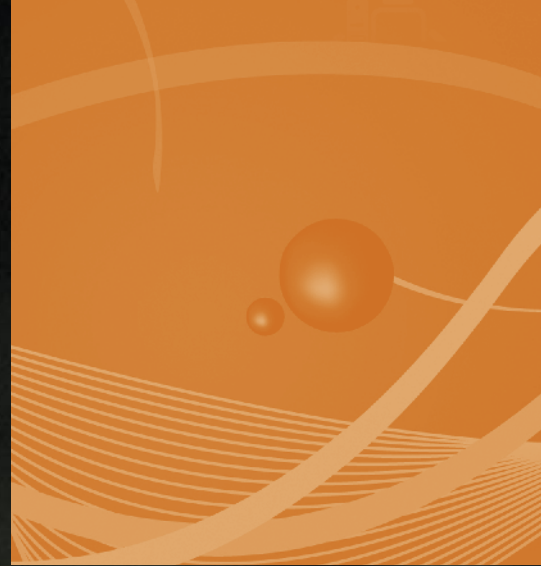




Susciter des **vocations**

Un chercheur, un exposé,
des expériences

Pharma Test GmbH
Geprüft/ Tested
Am
Durch



Depuis deux ans, quelques physiciens de la matière condensée interviennent dans les lycées pour y parler de leurs propres recherches : supraconductivité, sable, lumière... Ils accompagnent leurs exposés d'expériences *en direct* pour démontrer à quel point le sujet proposé est à la fois concret, passionnant et riche en applications, espérant ainsi dépoussiérer l'image que les élèves ont des chercheurs et de la physique.

UN CHERCHEUR, UN EXPOSÉ, *des expériences*

A l'occasion de l'Année Mondiale de la Physique, quelques chercheurs du Laboratoire de Physique des Solides d'Orsay ont voulu proposer de venir parler de leur recherche aux lycéens de la région. De nombreuses initiatives de ce type existaient déjà, notamment dans le domaine de la physique des particules (les remarquables conférences NEPAL) et de l'astrophysique. Ces deux domaines de la physique ont toujours été très actifs en matière de vulgarisation et relativement bien connus du grand public. En comparaison, notre domaine, la matière condensée, est quasiment inconnu, bien qu'il soit responsable de l'essentiel des applications de la physique au quotidien, des ordinateurs aux téléphones portables. Présenter la recherche en matière condensée présente pourtant deux intérêts spécifiques. Non seulement il est possible de proposer des sujets pour lesquels la recherche la plus fondamentale débouche sur des applications du quotidien, propres à intéresser un auditoire jeune, friand des nouvelles technologies. Mais surtout, la physique des solides a cela de formidable, qu'on peut présenter des expériences de recherche sur le coin d'une table et rendre ainsi les exposés plus concrets et attrayants. Voilà pourquoi nous avons construit plusieurs exposés sur nos propres activités

de recherche, alliant des expériences *en direct* et un exposé sur la physique en jeu et les applications technologiques. Mehdi Zeghal, physicien des polymères, a monté un exposé sur la lumière visible, du tube cathodique aux écrans plats, mettant en jeu tant la physique des plasmas que celle des cristaux liquides. Frédéric Restagno, spécialiste de la matière molle, a choisi de parler du sable, matière à la fois solide et liquide. Et j'ai moi même développé un exposé sur la supraconductivité, mon propre sujet de recherche, avec l'aide de Frédéric Bouquet. Après plus de deux



ans, presque une centaine d'interventions, et près de 5 000 élèves touchés, nous sommes maintenant convaincus de l'intérêt de cette démarche, et bien décidés à continuer et étendre ces interventions, que nous avons baptisées : "Un chercheur, un exposé, des expériences".

Et si les lycéens aimaient la physique ?

Les chiffres sont connus, le constat est clair : entre 1996 et 2003, le nombre d'étudiants en première année de Licence de Physique a chuté de moitié. Et contrairement à certaines idées reçues, ces étudiants ne sont pas partis vers des prépas scientifiques, puisque dans le même temps, l'effectif de celles-ci n'a presque pas augmenté. Le phénomène n'est pas

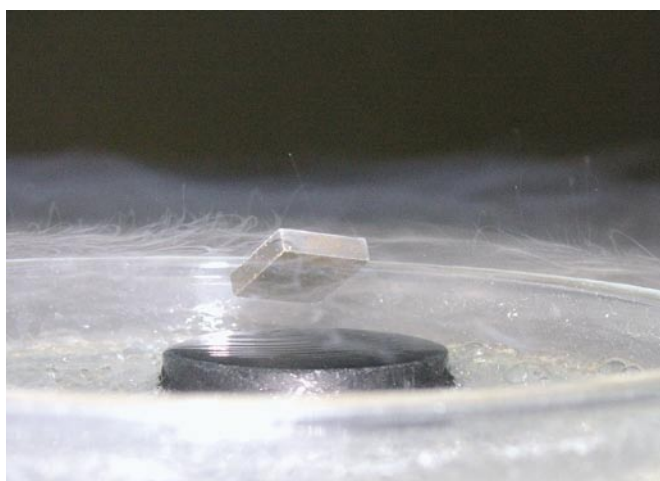


PHOTO 1 ET PHOTO 2

Montrée en direct et filmée en même temps avec une Webcam en grand écran, la lévitation d'un supraconducteur plongé dans l'azote liquide au dessus d'un aimant remporte toujours un franc succès.

qu'hexagonal, nos collègues étrangers se plaignent d'une même désaffection des étudiants pour les études scientifiques. On pourrait discuter des causes du mal à n'en plus finir: attrait pour de bons salaires dans d'autres secteurs, moins d'espoirs dans la science, peur des matières trop formelles, contenu des programmes, etc. Face à cette crise, plusieurs initiatives ont vu le jour ces dernières années, dont la célèbre "main à la pâte" dans les écoles maternelles et primaires. Souvent, ces actions louables et nécessaires visent à rendre la physique plus abordable, plus vivante, plus proche de la vie de tous les jours. Il y a cependant un prix à payer : autant les jeunes comprennent que la physique est un très bel outil pour comprendre leur quotidien, autant ils ne saisissent plus nécessairement la place ni l'intérêt de la recherche fondamentale et des chercheurs. Et de ce côté, la surreprésentation dans les médias des chercheurs de l'infiniment petit et de l'infiniment grand, Hubert Reeves en tête, peut avoir des effets malheureux. L'image du savant cosinus plutôt sympathique mais totalement coupé de la réalité est en effet largement répandue, comme nous l'avons nous même constaté dans les enquêtes que nous avons menées auprès des élèves que nous avons rencontrés : "On ne pensait pas qu'un chercheur pouvait être jeune", "on pensait que la physique, c'était fini", "je ne croyais pas qu'il y avait encore des choses à trouver", "un chercheur, ça peut porter des jeans !", "j'ai découvert qu'il n'y avait pas que des équations dans la physique"...

Face à cette image d'une recherche en physique nécessairement formelle, abstraite, et jugée "résolue" pour l'essentiel, nous avons voulu développer des exposés qui prêchent l'inverse : une recherche où ni Hubble, ni les accélérateurs de particules ne sont nécessaires pour aborder des problèmes fondamentaux ouverts, une recherche en marche, où tout reste à comprendre, et surtout, des chercheurs jeunes, abordables, et passionnés par leur métier. Nous avons choisi de viser les lycées et les prépas, des lieux où peu d'actions de vulgarisation existaient déjà et où les jeunes sont à une période où ils doivent faire un choix entre études scientifiques ou autres.

Un écran blanc et deux heures de temps

Nous proposons des exposés destinés à des classes de lycées (une ou plusieurs classes, au choix du lycée). Nous ne demandons aux professeurs qui nous accueillent qu'un écran blanc et deux heures de leur temps. Nous apportons tout le reste, contenu dans une valise roulante : expériences, vidéo projecteur, ordinateur portable... Nos interventions sont entièrement bénévoles, point essentiel pour être accueillis facilement dans les lycées dont les budgets sont souvent réduits. Ce bénévolat a été rendu possible non seulement grâce à l'aide financière de plusieurs institutions¹ mais aussi grâce au soutien de l'Université Paris-Sud 11 qui a bien voulu intégrer

ces interventions comme partie intégrante de nos enseignements (pour les maîtres de conférence) ou de la formation CIES (Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur, pour les thésards moniteurs). Pour prendre l'exemple de la supraconductivité, nous débutons par quelques expériences menées en direct pendant une vingtaine de minutes. Nous montrons qu'un supraconducteur lévite sur un aimant quand on le refroidit (photos 1 et 2). Nous montrons que ce même matériau conduit le courant sans aucune résistance à la même température. Tout cela est fait sur le bureau, et filmé par une Webcam qui transmet le tout en direct sur grand écran. La résistance électrique qui s'annule est ainsi mesurée par un petit oscilloscope sur port USB de l'ordinateur portable, de sorte que la mesure s'affiche directement sur l'écran. Grâce à ce dispositif, nous avons pu intervenir sans souci devant des publics allant jusqu'à 300 personnes. Lors de ces expériences, nous insistons sur leur caractère réellement étonnant : elles échappent à tout ce qu'on pensait avoir compris de la matière, du magnétisme et de l'électricité. Et surtout, les processus physiques à l'œuvre ne sont pas tous élucidés. Ces expériences permettent de capter l'auditoire, désormais motivé pour nous écouter plus d'une heure leur expliquer la physique en jeu.

Nous développons ensuite un exposé qui mêle histoire des sciences, anecdotes sur la vie des chercheurs, leur façon de découvrir et de progresser, et explication en termes simples des phénomènes. Jamais d'équations, mais beaucoup de petites animations et d'images. Bien que nous essayions d'expliquer au mieux certains aspects de la supraconductivité par des petits modèles simples, notre but n'est pas d'être exhaustif et de faire un cours sur la supraconductivité. Au contraire : nous voulons montrer à l'auditoire qu'à partir d'un certain stade, nous ne comprenons plus les phénomènes en cause. C'est un point essentiel, en particulier par rapport à ce qu'ils connaissent de la physique, à savoir des cours structurés, des démonstrations, et un ensemble cohérent et compris, souvent issu du XIX^e siècle. A travers les anecdotes historiques, nous essayons aussi, dès que possible, de donner une image des chercheurs plus proche de la réalité que les images d'Epinal qu'ils en ont : les erreurs, la compétition, les coups de chance, mais aussi l'obstination, l'effort, les astuces, les collaborations ...

Dans une deuxième partie, nous décrivons des applications technologiques directes du sujet évoqué, par exemple l'imagerie médicale ou les relais de téléphone portable dans le cas des supraconducteurs. Là aussi, nous essayons de décrire en quoi la recherche la plus fondamentale peut déboucher sur des applications du quotidien. Et là encore, nous revenons à des expériences en direct, comme celle du train supraconducteur, le maglev japonais, un train à lévitation supraconductrice qui va à plus de 500 km/h (photo 3).

Nous finissons par la présentation rapide de notre propre activité de recherche. Nous montrons des

photos de nos laboratoires, de nos collègues, nous décrivons un exemple de découverte que nous avons faite (pour répondre à la question qui nous est souvent posée : "mais vous, qu'avez-vous trouvé ?") et nous essayons de décrire ce qu'est notre quotidien de chercheur. Enfin, nous proposons aux élèves de venir eux-mêmes essayer les expériences. Cela leur permet non seulement de "jouer" avec les dispositifs, de se prendre en photo, mais aussi de discuter avec nous de façon plus informelle et de nous poser les questions qu'ils n'osent pas poser pendant l'exposé.

Ce qu'en pensent les élèves

Quelques jours après chacun de nos passages, nous faisons distribuer un questionnaire auprès des élèves et des professeurs pour leur demander leur opinion. Comme le montre le **tableau 1**, les retours sont très positifs. Les professeurs nous ont tous demandé de revenir les années suivantes. Les élèves nous contactent souvent après les exposés pour une visite de labo, pour un TIPE (Travail d'Initiative Personnelle Encadré) ou juste pour dire leur enthousiasme. Mais, plus surprenant, dans les commentaires libres qu'ils nous font parvenir, ce n'est pas tant le sujet choisi - la supraconductivité - qu'ils retiennent mais l'image que nous leur donnons du chercheur et de la physique (**encadré 1**). Ils semblent souvent découvrir que la physique est un sujet vivant, passionnant, et

1 Quelques commentaires libres d'élèves

"Intéressant, impressionnant, drôle.", " spectaculaire, ludique, un scientifique passionné et didactique... Bref, le courant est bien passé avec les supraconducteurs !!!"
" Le peu que j'ai compris, était intéressant sinon c'était drôle et ça se voit que cet homme était passionné. Et ça rend les supraconducteurs intéressants !" " Ça donne envie de poursuivre des études scientifiques." "Transmet bien sa passion et exposé bien fait parce que ludique."
" Cela nous a donné une vision de la recherche que nous ne connaissions pas." "Vous nous avez transmis tout votre amour pour la science à travers cet exposé très enrichissant." "Expérience prenante ; participer aux expériences est vraiment bien ; à refaire !" "Mon prof dit même que vous avez créé des vocations ! Quand aura-t-on une autre conférence ? Le conférencier sait parler à des jeunes." "Cela m'a donné une autre vision du monde de la science. Par exemple, c'était vraiment fantastique de voir que l'on pouvait appliquer les supraconducteurs pour la vie de tous les jours !" "Je crois que je vais me rendre à plus de conférences scientifiques !" "Peut-être allez vous rire mais depuis ce jeudi je m'intéresse de plus près à la physique et à la chimie ! "

très ouvert. Ils découvrent aussi une autre image des chercheurs, qui ne sont pas nécessairement des "Einstein" plongés dans leurs équations, qui parlent un langage simple, et qui considèrent des problèmes concrets.

Est-ce rentable ?

D'un point de vue quantitatif, ces interventions sont très "rentables" lorsqu'on compare l'investissement en temps, en argent, et le nombre d'élèves touchés. L'exposé sur la supraconductivité et sur le sable ont demandé, en tout, à peu près 6 000 € d'investissement initial en matériel, grâce auxquels, après deux ans d'interventions, nous sommes intervenus presqu'une centaine de fois auprès de quelques 5 000 élèves, à la fois en lycées (de la seconde à la terminale) et en prépas. En coûts humains, cela n'a "coûté" à l'Université qu'une cinquantaine d'heures par an, soit l'équivalent de deux groupes de TD pour une matière habituelle. Plusieurs étudiants en thèse dans le domaine ont aussi participé à travers leurs stages pédagogiques de monitorat grâce au soutien d'A. Sarfati du CIES de Versailles. Là encore, voir des jeunes parler de leur science avec passion a très bien fonctionné auprès des lycéens, et les étudiants eux-mêmes en ont tiré une autre expérience de l'enseignement très complémentaire de leur enseignement à l'université. Ces exposés sont aussi bénéfiques pour nous-mêmes, maîtres de conférences de l'Université, car ils nous permettent d'établir un dialogue avec nos collègues enseignants dans les lycées et de mieux comprendre le type d'étudiants que nous accueillons ensuite à l'Université. La publicité indirecte faite ainsi pour l'Université Paris-Sud 11 est non négligeable, tant pour les licences de physique auprès des



➔ PHOTO 3

Le train supraconducteur est un gobelet dont le fond supraconducteur est recouvert d'azote liquide. Il lévite au dessus d'un rail d'aimants mais peut aussi circuler sur un hoolaop !

lycéens que pour les Masters, comme le Magistère de Physique Fondamentale, auprès des étudiants de prépa. Enfin, la publicité autour de ces interventions nous a ouvert la voie à d'autres terrains d'actions. Nous participons à un projet européen de vulgarisation autour de la supraconductivité, nous collaborons avec la Cité des Sciences et de l'Industrie pour y transférer ces expériences sur la supraconductivité auprès du grand public, nous participons à plusieurs manifestations touchant différents publics (salon de vulgarisation, portes ouvertes, conférences des professeurs de physique et de chimie...).

Et maintenant ?

D'abord, et avant tout, nous souhaitons poursuivre ces interventions. Au départ, les professeurs intéressés par nos interventions étaient peu nombreux et pleins d'une appréhension bien légitime. Mais le bouche à oreille via les forums de discussions et entre collègues a permis de débloquent la situation, et nous avons maintenant une liste d'attente de demandes suffisante pour poursuivre sur notre lancée. D'un point de vue pragmatique, poursuivre au même rythme (une cinquantaine d'interventions par an pour à peu près cinq intervenants) nous semble ambitieux et suffit à notre peine, même si nous aimerions étendre ces exposés à d'autres sujets que la supraconductivité ou l'écoulement du sable. Mais attention : trouver un thème de recherche actuel, que l'on peut exposer à partir d'expériences de coin de table, qui soient à la fois fascinantes, inattendues, simples à mettre en place (moins de 10 minutes) et peu coûteuses, n'est pas chose aisée. Si l'on y réfléchit un peu, des thèmes qui, à première vue, pourraient sembler parfaits pour ce cadre ne le sont pas nécessairement. La nanophysique par exemple, où les expériences sont délicates et peu transportables. Le magnétisme aussi, où les démonstrations peuvent finalement ne revenir qu'à manipuler des aimants, au risque de faire croire qu'il s'agit d'une physique dépassée. De plus, sans vouloir freiner pour autant les bonnes volontés, il nous semble que tous les chercheurs ne font pas nécessairement de bons intervenants auprès des lycéens, un public exigeant et très particulier. Une seule intervention ratée peut avoir des conséquences redoutables. Nous proposons plutôt de repérer dans les différents domaines de recherche qui s'y prêtent le chercheur motivé et pédagogue à la fois, qui saura construire un exposé et des expériences autour de sa thématique, puis former d'autres intervenants. C'est par exemple le cas d'Emmanuelle Rio, jeune maître de conférences de notre laboratoire, qui est en train de monter un exposé sur les gouttes d'eau et les bulles de savon qu'elle proposera aux lycées dès la rentrée prochaine.

A plus long terme, ce type d'interventions et de liens entre Universités et Lycées pourrait être proposé plus systématiquement aux enseignants par l'Éducation Nationale elle-même. Malgré le soutien des ins-

pecteurs académiques et de nombreux autres acteurs institutionnels, nous n'avons pu jusque là toucher qu'un nombre réduit de professeurs. Peut-être des actions en IUFM ou via des formations permanentes auprès des enseignants du secondaire pourraient aider à élargir notre audience. En tous les cas, nous invitons tous les lecteurs de ces pages à visiter notre site web, www.vulgarisation.fr, où ils pourront trouver les petits films de nos expériences.

Qu'ils n'hésitent pas à nous contacter pour que nous venions leur montrer à eux aussi à quel point la supraconductivité, le sable ou les mousses sont parmi les plus beaux sujets de recherche actuels. ■



1- Université Paris-sud XI, CNRS, Conseil Général de l'Essone, SFP, Région Ile-de-France, Laboratoire de Physique des Solides.

Tableau 1

	Nul	Médiocre	Bien	Bien	Excellent
Qualité de l'exposé	0	0	2 %	11 %	87 %
Qualité pédagogique de l'orateur	0	0	5 %	11 %	84 %
Intérêt des expériences vis à vis de l'exposé	0	0	0	5 %	95 %

Durée	Trop court 8 %	Trop long 7 %	Ce qu'il faut 85 %
Expériences	Pas assez 26 %	Trop 0 %	Ce qu'il faut 74 %
Le niveau	Trop dur 9 %	Trop simple 4 %	Adapté 87 %
Vous recommandez-vous ? (pour les profs slt, choix multiple possible)	Non : 0 %	Oui sur le même sujet : 92 %	Oui sur un autre sujet : 100 %

Enquête recueillie quelques jours après l'exposé auprès de 240 élèves et de 21 professeurs