population d'ingénieurs, alors qu'en France ces derniers ne se reconnaissent pas vraiment comme des physiciens et préfèrent se regrouper dans des sociétés professionnelles comme la SEE (électricité, électronique et TIC), la SFO (optique), la SFA (acoustique), l'AFM (mécanique), etc. L'existence de nos grandes écoles y est pour quelque chose.

Je voudrais vous dire que la SFP souhaite très vivement s'ouvrir au monde de l'entreprise, et particulièrement aux chercheurs du privé. Elle va inciter ses sections locales à se rapprocher des entreprises de leur région, et à susciter des candidatures du privé à son Conseil d'Administration. Les pages de *Reflets de la physique* sont bien évidemment ouvertes aux questions de physique appliquée. Nous essaierons d'y inclure plus d'articles de référence intéressant les chercheurs en milieu industriel, et de témoignages d'ingénieurs, en particulier ceux travaillant dans les PME-PMI. En conclusion, nous sommes preneurs de toute bonne idée pour attirer de nouveaux membres de la SFP et pour élargir considérablement son recrutement.

Michèle Leduc

