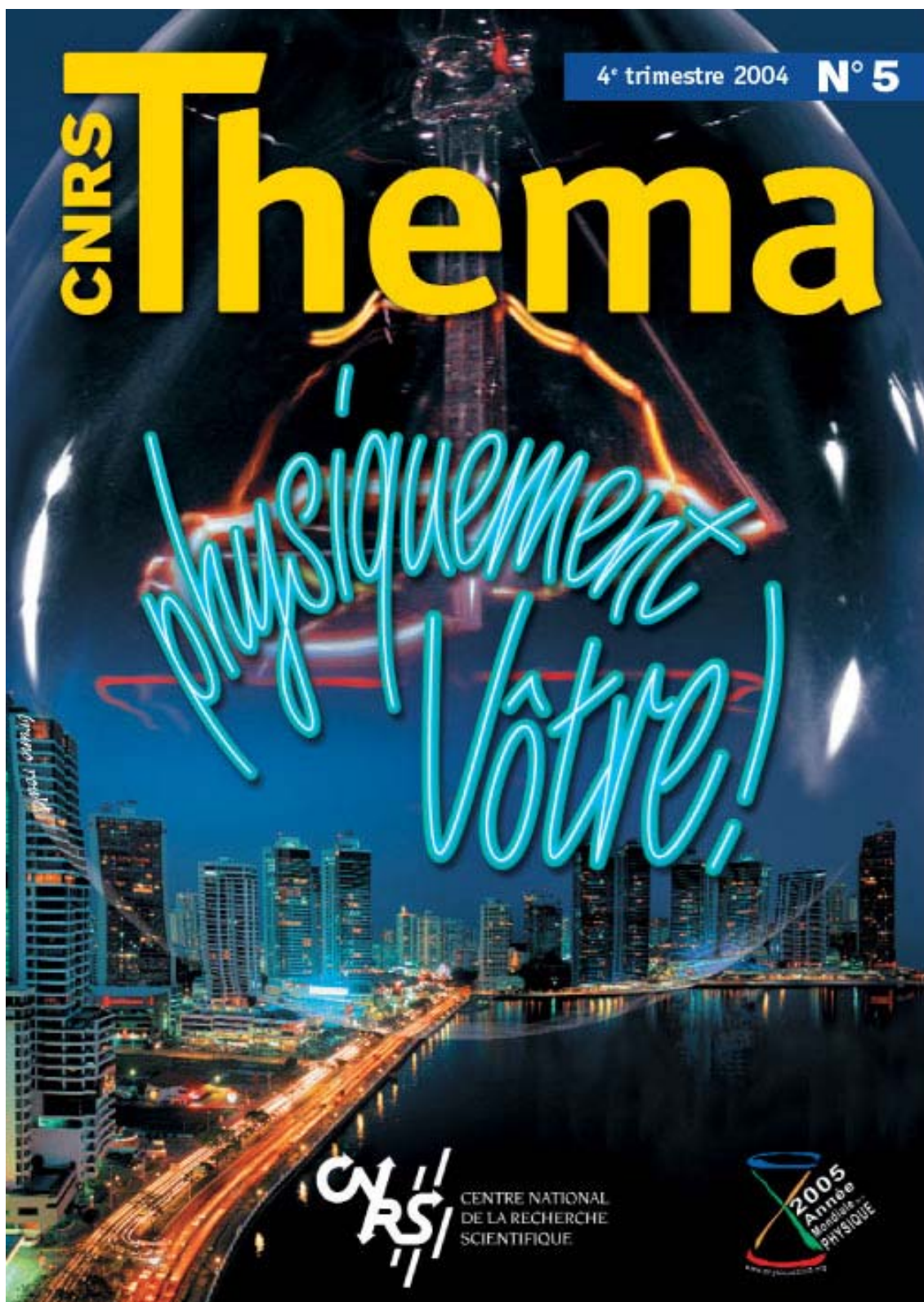


CNRS THEMA, journal en ligne du **CNRS**, Département de l'Information Scientifique et Technique, dont le siège social est établi 3, rue Michel-Ange 75794 Paris cedex 16, souhaite permettre aux médias de se constituer des dossiers de fond, en montrant la réflexion du CNRS sur des choix de société et son engagement dans les débats de son époque.



3, rue Michel-Ange, 75794 Paris cedex 16, télécopie : +33 (0)1 44 96 49 29, mél : thema@cnrs-dir.fr
Pour joindre votre correspondant, composez le +33 (0)1 44 96, suivi des chiffres entre parenthèses.

Délégation à l'information scientifique et technique (Dist) • Directrice : Sofia Nadir • **CNRS Thema • Rédactrice en chef** : Marie Pinhas-Diena (46 36) • **Rédactrice en chef adjointe** : Mireille Vuillaume (49 44) • **Rédacteurs** : Delphine Kaczmarek (51 37), Daniel Le Méhauté (46 24), Magali Sarazin (46 06) • **Collaboration avec la rédaction** : Julie Coquart, Magali Sarazin, Vahé Ter Minassian, Philippe Testard-Vailland, Émilie Tran Phong • **Bureau de presse (51 51)** : Martine Hasler (responsable), Muriel Ilous, Claire Le Poulennec, Magali Sarazin, Isabelle Tratner, Marie-Noëlle Abat (partenariats médias) • **Secrétariat** : Samira Techer (46 37) • **Webmaster** • Daniel Le Méhauté • **Conception graphique et réalisation de la Une** • **Service de l'imprimé de la délégation Paris Michel-Ange** : Bruno Roulet (photo : Agence Fotostock/Hoa-Qui - © José Fuste Raga)

Contacts presse pour ce numéro :

Délégation à l'information scientifique et technique (**DIST**) - Magali Sarazin (46 06)
Sciences de l'homme et de la société (**SHS**) - Laëtitia Louis (43 10)
Sciences physiques et mathématiques (**SPM**) - Frédérique Laubenheimer (42 63)
Sciences et technologies de l'information et de la communication (**STIC**) - Marie-Ange Hassoun (53 88)
Sciences chimiques (**SC**) - Michèle Bauer
Sciences de la vie (**SDV**) - Jean-Pierre Ternaux (40 26)
Sciences pour l'ingénieur (**SPI**) - Helena Devillers (42 32)
Physique nucléaire et corpusculaire (**PNC**) - Dominique Armand (47 51)
Sciences de l'Univers (**SDU**) - Philippe Chauvin (43 36) - Christiane Grappin (43 37)

[Accueil](#) >

Avant-propos

PHYSIQUEMENT VÔTRE !

La physique au quotidien

Science en devenir plus que jamais transversale, la physique étudie aussi bien la matière vivante que la matière inerte. De l'astrophysique aux matériaux en passant par la biophysique, elle sert les nombreuses avancées de la vie moderne (composants électroniques, santé/médecine, agroalimentaire, technologies de l'information et de la communication, lasers, énergies, etc.), et participe au progrès du bien-être de tout un chacun.

Les premières heures de la biologie moléculaire ont été marquées par les apports essentiels de la physique. L'invention du microscope optique ou la découverte des rayons X ont placé la physique au cœur du vivant. L'imagerie médicale a permis d'affiner les méthodes de diagnostic et de suivi thérapeutique.

Jusqu'au XIX^e siècle, l'étude des phénomènes climatiques n'était que descriptive (vents, précipitations, courants marins, fonte des glaciers, etc.). Aujourd'hui, les outils analytiques de la mécanique des fluides aident à comprendre les mécanismes élémentaires impliqués dans les phénomènes observés. Les simulations numériques et les dispositifs d'observation de plus en plus perfectionnés prennent en compte simultanément atmosphère et océan et sont utilisés dans les recherches en météorologie et dans l'étude de l'évolution à long terme du climat.

Au cours du siècle dernier, la consommation mondiale d'énergie a été multipliée par quarante. Les réserves énergétiques mondiales, presque toutes recensées, s'épuisent peu à peu. Les physiciens sont confrontés à un véritable dilemme : trouver le compromis idéal entre le coût, la nécessaire protection de l'environnement et de légitimes exigences de sécurité. Alors, réchauffement de la planète ou déchets radioactifs ? À l'instar des chimistes soucieux de préserver la planète, nombre de physiciens œuvrent pour une physique « verte » en proposant quelques solutions d'avenir : la biomasse, le solaire, les éoliennes, pour ne citer qu'elles.

La physique du XX^e siècle a été une grande créatrice d'inventions technologiques : lasers, transistors, télécoms, etc. Au-delà de la performance technologique, l'on assiste à une révolution sociétale et une prise de conscience de la place qu'occupe la physique dans notre vie quotidienne. Les historiens nous livrent leur vision humaniste des sciences et confrontent leurs idées à celles des sociologues. Las de constater la désaffection des jeunes pour les filières scientifiques et découragés par la fuite des cerveaux en quête d'avenirs professionnels plus radieux à l'étranger, ils lancent un cri d'alarme pour que la physique reste un joyau de la recherche fondamentale et appliquée française. Et que cette belle discipline ne disparaisse pas trop rapidement des manuels scolaires.

À travers ce numéro, le lecteur pourra prendre le pouls d'une société moderne qui ne pourrait pas être ce qu'elle est sans les avancées considérables de la physique. Une autre façon de célébrer l'Année mondiale de la physique, cent ans après la publication des travaux révolutionnaires d'Albert Einstein...

La rédaction de *CNRS Thema* (décembre 2004).

[Accueil](#) >

Sommaire

Avant-propos

- [Physiquement vôtre ! La physique au quotidien](#)

Physique « verte »

- [Gérard Mégie : un physicien citoyen du monde](#)
- [Les scientifiques face au changement climatique](#)
- [La qualité de l'air vue du ciel](#)
- [Au cœur des volcans](#)
- [Vous avez dit recyclables ?](#)
- [Vers une cellule photovoltaïque de troisième génération...](#)

Physique et santé

- [Machines à voir, machines à guérir](#)
- [Une machine à retourner le temps pour traquer les tumeurs](#)
- [Etoile et Asclepios en lutte contre le cancer](#)
- [Ganglions sentinelles en première ligne](#)
- [Quand la physique lit dans nos pensées...](#)
- [Respiration aimantée](#)
- [Un plasma à l'assaut des microbes](#)
- [Chirurgiens assistés par ordinateur](#)
- [L'imagerie médicale illustrée](#)

Matières et objets

- [Matériaux cimentaires : des nanomatériaux qui s'ignorent](#)
 - * [Des matériaux soucieux de leur apparence](#)
 - * [Auto-assemblages très résistants](#)
- [La colle dans tous ses états](#)
 - * [Joindre les deux bouts](#)
 - * [Des adhésifs qui font « pop » !](#)
- [Le numérique passe aux lentilles liquides](#)
- [Effet lotus : quand la nature a horreur de l'eau](#)
- [Où l'infiniment petit atteint ses limites...](#)
- [Une science tout en couleurs](#)
 - * [Quand le caméléon fait des adeptes](#)
 - * [En voir de toutes les couleurs !](#)
 - * [Tableaux de maîtres sous les feux des projecteurs](#)
- [La physique des masques de beauté](#)

Regards sur la physique

- [La physique de Marie Curie racontée par Hélène Langevin-Joliot](#)
 - * [Leçons de Marie Curie](#)
- [Femme et physique : si peu d'atomes crochus...](#)
 - * [La place des physiciennes au CNRS](#)
- [De l'enseignement de la physique \(XIX^e-XX^e siècles\)](#)
 - * [Instruments et circulaires](#)
- [L'image physique du monde](#)
- [Des physiciens et de la guerre : le cas des années 1940 et 1950](#)
- [Ampère électrisera bientôt le Net](#)
 - * [L'énigme de la « découverte manquée »](#)

La physique domestiquée

- [T ou ? Tu fe koi 2m'1 ?](#)
 - * [De nouvelles formes d'inégalité](#)
- [Le réseau, ça crée des liens](#)
- [Habitat Intelligent pour la Santé : favoriser le maintien à domicile](#)
- [Ambiances, ambiance... dans nos villes](#)
- [Lutter contre les bruits des transports](#)
 - * [Contre le bruit : l'anti-bruit](#)
- [La 3D au service du patrimoine](#)

- * Une « sauvegarde numérique » tous azimuts

La physique au fourneau

- Les fondements de la gastronomie moléculaire
 - * GEHS, quatre lettres pour des milliers de recettes
 - * Une petite histoire de cuisine
- La physique du Chef
- Du goût pour la physique à la physique du goût
 - * Crème sur écoute

Physique « fictions »

- Jules Verne, un romancier de la modernité
 - * Le récit « vernien » : science fiction ou fiction scientifique ?

À découvrir

- 2005, année mondiale de la physique
- Photothèque du CNRS
- Vidéotheque du CNRS
- CNRS ÉDITIONS
- Des livres pour les jeunes
- Les Petits Débrouillards
- La main à la pâte

Machines à voir, machines à guérir

Sciences physiques et lutte contre le cancer

L'alliance des sciences de l'atome et de la santé est ancienne. Dès la fin du 19^e siècle, les physiciens multiplient les rayonnements et contribuent à l'amélioration des diagnostics médicaux. Le point de vue de l'historien Jean-Paul Gaudillière, chercheur INSERM au Centre de recherche médecine, sciences, santé et société (CERMES).

1945, les Alliés fêtent leur victoire contre l'Allemagne et le Japon. Les images des explosions atomiques d'Hiroshima et Nagasaki sont dans toute la presse. L'invention de la bombe atomique est le symbole de la contribution des physiciens à la guerre. Elle marque l'entrée dans un monde qui sera celui de la guerre froide, où physiciens, militaires et industriels collaborent étroitement. Soucieux de fournir une image plus pacifique des usages de l'atome, nombre de chercheurs mettent en avant l'apport possible de la physique nucléaire à la guérison des maladies. Le magazine américain *Collier* publie l'image d'un champignon atomique sur lequel se détachent une chaise roulante et un jeune homme, debout, que l'exposition au rayonnement vient de sauver de sa paralysie.

Dès la fin du 19^e siècle, la multiplication des appareils et des expériences faisant intervenir les rayons X va de pair avec leur utilisation médicale. L'innovation technique a pour conséquence le développement d'une nouvelle spécialité, la radiologie. Les machines à rayonnement, d'emblée machines à voir, sont aussi des machines à guérir le nouveau fléau des temps modernes, le cancer. On pense, bien sûr, à la découverte du radium (1898). Dans la carrière de Marie Curie, l'introduction de nouveaux concepts, la production industrielle des substances radioactives et la quête de leurs applications médicales sont difficilement séparables. Ces collaborations conduiront à l'invention de la « bombe à radium », première forme de technologie médicale lourde destinée à atteindre les tumeurs profondes et pièce maîtresse des centres anti-cancéreux.

Ces liens entre *big physics* et *big medicine* dominent la seconde moitié du 20^e siècle. Frédéric Joliot comme son homologue américain Ernest Lawrence font de la radiothérapie une dimension importante de l'usage des cyclotrons. Comme pour les rayons X, augmenter la taille des machines et leur puissance se justifie par la promesse de guérison du cancer. Quoique non négligeables, les résultats ne seront pas à la hauteur des espérances. Les « Trente Glorieuses » voient l'introduction des chimiothérapies et l'expansion remarquable des essais cliniques. Plus que des agents thérapeutiques, les isotopes sont devenus des « traceurs », à l'origine de nouvelles pratiques d'imagerie. Le phénomène est général. À partir des années soixante-dix, le couplage de la physique de l'atome et de l'informatique multiplie les machines à voir. CT scanner, PET scan, IRM jouent un rôle croissant dans l'identification des tumeurs, leur classification et l'établissement des pronostics.

Ce hiatus entre amélioration des capacités diagnostiques et rareté des miracles thérapeutiques reste un trait marquant de la recherche médicale, que celle-ci fasse appel aux ressources des sciences physiques ou à celles de la génétique moléculaire.

À LIRE

- P. Pinell, *Naissance d'un fléau. Histoire de la lutte contre le cancer en France*. A. M. Métailié, 1992.
- Jean-Paul Gaudillière, *Inventer la biomédecine. La France, l'Amérique et la production des savoirs du vivant*. La Découverte, 2002.
- B. Kevles, *Naked to the Bone. Medical Imaging in the 20th Century*. Rutgers University Press, 1997.

CONTACT

Jean-Paul Gaudillière
Centre de recherche médecine, sciences, santé et société (CERMES)
CNRS-INSERM-EHESS-Université Paris 11
Mél : gaudilli@vjf.cnrs.fr

Une machine à retourner le temps pour traquer les tumeurs

Mathias Fink et son équipe du Laboratoire « Ondes et acoustique » (LOA) de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris, ont mis au point au début des années 1990 le « miroir à retournement temporel des ondes acoustiques ». Cette technique trouve de plus en plus d'applications dans des domaines les plus variés et attire de nombreux industriels.

Le retournement temporel n'est possible que dans la mesure où l'évolution des ondes est un processus réversible. Le principe en est simple. Le miroir à retournement temporel permet aux ondes de revivre leur vie passée. Après avoir rencontré un miroir à retournement temporel, une onde est réfléchie d'une manière très particulière. Elle retrace pas à pas, en marche arrière, toutes les étapes de son parcours initial. Lorsqu'une personne prononce le mot « hello », l'onde acoustique réfléchie par ce miroir renverra le son « olleh » uniquement à cette personne.



Miroir à retournement temporel du Laboratoire «Ondes et acoustique».
© Laboratoire «Ondes et acoustique».

Le miroir est composé de réseaux de transducteurs piézoélectriques reliés à un appareillage électronique et informatique approprié. Chaque transducteur piézoélectrique joue tour à tour le rôle de microphone ou de haut-parleur. Dans une première phase, tous les transducteurs fonctionnent comme des microphones en captant les ondes acoustiques émises par une source et en les traduisant en signaux électriques. Dans une deuxième phase, ils fonctionnent comme des haut-parleurs en transformant ces signaux électriques en son. Ils réémettent alors ces signaux acoustiques vers la source dans une séquence inverse de celle qu'ils avaient captée.

Une des premières applications a été un lithotripteur capable de détruire les calculs rénaux ; l'écho du calcul rénal est retourné temporellement et amplifié pour détruire le calcul. Aujourd'hui, les investigations dans le domaine médical s'intéressent à la thérapie du cerveau. Un miroir à retournement temporel formé de 300 transducteurs a été testé sur une vingtaine de brebis et a montré qu'il était

possible de nécroser les tissus du cerveau à distance, à travers le crâne, avec une précision millimétrique.

Dans la rubrique « Pour en savoir plus », Mathias Fink explique en deux séquences vidéo le fonctionnement du miroir à retournement temporel des ondes d'une part, et une technique d'imagerie ultra-rapide mise au point par le Laboratoire « Ondes et acoustique » d'autre part.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Des ondes sonores pour guérir](#)

[Imagerie d'élasticité du corps humain](#)

CONTACT

Mathias Fink
Laboratoire «Ondes et acoustique»
CNRS-Université Paris 7-ESPCI
Tél. : +33 (0)1 45 87 01 88
Mél : mathias.fink@espci.fr

[Consulter le site web](#)
Laboratoire «Ondes et acoustique»

[Accueil](#) > [Physique et santé](#) > [Une machine à retourner le temps pour traquer les tumeurs](#)

Des ondes sonores pour guérir

Les nouvelles techniques d'imagerie médicale présagent de spectaculaires avancées thérapeutiques. Les ultrasons excellent dans le diagnostic des tumeurs et bientôt, dans leur traitement...

Le corps en transparence (Image & Science 2003)
de Jean-Pierre Mirouze (France, 2003, 26 min.)
Coproducteur Flight Movie, CNRS Images/media
Interview de Mathias Fink. Extrait.



Conseillers scientifiques : Mathias Fink, UMR7587 Laboratoire « Ondes et acoustique » (LOA) , Angel Osorio Sainz, UPR3251 Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI), Serge Charpak, FRE2500 Neurophysiologie et nouvelles microscopies.

Où se procurer le film ?
Tél. : +33 (0)1 45 07 59 69
Mél : videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr

<http://videotheque.cnrs.fr>

La lecture vidéo nécessite Real Player que vous pouvez [télécharger](#)

[Accueil](#) > [Physique et santé](#) > [Une machine à retourner le temps pour traquer les tumeurs](#)

Imagerie d'élasticité du corps humain

Les nouvelles techniques d'imagerie médicale présagent de spectaculaires avancées thérapeutiques. L'imagerie 3D se met au service d'opérations chirurgicales minutieuses...

Le corps en transparence (Image & Science 2003)
de Jean-Pierre Mirouze (France, 2003, 26 min.)
Coproducteur Flight Movie, CNRS Images/media
Interview de Mathias Fink. Extrait.



Conseillers scientifiques : Mathias Fink, UMR7587 Laboratoire « Ondes et acoustique » (LOA) , Angel Osorio Sainz, UPR3251 Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI), Serge Charpak, FRE2500 Neurophysiologie et nouvelles microscopies.

Où se procurer le film ?
Tél. : +33 (0)1 45 07 59 69
Mél : videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr

<http://videotheque.cnrs.fr>

La lecture vidéo nécessite Real Player que vous pouvez [télécharger](#)

Etoile et Asclepios en lutte contre le cancer

Complémentaire à la radiothérapie, l'hadronthérapie par ions légers permet de traiter certains cancers échappant aux procédés traditionnels. Au côté des médecins, les physiciens jouent un rôle essentiel dans le développement de ce procédé en grande partie novateur. Éric Surraud, directeur adjoint scientifique à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) précise l'action du CNRS dans ce domaine.

En quoi consiste « l'hadronthérapie par ions légers » ?

Éric Surraud. C'est une technique de traitement du cancer consistant à tuer les cellules cancéreuses en les bombardant avec des faisceaux de protons ou d'ions carbone. Comme dans la radiothérapie conventionnelle qui fait appel à des photons, il s'agit d'utiliser une particule pour déposer de l'énergie au niveau de la tumeur et la « griller ». L'avantage des ions, c'est qu'ils permettent de déposer plus d'énergie, et de manière plus localisée. Cette précision peut être vitale dans certains cas afin d'éviter d'endommager des tissus sains sensibles environnant la tumeur. L'exemple type est celui des cancers dans la boîte crânienne. Un autre est celui des enfants. On a, en effet, remarqué chez cette classe de population, des cas de cancers « radio-induits » : c'est-à-dire le développement, après dix ou quinze ans, de tumeurs à proximité d'une zone déjà traitée. On l'explique non pas par une réapparition de la tumeur originale mais par le traitement qui a endommagé les cellules saines situées à proximité. En conclusion, « l'hadronthérapie par ions légers » est indiquée pour traiter certaines tumeurs dites « radio-résistantes » ou situées dans des zones difficiles ainsi que les cancers des enfants.

Où la pratique-t-on ?

É. S. Le procédé par protons est une technique bien éprouvée. Il existe de nombreux centres à travers le monde. En France, nous en avons deux. L'un à Orsay qui devrait doubler sa capacité d'ici la fin de la décennie. L'autre à Nice, spécialisé dans les tumeurs oculaires. Toutefois, l'utilisation du carbone permettrait de gagner encore en terme de localisation et d'efficacité du dépôt d'énergie. L'IN2P3 et le CEA participent à deux projets dans ce domaine. Le premier, « Etoile », a été lancé il y a plus de trois ans à Lyon. Tandis que le second, baptisé « Asclepios », a démarré plus récemment à Caen. Si leur financement est assuré par les collectivités locales et les ministères concernés, santé et recherche, ils pourraient aboutir à l'ouverture de deux centres d'une capacité de 1000 personnes chacun. Sur le plan technique, la difficulté ne tient pas tant à la construction de la machine qui générera les ions carbone qu'à la mise au point d'une pièce essentielle : le « bras isocentrique » qui devrait permettre de piloter précisément le faisceau d'ions en le déplaçant autour du patient.

Comment l'IN2P3 est-il impliqué dans ces deux programmes ?

É. S. L'IN2P3 du CNRS comme son partenaire à la Direction des sciences de la matière (DSM) du CEA est impliqué dans ces projets, dont la vocation première est thérapeutique, en raison de son savoir-faire dans le domaine des accélérateurs et de l'optimisation des faisceaux. Nous apportons également des compétences dans la partie « imagerie médicale » qui, sans être spécifique à l'hadronthérapie, constituera néanmoins une part importante de la recherche menée autour de ces projets.

CONTACT

Éric Surraud
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) du CNRS
Tél. : +33 (0)1 44 96 47 52
Mél : esurraud@admin.in2p3.fr

[Consulter le site web](#)
IN2P3

[Consulter le site web](#)
Etoile : Espace de Traitement Oncologique par Ions Légers dans le cadre Européen

[Consulter le site web](#)
Asclepios : Aide européenne des Soins du CancEr par les Protons et les IonS

Ganglions sentinelles en première ligne

L'équipe de Jean-Louis Guyonnet, chef du projet « ImaBio » à l'Institut de recherches subatomiques (IReS), vient de mettre au point, avec l'aide des Hôpitaux universitaires de Strasbourg, une « sonde per-opératoire » permettant aux chirurgiens de distinguer avec efficacité les « ganglions sentinelles » des autres ganglions au cours d'une opération.

Pratiquée depuis quelques années dans les hôpitaux, la technique dite du « ganglion sentinelle » permet d'améliorer le diagnostic sur l'évolution du cancer du sein. La méthode consiste à extraire, en même temps que la tumeur, les premiers ganglions de la chaîne qu'atteignent les cellules malignes lors de la propagation de la maladie. Puis à les analyser afin d'y repérer la présence d'éventuelles métastases, alors que la patiente est toujours sous anesthésie. En cas de non-contamination, le médecin peut ainsi cesser l'opération sans toucher aux autres ganglions. Un avantage considérable pour la patiente car le curage ou retrait de l'ensemble de ces organes a souvent des conséquences traumatisantes !

Le procédé proposé par les chercheurs de l'IRES consiste à injecter au niveau de la tumeur ou de l'aréole, la veille de l'intervention, un isotope radioactif du technétium 99m marquant une molécule colloïde. Comme celle-ci a la propriété de suivre le même trajet que les cellules malignes, les scientifiques savent qu'elle doit logiquement venir, à terme, se concentrer dans les premiers ganglions : les « ganglions sentinelles ». La fonction de la « sonde per-opératoire » des chercheurs de l'IReS est ainsi de localiser ces organes en détectant le rayonnement « gamma » alors émis par le traceur radioactif.

Comment ? À l'aide d'un cristal de « YAP:Ce » (Yttrium-Aluminium-Perovskite dopé au Cérium) placé à son extrémité. Lorsqu'un photon « gamma » provenant du technétium interagit avec ce matériau scintillant, celui-ci émet, en effet, de la lumière bleue laquelle est ensuite convertie en impulsions électriques. Si la « sonde » pointe sur une zone riche en technétium, l'instrument émet alors un son grâce à un « buzzer ». Un signal sonore d'autant plus saccadé que la concentration en cet isotope est élevée. Mais, aussi un moyen de repérage pratique des « ganglions sentinelles » qui pourrait à l'avenir, être complété par l'utilisation préalable et per-opératoire d'une mini caméra « gamma » actuellement en développement à l'IReS.

CONTACT

Jean-Louis Guyonnet
Institut de recherches subatomiques (IRES)
CNRS-Université Strasbourg 1
Tél. : +33 (0)3 88 10 63 81
Mél : jean-louis.guyonnet@ires.in2p3.fr

[Consulter le site web](#)
IRES

Quand la physique lit dans nos pensées...

Autrefois, l'étude du cerveau ne pouvait s'effectuer que sur l'animal ou sur l'homme souffrant de pathologies graves. L'avènement de l'imagerie anatomique et fonctionnelle du cerveau a provoqué une véritable révolution : l'étude de l'activité cérébrale et mentale est ainsi devenue possible chez l'homme sain. Bernard Mazoyer, directeur du Groupe d'imagerie neuro-fonctionnelle revient sur la cartographie du cerveau et de la pensée.

Le cerveau, une « *terra incognita* » ?

Le cerveau humain contient de 10 à 100 milliards de neurones reliés par environ 10^{15} connexions (synapses), l'ensemble formant un réseau de traitement de l'information d'une complexité inouïe permettant l'élaboration des perceptions, des pensées, des émotions, de l'intelligence, du langage et la créativité de l'individu. Une fonction cognitive est une séquence temporelle d'activités neuronales, électriques et neurochimiques, distribuées au sein de ce réseau, et engendrant des variations locales à la fois du champ électromagnétique, du métabolisme énergétique et du débit sanguin cérébral.

De la dissection à l'imagerie numérique

Les progrès en physique et en traitement de l'information ont conduit à la mise au point d'un ensemble de techniques d'imagerie cérébrale qui permet une étude non traumatique des fonctions cognitives chez l'homme. Les méthodes de neuro-imagerie cognitive peuvent être classées en deux catégories : les méthodes *électromagnétiques* (électro- et magnéto- encéphalographie, MEEG), reflet direct des activités électriques au niveau des synapses ; les méthodes *hémodynamiques* et *métaboliques* qui mesurent les corrélats vasculaires et métaboliques des activités synaptiques (tomographie d'émissions de positons et imagerie par résonance magnétique fonctionnelle). Le couplage de ces techniques et l'analyse de l'ensemble des données qu'elles fournissent permettent l'obtention de véritables cartes cérébrales spatio-temporelles des activités mentales.

Imagerie cérébrale et fonctions cognitives

Les méthodes de neuro-imagerie ont déjà fourni de nombreux résultats concernant des bases neurales des fonctions cognitives chez l'homme sain (langage, raisonnement, mémoire apprentissage, émotion). Elles permettent également une approche innovante pour l'étude des mécanismes du vieillissement cérébral, des dysfonctionnements cognitifs et de leur récupération et offrent une assistance aux neurochirurgiens. Elles constituent, pour les neurobiologistes, les psychologues, les spécialistes d'intelligence artificielle, mais également les philosophes, une rupture épistémologique dans la quête de la nature et de l'organisation de nos pensées.

CONTACT

Bernard Mazoyer
Groupe d'imagerie neuro-fonctionnelle (GIN)
CNRS-Université de Caen-Université Paris 5-CEA
Tél. : +33 (0)2 31 47 02 71
Mél : mazoyer@cyceron.fr

[Consulter le site web](#)
GIN

Respiration aimantée

L'Unité de recherche en résonance magnétique médicale (U2R2M) utilise l'IRM pour observer le fonctionnement des poumons. Jusqu'à récemment, cette technique n'en révélait que l'anatomie, ce qui était insuffisant pour en étudier les maladies et en évaluer les traitements.

Le noyau des atomes d'hydrogène – contenus notamment dans l'eau, le sang ou le liquide céphalo-rachidien – est aimanté. « *Pas assez pour attirer des trombones, mais suffisamment pour être mesuré en imagerie par résonance magnétique (IRM) et donner une représentation des organes* », précise Jacques Bittoun, directeur de l'Unité de recherche en résonance magnétique médicale. « *Seulement l'observation de cet atome ne permet pas d'étudier la ventilation des poumons* ». Si l'appareil permet de voir la circulation du sang dans les tissus, il n'affiche pas celle de l'air dans les bronches et bronchioles. « *Comme tous les gaz, celui-ci contient environ 20 000 fois moins d'atomes d'hydrogène par unité de volume que l'eau. L'aimantation des noyaux d'hydrogène y est trop diluée pour être enregistrée* », explique le médecin. Il est néanmoins possible de visualiser le fonctionnement des poumons : en changeant de cible. On ne cherche alors plus à observer l'hydrogène, mais l'hélium-3.

Ce gaz peut être inhalé sans danger. Et, si on accroît son aimantation naturelle en le traitant avec un laser, par pompage optique, il devient visible à l'IRM. Sur l'écran, les médecins peuvent voir la distribution du gaz dans les poumons, et repérer les endroits où l'air n'arrive plus. Une information utile dans l'étude de certaines maladies, comme l'asthme, et dans l'évaluation de nouveaux traitements. « *C'est plus un outil de recherches qu'un instrument diagnostique* », avoue toutefois Jacques Bittoun. Mais des travaux sont en cours pour coupler la méthode à l'injection d'un produit de contraste sanguin. Si l'IRM pouvait montrer simultanément la distribution des gaz et l'irrigation des poumons, elle pourrait remplacer la scintigraphie dans le diagnostic de l'embolie pulmonaire. Elle est plus rapide et ses images ont une meilleure résolution.

CONTACT

Jacques Bittoun
Unité de recherche en résonance magnétique médicale (U2R2M)
CNRS-Université Paris 11
Tél. : +33 (0)1 45 21 27 53
Mél : jacques.bittoun@cierm.u-psud.fr

[Consulter le site web](#)
U2R2M

Un plasma à l'assaut des microbes

La stérilisation du matériel médical pose parfois problème, soit parce que les traitements se font à haute température, soit parce qu'ils sont toxiques. Le Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (LPGP) étudie un procédé alternatif : la stérilisation par plasma.

La stérilisation du matériel médical s'effectue le plus souvent en autoclave. Un procédé à chaleur humide qui s'apparente à une cocotte-minute : on traite les instruments en les « cuisant » à 134°C pendant une heure et demie. Mais la technique ne convient pas aux objets en plastique, thermosensibles – aux endoscopes et aux appareils de dialyse notamment. Ces derniers sont traités avec des produits chimiques. Et cela pose des problèmes de toxicité. Il y a donc urgence à développer de nouveaux procédés de décontamination. C'est ce que font les physiciens du Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (LPGP), à la faculté des sciences d'Orsay.

Ils étudient la stérilisation par plasma, une technique qui s'appuie sur la décharge électrique dans un gaz : en électrocutant un gaz, on en arrache des électrons. Il devient alors plasma. Ses molécules sont excitées. Et, « *si on utilise un gaz comme l'azote, certains des atomes activés le restent pendant près d'une seconde. Avec l'énergie chimique qui leur est ainsi conférée, ils ont le pouvoir de détruire les microbes sur leur passage* », explique Anne-Marie Pointu, professeure au LPGP. « *Pour nettoyer un tube médical par exemple, nous injectons à l'entrée du tuyau l'azote sorti de la décharge. Il s'y écoule très vite. Et, le temps que ses atomes se désactivent, il peut parcourir et désinfecter le tube sur plus de 10 mètres !* ». Le procédé est encore en phase de recherches. Avec le regard complémentaire de physico-chimistes et de biologistes, il pourrait offrir une alternative efficace, peu coûteuse, réalisable à température ambiante et non toxique aux techniques de stérilisation actuelles. C'est pourquoi les milieux hospitaliers et pharmaceutiques sont associés à cette étude. Des développements sont aussi envisageables dans l'agroalimentaire.

CONTACT

Anne-Marie Pointu
Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (LPGP)
CNRS-Université Paris 11
Tél. : +33 (0)1 69 15 79 13
Mél : Anne-Marie.Pointu@pgp.u-psud.fr

[Consulter le site web](#)
LPGP

Chirurgiens assistés par ordinateur

L'Équipe « Gestes médicaux-chirurgicaux assistés par ordinateur » (GMCAO), à l'Institut d'informatique et de mathématiques appliquées de Grenoble, travaille à la frontière de l'informatique, de l'imagerie médicale et de la robotique. Objectif : apporter aide et précision aux chirurgiens.

Des robots totalement autonomes perforant la boîte crânienne d'un patient pour lui enlever une tumeur au cerveau... « *C'est de la science-fiction* », nous arrête Jocelyne Troccaz, chef de l'Équipe GMCAO au CNRS. « *Le chirurgien a des compétences précieuses, difficiles à entrer dans un ordinateur. Les machines n'ont pas vocation à le remplacer. En revanche, elles peuvent l'aider à planifier une intervention, voire à simuler des actes avant de les réaliser. C'est ce type d'appareils que nous mettons au point* ».

Avant, le médecin devait fusionner mentalement les résultats des différentes techniques d'imagerie. Il repérait lui-même quelle région du scanner correspondait à telle ou telle zone de la radio ou de l'IRM. Aujourd'hui, toutes ces données peuvent être intégrées sur un même écran et, en se superposant, donner une vision synthétique du corps du patient. En plus, le chirurgien peut connaître la position exacte des instruments qu'il y introduit. Des balises – lumineuses, magnétiques ou à ultrasons – sont accrochées sur leur manche. Et, grâce à une caméra ou un micro, l'ordinateur peut suivre ces objets. Jocelyne Troccaz compare ce dispositif à une station GPS. Mais, « *au lieu de voir sa voiture se déplacer dans le plan d'une ville, le chirurgien a une représentation d'organes qu'il ne voit pas forcément directement, dans laquelle il peut suivre les instruments qu'il manipule* ». Une aide précieuse s'il veut opérer sans ouvrir de larges cicatrices.

Les GMCAO se généralisent en neurochirurgie et en chirurgie orthopédique. Le défi, maintenant, est de les appliquer aux organes mous, comme le cœur, le foie ou les reins. Aucune boîte osseuse ne les empêche de se déformer et de se déplacer pendant l'opération, ce qui rend vite caduques les radios et les scanners dont le médecin dispose en début d'intervention. Pour suivre leur état en direct, il faudra d'abord optimiser les techniques d'imagerie en temps réel, encore trop lentes.

CONTACT

Jocelyne Troccaz
Unité « Techniques en imagerie, modélisation et cognition » (TIMC)
Équipe « Gestes médicaux-chirurgicaux assistés par ordinateur » (GMCAO)
CNRS-Université Grenoble 1
Tél. : +33 (0)4 56 52 00 06
Mél : Jocelyne.Troccaz@imag.fr

[Consulter le site web](#)
Laboratoire TIMC

[Consulter le site web](#)
GMCAO

L'imagerie médicale illustrée

À l'abri de l'ancienne Halle aux cuirs, la cellule des collections muséologiques de la Cité des sciences et de l'industrie a été créée pour sauvegarder un patrimoine technique et industriel et effectuer un tri parmi les offres faites par les industriels, les scientifiques, les particuliers, privilégiant l'orientation des donateurs vers des musées régionaux ou spécialisés.

Le Centre de ressources muséologiques, pédagogiques et documentaires, classe, répertorie les objets scientifiques et techniques les plus divers qui, pour la médecine, vont du stéthoscope au morphomètre 3D, en passant par le scintigraphe, le scanographe et le spectromètre RMN. Véritable mémoire au service de l'évocation de la genèse des grandes mutations et avancées scientifiques et technologiques, le centre enrichit le contenu des expositions en expliquant l'objet, son évolution, en le replaçant dans son environnement techno-scientifique, économique et socio-culturel. Aux partenaires intéressés, il propose différents types de partenariats, allant du prêt au dépôt en passant par des collaborations pour des projets pédagogiques.

Ci-dessous, une mosaïque d'appareils de radiologie conservés par les collections muséologiques.



© CSI – Collections muséologiques.

CONTACT

Alain Roux
Cité des sciences et de l'industrie
Collections muséologiques
Tél. : +33 (0)1 40 05 75 83
Mél : a.roux@cite-sciences.fr

Matériaux cimentaires : des nanomatériaux qui s'ignorent

Est-il raisonnable de penser que l'avenir des matériaux de construction - les matériaux les plus couramment utilisés et ceux qui nous sont probablement les plus familiers, tellement familiers qu'ils font partie du paysage - passe par les nanotechnologies ? Henri Van Damme, chercheur au Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés, montre que les nanomatériaux peuvent avoir des utilisations insoupçonnées...

La construction et le génie civil sont des mondes qui, certes, peuvent nous émerveiller par leur audace et leur esthétique. Mais ce sont aussi des mondes dont les échelles, de masse ou de taille, sont supérieures à tout ce que l'homme peut réaliser par ailleurs. Et ce sont aussi des mondes éminemment rustiques, parce que la tolérance aux conditions extrêmes et aux écarts (modérés) de formulation ou de protocole sont des qualités indispensables sur les chantiers. Dans ces conditions, est-il raisonnable de penser que l'ingénierie moléculaire, les nanotechnologies et même l'inspiration venue du monde vivant - toutes choses que l'on voit bien à leur place en galénique, en génie génétique ou en microélectronique - ont leur place en génie civil ? Les avancées récentes réalisées tant en laboratoire que sur chantier montrent que la réponse est positive. Démonstration dans la rubrique « Pour en savoir plus »...

1/ Science de l'administration des médicaments. La galénique moderne conçoit des nanocapsules capables de délivrer le principe actif au rythme idéal et en un endroit bien ciblé.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Des matériaux soucieux de leur apparence](#)

[Auto-assemblages très résistants](#)

CONTACT

Henri Van Damme
Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés
CNRS-Université Paris 6-École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI)
Tél. : +33 (0)1 40 79 44 19
Mél : Henri.Vandamme@espci.fr

[Consulter le site web](#)

Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés

Des matériaux soucieux de leur apparence

La résistance mécanique n'est pas la seule propriété des matériaux cimentaires qui mérite que l'on s'y intéresse. Leur apparence est leur point faible le plus notoire. L'usage de ciment blanc, dépourvu d'oxydes de fer, réconcilie généralement le citoyen avec le matériau (comme au Trocadéro ou à la gare TGV de Lyon St Exupéry), mais cette réconciliation peut être de courte durée si l'édifice est exposé aux intempéries et à la pollution.

Pourquoi ne pas s'inspirer alors de la photosynthèse et utiliser l'énergie de la lumière solaire, non pas pour synthétiser des hydrates de carbone comme les plantes vertes, mais pour décomposer les salissures déposées ? Le processus repose sur la physique et la chimie des excitons dans les semi-conducteurs. Explorée il y a plus de 30 ans dans un laboratoire lyonnais dans un contexte fondamental, l'idée a été reprise récemment pour la protection des surfaces, de verre, de faïence, de mortier ou de béton. Le semi-conducteur n'est pas du silicium, dont les excitons ne sont pas assez énergétiques, mais de l'oxyde de titane, un pigment blanc très courant. Qui plus est, non content de décomposer les salissures déposées, le matériau, sous forme de nanoparticules incorporées au mortier, décompose aussi les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et l'ozone de l'air pollué de nos villes. Alors, des vitrages, des façades et de l'air propres grâce à une pincée de nanotechnologie dans les matériaux les plus rustiques et les plus familiers qui soient ? C'est déjà une réalité qui montre que les nanotechnologies peuvent apparaître là où on ne les attend pas...

1/ C'est l'excitation élémentaire d'un semiconducteur qui génère une paire électron-trou par absorption d'un photon. L'absorption du photon propulse l'électron de son niveau d'énergie initial vers un niveau plus élevé. Le « trou » n'est autre que la place laissée vacante sur le niveau initial.

CONTACT

Henri Van Damme
Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés
CNRS-Université Paris 6-École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI)
Tél. : +33 (0)1 40 79 44 19
Mél : Henri.Vandamme@espci.fr

Auto-assemblages très résistants

Pourquoi le mélange d'une poudre de ciment à de l'eau conduit-il à une masse cohésive, même sous l'eau, alors que le mélange d'eau et d'argile ne forme qu'une boue ? Personne ne se pose la question, tellement l'observation est banale. Et pourtant, c'est probablement dans la compréhension de ce phénomène que réside le gisement le plus important de progrès dans les propriétés mécaniques des matériaux de construction.

La prise du ciment n'est pas, comme on le croit souvent, un processus de séchage. C'est même tout le contraire. Le ciment « prend » parce qu'il réagit chimiquement avec l'eau et forme, après dissolution, de nouveaux cristallites de taille nanométrique ayant incorporé l'eau dans leur structure. Pourquoi ces cristallites génèrent-ils, en s'empilant, une telle force de cohésion, alors que les empilements contiennent encore de notables quantités d'eau (11% environ) ?

Grâce à un contrat de programme réunissant l'industrie cimentaire française et plusieurs laboratoires du CNRS, la question a pu être abordée en mettant en œuvre les techniques les plus précises de croissance cristalline, de mesure de forces à l'échelle atomique et de modélisation moléculaire. Le résultat, surprenant, est que les forces qui sont responsables de la prise du ciment ne sont probablement pas très différentes de celles qui agissent lors du repliement de l'ADN pour former les chromosomes lors de la division cellulaire. Elles sont essentiellement liées à des fluctuations électrostatiques, qui dépendent de l'état de surface des cristallites et du mouvement des ions dans l'eau résiduelle. Leur compréhension ouvre de nouvelles pistes et fournit de nouveaux leviers à l'industrie.

1/ Tout petit assemblage ordonné, de quelques nanomètres.

CONTACT

Henri Van Damme

Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés

CNRS-Université Paris 6-École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI)

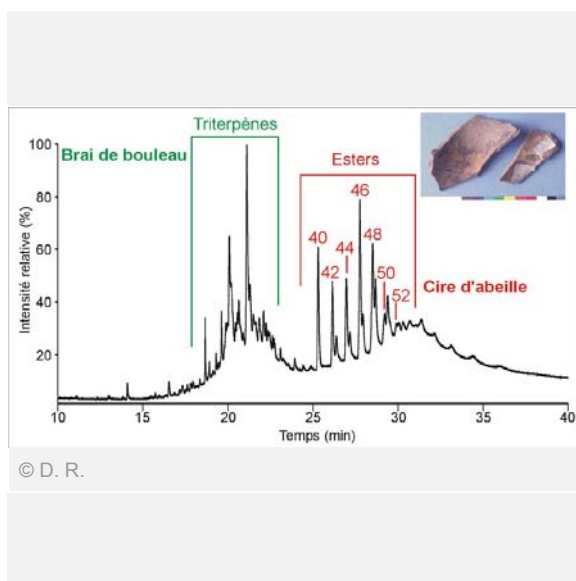
Tél. : +33 (0)1 40 79 44 19

Mél : Henri.Vandamme@espci.fr

La colle dans tous ses états

Historique des matières adhésives

L'homme de Néandertal avait déjà inventé la colle ! Il fabriquait des adhésifs à base de brai de bouleau¹, matériau qui a continué à être exploité jusqu'à nos jours ! C'est ce que révèle l'analyse physico-chimique de résidus d'agréats conservés sur des sites archéologiques. L'analyse des résultats de chromatographie et de spectrométrie de masse effectuées par Martine Regert (Laboratoire du Centre de recherche et de restauration des musées de France) et les travaux de Michel Barquins (Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes) permettent de retracer la vie des adhésifs au cours des siècles.



Depuis les découvertes de notre ancêtre éloigné, les substances naturelles utilisées dans la production des colles se sont diversifiées, en particulier à partir des âges des métaux, grâce à une meilleure maîtrise des arts du feu. On utilise alors les résines de conifère (Europe) et de pistachier (pourtour méditerranéen). Au Néolithique, la cire d'abeilles recouvre l'intérieur des céramiques pour les rendre imperméables aux liquides ; puis elle est utilisée, mélangée au bitume, à la poix et à de la résine de pistachier, pour calfater les bateaux phéniciens et assyriens et, dès la plus Haute Antiquité, pour réaliser des sceaux qui fermaient symboliquement les plis et portaient la marque du poinçon indiquant l'identité de l'expéditeur.

Quant au bitume, dont la plus ancienne utilisation connue remonte à plus de 35 000 ans, au Paléolithique moyen en Syrie, il a été largement exploité dans le monde méditerranéen. C'est lui qui, depuis 3 350 ans, maintient en place les barrettes de lapis-lazuli et autres pierres précieuses sur le masque de Toutankhamon. Les résines de conifères et la gomme arabique ont servi à maintenir les pigments colorés des sarcophages, pigments qui ornent aussi les papyrus. Pour les manuscrits sur

parchemin, puis sur papier, du Moyen Âge et du début de la Renaissance, les pigments sont liés entre eux à l'aide de blanc et de jaune d'œuf et de miel. Le latex (et sa forme coagulée, le caoutchouc), à la base de nombreuses colles modernes, était déjà utilisé, il y a 3 000 ans par les Olmèques, pour imperméabiliser les toiles tissées.

Deux découvertes marquent un tournant : l'Écossais Charles Macintosh trouve en 1823 le solvant idéal du caoutchouc, le naphta ; l'Américain Charles Goodyear découvre en 1840 la vulcanisation par le soufre. Enfin, la seconde moitié du XVIII^e siècle voit l'extraction de nouvelles matières naturelles et la synthèse de produits innovants ([voir l'encadré](#)).

Aujourd'hui, les colles naturelles plus ou moins transformées sont toujours utilisées, notamment dans les pays nordiques. Ailleurs, elles sont combinées ou remplacées par des adhésifs synthétiques. Par le jeu des mélanges et des additifs des milliers de formulations naissent chaque jour. La colle a encore un bel avenir devant elle...

1/ Obtenue par chauffage d'écorce de bouleau. Le brai de bouleau a été utilisé en Europe pendant tout le Néolithique.

2/ Sorte d'huile de houille qui a permis l'extension majeure de l'industrie du caoutchouc.

3/ En Finlande, la technique de fabrication du brai de bouleau se transmet de génération en génération lors de fêtes traditionnelles.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Joindre les deux bouts](#)

[Des adhésifs qui font « pop » !](#)

À LIRE

- *Identification of Archaeological Adhesives Using Direct Inlet Electron Ionization Mass Spectrometry*. Analytical Chemistry 74: 965-975. Regert M., Rolando C., 2002.
- *Investigating the history of prehistoric glues through gas chromatography - mass spectrometry*. Journal of Separation Science. 27:244-254. Regert, M., 2004.

CONTACT

Martine Regert
Laboratoire du Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF)
CNRS–Ministère de la culture et de la communication
Tél. : +33 (0)1 40 20 68 57
Mél : martine.regert@culture.fr

[Consulter le site web](#)
C2RMF

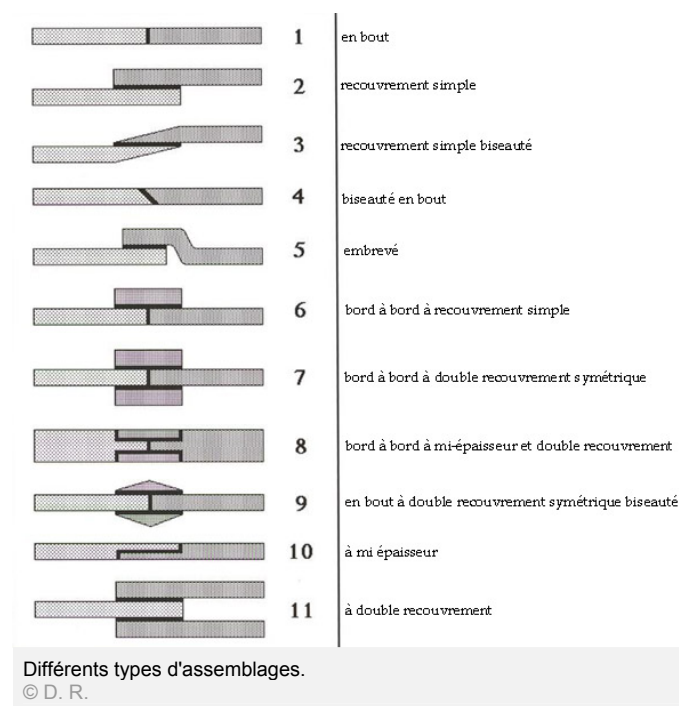
Michel Barquins
Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes (PMMH)
CNRS-ESPCI
Tél. : +33 (0)1 40 79 47 17
Mél : michel.barquins@espci.fr

[Consulter le site web](#)
Le collage : un moyen ancestral, moderne et durable

Joindre les deux bouts

Techniques d'assemblage

Le collage est l'une des premières techniques d'assemblage utilisée par l'homme, en parallèle avec le coincement d'un outil ou d'une arme, et d'une éventuelle ligature sur un manche en bois, en os ou en corne, les liens étant en général des tendons de cervidés. Michel Barquins, chercheur au Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes (PMMH), décrit différentes techniques dont certaines sont connues depuis la préhistoire.



L'assemblage statique par juxtaposition : concerne principalement la construction. Si pour les murs de pierres de taille assemblées à sec, l'assemblage est relativement banal, il n'en est plus de même pour la voûte, d'origine grecque, considérablement développée par les Romains, ni pour la coupole dont l'invention est romaine. Entrent également dans cette catégorie, les arcs d'ogives et les contreforts de la construction médiévale.

L'assemblage par blocage géométrique : par emboîtements exacts de pièces de matériaux divers (pierres de taille, bois, fer) par l'association d'une excroissance et d'une cavité utilisés dès l'Antiquité classique (assemblages de colonnes, de balustrades, de conduits en poterie ou en fonte). Cette technique nécessite l'aide éventuelle d'une pièce auxiliaire, double queue d'aronde pour les pierres de taille, cheville pour tenon et mortaise, essentiellement dans le bois, ou encore clavette pour le métal, ce qui suppose la maîtrise du perçage et du forage, techniques qui remontent au Néolithique.

L'assemblage à force : utilisation du clou dès l'âge du fer puis très développé par les Romains pour l'assemblage de pièces de bois. La vis à bois date du Moyen Âge, la vis à fer apparaît au XVIII^e siècle, l'assemblage nécessitant en effet la réalisation délicate de deux filetages de pas et de diamètre constants s'ajustant exactement. Il en est de même du système vis-écrou, dont l'ébauche remonte à l'Antiquité romaine. Le rivetage, réalisé dès l'âge des métaux, n'est devenu systématique, étant alors mécanisé, qu'au XVIII^e siècle pour les assemblages de plaques de fer.

L'assemblage de fils : consiste soit en l'entrecroisement de plusieurs fils, pour réaliser un tissage par exemple, dont la technique remonte au Néolithique, soit au maillage d'un seul fil, comme dans le tricot, lequel n'apparaît qu'à partir du Moyen Âge. Ces deux types d'assemblages ont connu une mécanisation progressive qui a atteint un très haut degré de technicité.

À LIRE

- *Le collage, quelle histoire !* Revue du palais de la Découverte, 211, 51-57, 1993. Michel Barquins.
- *Adhésion et collage.* Découverte, 271, 31-46, 1999. Michel Barquins et Kamil Fadel.
- *Le collage : le moyen intelligent d'assembler.* Fusion 84, 26-36, 2001. Michel Barquins.

CONTACT

Michel Barquins
Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes (PMMH)

CNRS-ESPCI
Tél. : +33 (0)1 40 79 47 17
Mél : michel.barquins@espci.fr

[Consulter le site web](#)
PMMH

Des adhésifs qui font « pop » !

Techniques de mesure

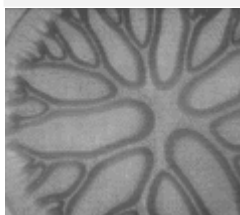
Une fourmi qui tâte une nouvelle surface avant de s'y engager, un enfant qui joue avec une goutte de miel sur la table du petit déjeuner, le Capitaine Haddock qui n'arrive pas à se dépêtrer de son sparadrap¹... Tel Monsieur Jourdain, nous faisons tous les jours des tests d'adhésion sans le savoir. Comme le prouve Cyprien Gay, chercheur au Centre de recherche Paul Pascal (CRPP).

Voulez-vous dire qu'un physico-chimiste sommeille en chacun d'entre nous ?

Cyprien Gay. Jugez vous-même : mettez une goutte de shampoing sur une table bien lisse, appliquez-y une plaque rigide et maintenez la pression : la goutte s'étale en un film mince. Évidemment, la plaque glisse assez facilement sur la table. Le shampoing en soi n'est pas un adhésif, mais si vous essayez de soulever la plaque, elle résiste d'abord un peu. Le shampoing pourrait presque être considéré comme étant un adhésif.



Lorsqu'on tire sur un adhésif, de petites cavités se développent. Les liquides ne sont pas en reste : ils font même « pop » lorsque l'air perce le mur de la cavité et la remplit d'un seul coup. Lorsqu'on tire vite, deux bulles font « pop », percées par un doigt d'air qui s'est rapproché depuis le bord.
© CNRS-CRPP.



Expérience d'adhésion sur un liquide très visqueux. Croissance de doigts d'air et arborescence résultante du liquide.
© CNRS-CRPP.

Qu'observe-t-on ensuite ?

C. G. Une fois la plaque décollée, vous distinguez sur la table (et sur la plaque) une jolie figure arborescente. Elle a été formée par le shampoing lorsque l'air extérieur est entré pour soulager la force que vous avez exercée en tirant. C'est aussi ce que vous pouvez observer si vous soulevez un carreau de votre salle de bain juste après l'avoir posé. On trouve aussi de jolis dessins dans un vrai film adhésif : lorsque votre ruban adhésif blanchit au décollement ou bien lorsque vous le déroulez, c'est souvent parce qu'il se forme de petites cavités sous l'effet de la pression engendrée par la force de décollement.

Pourquoi les mécanismes d'adhésion intéressent-ils tant chercheurs et industriels ?

C. G. C'est pour mieux comprendre les mécanismes en jeu qu'industriels et chercheurs ont élaboré des techniques pour non seulement mesurer la force tout au long de l'expérience mais aussi visualiser l'adhésif et ses transformations ou pour observer des liquides dans les mêmes conditions afin de pouvoir comparer avec les véritables adhésifs. Avec des matériaux polymères dont une partie est capable d'absorber l'eau et l'autre de résister mécaniquement, ils conçoivent aussi des adhésifs nouveaux, par exemple des pansements qui collent sur une peau humide.



Une expérience d'adhésion - 1- On approche et on comprime. 2- On attend. 3- L'adhésif se déforme fortement lorsqu'on tire à vitesse constante tout en mesurant la force nécessaire. Ce type d'expérience sur les adhésifs a été introduit par Zosel (BASF) vers 1985.
© CNRS-CRPP.

1/ Album de Tintin : « Vol 747 pour Sydney », sorti en 1968.

2/ Un adhésif peut être utilisé comme un film mince : par exemple mince ruban adhésif (1/10^e de millimètre) ou mince couche de colle.

À LIRE

- *Cavitation-induced force transition in confined viscous liquids under traction*. *Europhys. Lett.*, 62(2) 244-250, 2003. Poivet, Nallet, Gay, Fabre.
- *Force response of a viscous liquid in a probe-tack geometry: fingering versus cavitation*. *Eur. Phys. J. E.*, à paraître. Poivet, Nallet, Gay, Teisseire, Fabre.

CONTACT

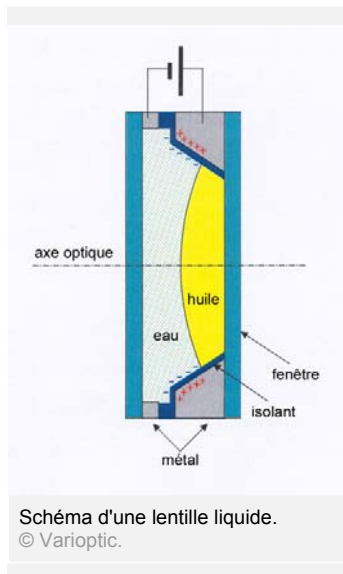
Cyprien Gay
Centre de recherche Paul Pascal (CRPP)
CNRS
Tél. : +33 (0)5 56 84 56 63
Mél : cgay@crpp-bordeaux.cnrs.fr

[Consulter le site web](#)
CRPP

Le numérique passe aux lentilles liquides

Les appareils photos numériques vont pouvoir très bientôt se doter d'un nouveau système de zoom autofocus performant grâce à des lentilles utilisant des fluides. Mises au point et développées par la start up *Varioptic*, ces lentilles sont une véritable révolution dans le monde de la téléphonie mobile qui produit de plus en plus d'appareils munis d'un système photo numérique. Bruno Berge, chercheur à l'Université Joseph Fourier de Grenoble puis à l'École normale supérieure de Lyon et fondateur de la start up *Varioptic*, nous en apprend plus sur ce sujet.

En quoi ce nouveau type de lentilles révolutionne-t-il le système d'autofocus ?



Bruno Berge. Les lentilles utilisées plus classiquement reposent sur des systèmes motorisés. Dans notre cas, c'est l'interface entre deux liquides de même densité qui détermine le réglage autofocus. La lentille a une forme de cône renfermant deux liquides transparents qui ne se mélangent pas : de l'eau et de l'huile. L'eau est conductrice d'électricité, l'huile est un isolant. Les parois de la lentille sont hydrophobes et renferment des électrodes. En l'absence de charge électrique, l'eau « évite » les parois et forme alors un arc de cercle, laissant l'huile occuper l'espace libre. Lorsqu'une charge électrique est délivrée, les parois sont rendues moins hydrophobes. L'eau attirée par les électrodes se colle aux parois, déformant la frontière eau/huile. Ceci permet de changer la réfraction de la lumière incidente et, en fonction du réglage, de réaliser une mise au point jusqu'à ce que l'objet visé apparaisse net.

Quels avantages ce système apporte-t-il en comparaison avec les systèmes motorisés ?

B. B. Tout d'abord, le faible niveau d'énergie nécessaire.

Les téléphones mobiles ont souvent des durées de charge limitées. Avec cette lentille liquide, la mise au point dépense 10 fois moins d'énergie qu'avec une lentille motorisée. Ensuite, le prix moyen de ce système. Une lentille liquide coûte environ 1 à 2 euros par combiné lors de la production de masse, contre environ 20 euros pour les lentilles classiques.

Quelles autres applications cette lentille peut-elle avoir ?

B. B. Il est vrai que nous ciblons principalement les téléphones mobiles équipés d'un appareil photo numérique, car il s'agit d'un marché en pleine expansion avec des millions de pièces vendues. De plus, les téléphones n'étaient pas jusqu'à présent équipés d'un mode autofocus, trop coûteux. Néanmoins, nous visons également d'autres applications qui peuvent être très variées comme l'endoscopie dans le domaine médical, les lentilles correctrices pour des instruments optiques, mais aussi des techniques d'identification d'iris et d'empreintes digitales ou bien des lecteurs de code barre dans le domaine de l'identification biométrique.



Lentilles varioptic.
© Varioptic.

CONTACT

Bruno Berge
Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon
CNRS-ENS Lyon
Tél. : +33 (0)4 37 65 35 31
Mél : Bruno.Berge@varioptic.com

[Consulter le site web](#)
Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon

[Consulter le site web](#)
Varioptic

Effet lotus : quand la nature a horreur de l'eau

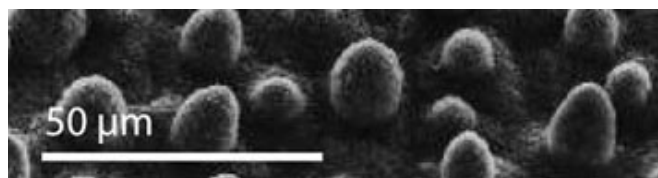
Au Laboratoire de physique des fluides organisés, David Quéré et son équipe se sont inspirés de phénomènes naturels pour fabriquer des matériaux super-hydrophobes aux nombreuses applications potentielles.

Quelques insectes et plus de 200 plantes ont la propriété d'être super-hydrophobes : posées sur eux, les gouttes d'eau restent presque sphériques, comme elles le sont dans une pluie ou un nuage. Cette propriété permet aux plantes de se protéger de l'eau : à cause de leur très faible contact, les gouttes n'adhèrent presque pas aux feuilles et roulent en emportant les poussières présentes sur la surface. Cette propriété est appelée l'effet lotus, du nom de la plante dont le caractère sacré en Inde est lié à l'aspect immaculé de ses feuilles.



Goutte d'eau millimétrique sur un substrat texturé hydrophobe : la goutte garde la forme d'une perle (on dit du matériau qu'il est super-hydrophobe). La texture est un réseau de plots régulièrement organisés à l'échelle du micron, ce qui confère au matériau ses couleurs.
© Mathilde Callies, David Quéré.

Des photographies au microscope électronique permettent de comprendre cet effet : la surface est couverte de micro-textures, à des échelles souvent comprises entre 1 et 10 microns. Par ailleurs, ces surfaces sont des cires : la cire étant hydrophobe, l'eau ne remplit pas les intervalles entre les textures et repose donc principalement sur de l'air – comme elle le fait dans un nuage. On comprend ainsi pourquoi l'ajout des textures peut amplifier nettement l'hydrophobie.



Surface d'une feuille de lotus, vue au microscope électronique.
© Wilhelm Barthlott.

On peut aussi déduire de ce scénario des recettes de surfaces super-hydrophobes artificielles : il suffit que le design installé sur le matériau favorise l'emprisonnement d'air. Des surfaces extrêmement désordonnées ont cette propriété, mais aussi des alignements très réguliers de plots, obtenus par nanolithographie et microgravure. Ces traitements de surface peuvent conférer au matériau d'autres propriétés que la super hydrophobie : ces solides sont irisés, possédant une « couleur structurelle » sans le moindre pigment, à l'instar de certains papillons.



Matériau texturé par un motif en plots (ou en piliers), vu au microscope électronique. La barre indique 10

microns.
© Mathilde Callies et Yong Chen.

Parce qu'ils évacuent l'eau si facilement, les solides super-hydrophobes ont de nombreuses applications potentielles : des tissus très imperméables ou perlants, des bétons hydrofugés, des revêtements de baignoire ou de cuisine. En outre, les propriétés dynamiques de l'eau sur ces solides en renforcent encore le potentiel : la pluie qui les tape y rebondit comme le ferait un petit ballon.

Deux films montrent des impacts à faible et à grande vitesse : dans les deux cas, la goutte se déforme à l'impact (ce qui lui permet de stocker son énergie cinétique comme le fait un ressort qu'on étire) puis se recompose, laissant la surface sèche derrière elle. Ces matériaux méritent bien leur qualificatif de « water repellent » !



Rebond d'une goutte d'eau millimétrique lâchée de quelques **centimètres** de haut, sur une surface super-hydrophobe.

© Denis Richard, Christophe Clanet et David Quéré.



Rebond d'une goutte d'eau millimétrique lâchée de quelques **décimètres** de haut, sur une surface super-hydrophobe.

© Denis Richard, Christophe Clanet et David Quéré.

La lecture vidéo nécessite Real Player que vous pouvez [télécharger](#)

CONTACT

David Quéré
Laboratoire de physique des fluides organisés
CNRS-Collège de France
Tél. : +33 (0)1 44 27 10 79
Mél : david.quere@college-de-france.fr

[Consulter le site web](#)
Laboratoire de physique des fluides organisés

Où l'infiniment petit atteint ses limites...

1965 : la loi de G. E. Moore stipule que le nombre de transistors contenus dans une puce double tous les 18 mois. Pour cela, la dimension de chaque composant diminue au même rythme. Quelle sera la taille d'un transistor en 2020 ? L'équivalent de quelques atomes ? Pour Alain Schuhl, enseignant-chercheur au Laboratoire de physique des matériaux, les capacités des transistors au silicium ne sont pas illimitées mais la course à la miniaturisation et à l'augmentation de la capacité de calcul des ordinateurs sera toujours d'actualité.

Les ordinateurs réalisent pour nous des tâches chaque jour plus sophistiquées. C'est essentiellement grâce à la constante miniaturisation de leurs composants élémentaires. La seule occupation de ces briques de base consiste à manipuler une longue chaîne de 1 et de 0, l'alpha et l'oméga du numérique, en suivant strictement les consignes données par le logiciel. Elles sont bien plus petites qu'un micromètre, qui lui est déjà mille fois plus petit que le millimètre. Demain, dans les chaînes de productions, on utilisera des outils permettant de façonner des dispositifs d'une taille de 0,06 micromètre ou 60 nanomètres. En continuant au même rythme, en 2020 il sera possible de compter les atomes contenus dans un transistor. La course commencée il y a bientôt quarante ans devrait s'arrêter là.

Cela serait compter sans l'imagination humaine. Les chercheurs nous proposent déjà des solutions de remplacement. Ils manipulent les idées les plus exotiques afin de prolonger la course aux performances. Certains pensent à remiser le transistor dans les musées, et espèrent pénétrer dans un monde quantique dans lequel les opérations de base se dérouleront simultanément et non, comme aujourd'hui, les unes après les autres. Le gain de temps serait alors considérable. D'autres essaient de s'inspirer du fonctionnement des organismes vivants pour proposer des ordinateurs biologiques. Les idées sont belles, mais nous sommes encore loin du but. Personne ne peut aujourd'hui imaginer à quoi ressembleraient les dispositifs pratiques qui utiliseraient ces concepts. Faute de pouvoir le supprimer, on peut aussi imaginer de nouveaux concepts de transistor. L'électronique moléculaire cherche à tirer profit de l'ingénierie chimique, tandis que l'électronique de spin se propose de tirer parti d'un nouveau degré de liberté : le moment magnétique ou « spin » de l'électron. L'électronique de spin est déjà présente aujourd'hui dans les têtes de lectures des disques durs et bientôt dans les mémoires.

À quoi ressembleront nos ordinateurs en 2020 ? La réponse est-elle déjà perceptible derrière ces quelques pistes de recherches. La route est encore longue et pour chaque voie explorée les difficultés sont à la mesure de l'enjeu.

À LIRE

- *Les ordinateurs de demain*. Alain Schuhl. Éditions Le Pommier, 2004.

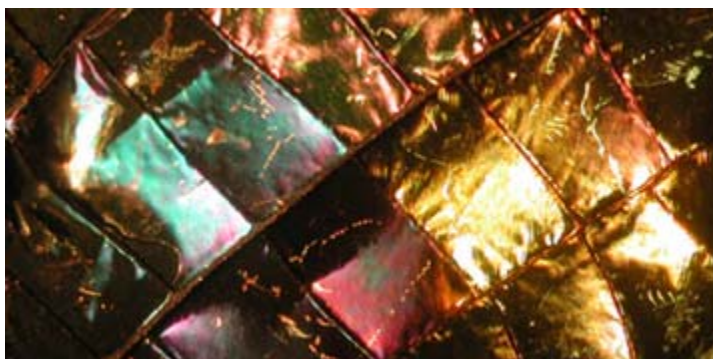
CONTACT

Alain Schuhl
Laboratoire de physique des matériaux
CNRS-Université Nancy 1-Institut national polytechnique de Lorraine
Tél. : +33 (0)3 83 68 48 04 ou +33 (0)3 83 68 18 72
Mél : schuhl@lpm.u-nancy.fr

[Consulter le site web](#)
Laboratoire de physique des matériaux

Une science tout en couleurs

Conscient du caractère novateur et pluridisciplinaire du thème de la couleur, le CNRS a créé le Groupement de recherche « Couleur et matériaux à effets visuels »¹ dont Jacques Lafait est le directeur. Son but : faire avancer la compréhension des effets liés à la couleur dans la nature et dans l'art, l'analyse et la quantification des effets visuels, la recherche de nouveaux matériaux produisant des effets intéressants (mat, brillant, « iridescence », opale, lustre...).



Effets interférentiels sur la membrane de l'aile d'une libellule.
© LOS - Serge Berthier.

Nous baignons dans un monde de couleurs. La nature et le vivant nous émerveillent par la luxuriance et la variété des effets colorés qu'ils offrent à notre regard. L'art s'en est longtemps inspiré, mais aussi la mode, et de nos jours, le « marketing ». En effet, la couleur, même si elle nous apparaît toujours comme la chose la plus naturelle qui soit, est devenue un enjeu économique important avec le développement de matériaux et de produits jouant avec ses effets. Ce développement s'accompagne d'une activité de recherche importante dans ce domaine. Enfin, en amont, la perception colorée, à travers le processus psychophysique qui est mis en œuvre, est l'objet d'intenses recherches.



Palette des ocres de Roussillon-Provence.
© C2RMF - Daniel Vigéard.

La rubrique « Pour en savoir plus » présente quelques exemples de travaux menés par le GDR.

1/ Ce GDR regroupe 25 équipes de recherche de laboratoires publics et une quinzaine d'industriels.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Quand le caméléon fait des adeptes](#)

[En voir de toutes les couleurs !](#)

[Tableaux de maîtres sous les feux des projecteurs](#)

CONTACT

Jacques Lafait
GDR « Couleur et matériaux à effets visuels »
CNRS
Tél. : +33 (0)1 44 27 43 53
Mél : GDR-couleur@los.jussieu.fr

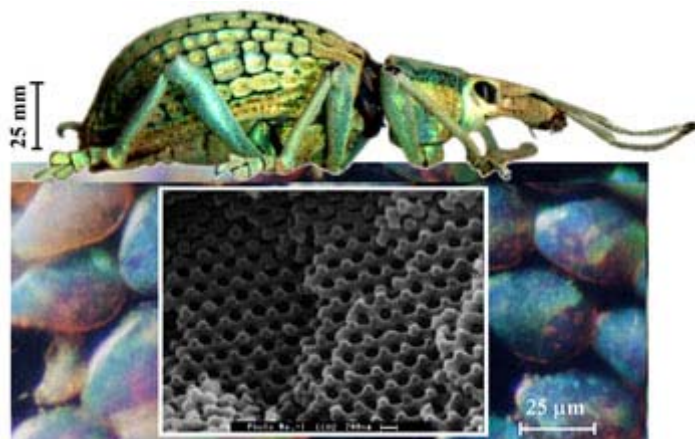
[Consulter le site web](#)
GDR « Couleur et matériaux à effets visuels »

[Accueil](#) > [Matières et objets](#) > [Une science tout en couleurs](#)

Quand le caméléon fait des adeptes

Couleur et biomimétisme

Le biomimétisme consiste à analyser des effets observés dans le monde du vivant et à les transposer dans des matériaux de synthèse produits industriellement. Ces effets, luxuriants lorsqu'ils concernent la couleur, se révèlent être la combinaison complexe de phénomènes physiques souvent très simples, telles les interférences, la diffraction et la diffusion de la lumière.



Coléoptère philippin de la famille des *Curculionidæ*. Détails des écailles de sa carapace observés au microscope optique. Détails d'une écaille observés au microscope électronique à balayage.

© Serge Berthier.

Un exemple de biomimétisme : le coléoptère philippin de la famille des *Curculionidæ*. Ce petit coléoptère, dont la famille n'a pas moins de 500 millions d'années, irradie dans toutes les directions des couleurs changeantes à partir des écailles de sa carapace, du fait de leur structure périodique à trois dimensions, à l'échelle de la longueur d'onde de la lumière. Il est maintenant possible de reproduire cette structure dite « en cristal photonique » avec des semi-conducteurs dans les fibres optiques afin de rediriger la lumière. Elle est également en développement dans les nouveaux écrans de visualisation et les futurs ordinateurs tout optique.

CONTACT

Serge Berthier
Laboratoire d'optique des solides
CNRS-Université Paris 6
Tél. : +33 (0)1 44 27 40 85
Mél : berthier@ccr.jussieu.fr

[Consulter le site web](#)
Laboratoire d'optique des solides

En voir de toutes les couleurs !

Modélisation de la couleur et de l'effet visuel

Il est maintenant possible, par le calcul, de prédire la couleur et l'aspect visuel d'un objet quelconque. Cette capacité est largement utilisée pour le développement de nouveaux matériaux et de nouveaux objets, notamment dans le secteur de l'automobile. Elle l'est aussi dans la restauration des objets d'art du patrimoine ou plus simplement dans la restitution vraisemblable de leur aspect initial.



Statuette chinoise d'environ 2000 ans de la collection du Musée national des Arts asiatiques – Guimet ; dimensions : 15 x 15 x 14,5 cm³.
© Patrick Callet.

L'équipe de Patrick Callet, du Laboratoire « Mathématiques appliquées aux systèmes » de l'École centrale Paris, a réalisé une simulation spectrale par lancer de rayons inverses de l'apparence visuelle de bronzes (alliages cuivre/étain) en fonction de leur composition (de gauche à droite 70/30, 80/20, 90/10) sur une statuette de cheval. Ils ont, pour cela effectué une numérisation à trois dimensions, sans contact, de la statuette originale, par lumière structurée (1 million de triangles).

CONTACT

Patrick Callet
Laboratoire « Mathématiques appliquées aux systèmes » (MAS)
École centrale Paris
Tél. : +33 (0)1 41 13 17 27
Mél : callet@mas.ecp.fr

[Consulter le site web](#)
MAS

Tableaux de maîtres sous les feux des projecteurs

Couleur et art

La modélisation des propriétés optiques des couches picturales permet de reconstituer l'aspect visuel d'une œuvre d'art. Il est ainsi possible de reconnaître les différentes techniques artistiques et d'expliquer leurs aspects visuels spécifiques.



Annonciation de Rogier Van Der Weyden (1435).
© C2RMF, Odile Guillon.

La couleur semble provenir du fond de l'œuvre dans le premier cas, alors qu'elle semble n'être créée qu'en surface dans le second cas. Ces effets visuels spécifiques ont été interprétés en modélisant le trajet de la lumière à l'intérieur de la matière picturale dans le cadre de la diffusion multiple incohérente. Des mesures de couleur par spectro-colorimétrie non destructive réalisables *in situ* permettent ainsi actuellement d'identifier ces deux techniques sans prélèvement.

Propriété des tableaux : Musée du Louvre.

Cette recherche fournit également une aide à la restauration en simulant l'aspect d'une œuvre virtuellement vernie ou dévernie.

L'exemple suivant illustre l'approche scientifique qui a pu être faite en comparant la technique des glacis, qui a révolutionné la peinture au 15^e siècle, à celle du mélange de pigments. La modulation des couleurs était obtenue soit en modifiant le nombre de couches de glacis chez les Primitifs Flamands (Van Der Weyden), soit par addition de pigments blancs ou noirs chez les Primitifs Italiens (Daddi).



Annonciation de Daddi (1420).
© C2RMF, Odile Guillon.

CONTACT

Mady Elias
Laboratoire d'optique des solides
CNRS-Université Paris 6
Tél. : +33 (0)1 44 27 43 54
Mél : elias@physique.univ-ecry.fr

[Consulter le site web](#)
Laboratoire d'optique des solides

La physique des masques de beauté

Cosmétologie et fluides complexes

Gels, crèmes, masques, laits, fonds de teint, mascaras... La cosmétologie regorge de termes dont la seule prononciation nous fait ressentir toute la subtilité des sensations que ces matières nous procurent, à travers nos yeux en les regardant, nos doigts en les étalant et par notre peau quand elle se laisse enduire. Henri Van Damme, chercheur au Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés, revient sur la complexité des fluides utilisés en cosmétologie. « Parce que nous le valons bien »...

Plus que le mot structure, cher aux physiciens de la matière solide, c'est le mot texture qui convient pour décrire cette symbiose entre le plaisir des sens et le comportement rhéologique¹. Comprendre comment s'écoule une population dense de petits objets qui se gênent mutuellement, s'agglomèrent ou s'enchevêtrent au sein d'un liquide ou d'un gaz, n'est pas une mince affaire... La réponse peut provenir de la physique des verres et de celle du tas de sable. Le comportement de ces matériaux ressemble beaucoup à celui des sociétés humaines sous au moins deux aspects.

Le premier, illustré par les verres, est la solidarité ou, au moins, le sens du bien collectif. Dans un verre, au voisinage de la température pour laquelle, de liquide il est en passe de devenir solide, le moindre mouvement local des atomes sur une distance de l'ordre de leur propre diamètre demande un effort collectif. À mesure que la température baisse et que le système se contracte (que le volume libre diminue), il est de plus en plus difficile à un individu de se mouvoir sans que de nombreux voisins ne facilitent la chose en se décalant légèrement. Et il arrive un moment où, même si tout le monde y met du sien, l'ensemble se bloque. Malgré tout, même à ce stade, il peut subsister localement – comme dans le métro – des poches de mobilité réduite dans lesquelles de petits réarrangements permettent de densifier encore, lentement, le système. Mais plus aucun mouvement collectif n'est possible. Si une poussée brutale est appliquée sur une partie du système, c'est tout un bloc qui glissera sur l'autre.

Le second aspect est moins altruiste. Lorsqu'une pression est appliquée sur la surface d'une couche de sable remplissant un récipient, tous les grains n'en subissent pas les conséquences. Seuls certains d'entre eux, situés le long de chaînes de contact traversant tout le système, supportent l'effort. Ceux qui, par bonheur, sont calfeutrés entre ces « chaînes de forces », ressentiront à peine la contrainte qui s'exerce sur la collectivité. Mais gare à eux ! Le moindre choc suffit à modifier le tracé des chemins et peut les mettre à l'œuvre. L'état – c'est-à-dire la carte des contraintes locales dans le système – est tributaire de toute l'histoire du matériau.

Tous ces phénomènes, et bien d'autres, sont présents dans les produits qui sont censés contribuer à notre bien-être. Le consommateur n'en ressent que le résultat, qui contribue à son plaisir. Il n'empêche que, désormais, la physique du verre, celle du tas de sable, celle des crèmes après soleil et celle du masque de beauté font partie de la même famille. Et nos sensations reposent sur une base un peu plus objective...

1/ La rhéologie est la science de la matière en écoulement.

CONTACT

Henri Van Damme
Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés
CNRS-Université Paris 6-École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI)
Tél. : +33 (0)1 40 79 44 19
Mél : Henri.Vandamme@espci.fr

[Consulter le site web](#)
Laboratoire de physico-chimie des polymères et des milieux dispersés

La physique de Marie Curie racontée par Hélène Langevin-Joliot

Hélène Langevin-Joliot, petite-fille de Marie Curie, est chercheuse émérite au CNRS après une carrière dédiée à la physique nucléaire fondamentale. Elle aime raconter au public l'histoire de la physique, la voie contre le cancer ouverte par les Curie, les liens entre femmes et science...

Les applications médicales des découvertes de Marie Curie l'ont rendue populaire...

Hélène Langevin-Joliot. Quand Marie et Pierre Curie¹ découvrent ensemble l'existence du radium en 1898, les rayons X sont déjà utilisés pour « voir à travers le corps humain ». Henri Becquerel a montré le premier l'émission spontanée de rayonnements invisibles : les « rayons uraniques ». Mais cette radioactivité est trop faible pour être utilisée, moins d'un millionième du radium qui provoque d'intenses brûlures. Dès 1901, Pierre Curie contacte des dermatologues. Marie Curie continue l'analyse précise de ses propriétés. Pour obtenir quelques décigrammes du précieux radium, ce sont des tonnes de minerai d'uranium qu'elle traite chimiquement ! La « curiethérapie »² consistera à appliquer directement cette source radioactive au contact des cellules cancéreuses de tumeurs externes ou accessibles, pour les détruire.

Quel a été le rôle de Marie Curie pendant la première guerre mondiale ?

H. L.-J. Pour les besoins du front, Marie Curie a imaginé des postes mobiles de radiologie nécessaires au diagnostic médical. Sur ces appareils compliqués, la manipulation des rayons X nécessitait des connaissances pointues en mécanique, électricité, anatomie. Marie Curie a elle-même donné des cours théoriques sur les rayons X à des techniciennes et encadré des travaux pratiques à l'Institut du Radium, d  s 1914. Certaines élèves étaient infirmières, mais aucune n'avait de formation supérieure. La motivation et la formation par l'expérience expliquent la réussite de ces femmes, performantes en six mois.

Marie Curie a très tôt enseigné « autrement » la physique ?

H. L.-J. Elle a introduit en 1900 les travaux pratiques à l'  cole de Sèvres, où les filles ne bénéficiaient jusque là que de théorie. Puis, en 1907, avec d'autres savants de l'époque, elle a participé à « la coopérative d'enseignement », sorte de système d'échange des savoirs des parents pour leurs enfants. Pour Marie Curie, les écoles françaises dispensaient trop de cours et pas assez de temps pour la science ou les activités de plein air. Or les enfants doivent pouvoir observer et faire par eux-mêmes. Son approche serait aujourd'hui comparable à l'  cole Freinet ou à « La Main à la pâte ».

1/ Henri Becquerel, Marie Curie et Pierre Curie ont obtenu le Prix Nobel de physique en 1903. Marie Curie a reçu le Prix Nobel de chimie en 1911.

2/ Appelée aussi « radium thérapie » et aujourd'hui « brachythérapie ».

POUR EN SAVOIR PLUS

[Leçons de Marie Curie](#)

CONTACT

Hélène Langevin-Joliot
Institut de physique nucléaire d'Orsay
CNRS-Université Paris 11
Tél. : +33 (0)1 69 15 73 40
M  l : guillema@ipno.in2p3.fr (secrétariat)

[Consulter le site web](#)
Marie Curie

[Consulter le site web](#)
Musée Curie

[Consulter le site web](#)
La main à la pâte

Leçons de Marie Curie

Années 1900 : des livres comme « La physique amusante » témoignent de l'engouement du public pour les sciences. Cependant, les leçons que dispense Marie Curie aux enfants de son cercle d'amis sont raillées par les journaux de l'époque. « *Ce petit monde qui sait à peine lire et écrire, dit un échetier, a toute licence de faire des manipulations, de construire des appareils et d'essayer des réactions... La Sorbonne et l'immeuble de la rue Cuvier n'ont pas encore sauté mais tout espoir n'est pas perdu !* ». Bien plus tard, quelques-unes des leçons de physique de Marie Curie sont retrouvées pour n'être publiées qu'en 2003 ! Toutes sont basées sur la réalisation d'expérience par les enfants eux-mêmes. Les notions de volume, de densité, d'élasticité, de poids, de pression... deviennent limpides pour qui a gardé l'esprit enfantin !

À LIRE

- *Leçons de Marie Curie. Recueillies par Isabelle Chavannes en 1907. Physique élémentaire pour les enfants de nos amis.* EDP Sciences, 2003, 124 p.

Femme et physique : si peu d'atomes crochus...

C'est un fait : ces deux termes furent longtemps et demeurent pour partie antinomiques. Pourquoi une telle hégémonie masculine dans cette discipline ? Les explications de Catherine Marry, sociologue, directrice de recherche au CNRS, directrice adjointe du Groupement de recherche « Marché du travail et genre » (GDR Mage).

Peut-on chiffrer le manque d'attrance, voire le rejet des filles pour la physique ?

Catherine Marry. Les sections « sciences et structures de la matière », dans les facultés de sciences, n'ont pas connu d'augmentation de la part des femmes (où elles ne sont que 34 %) depuis... 40 ans. Autre chiffre éclairant : en 2002, on ne comptait que 24,5 % de filles dans les 236 écoles d'ingénieurs françaises, 15,7 % dans la catégorie d'emploi qui regroupe l'essentiel de ces diplômés (les ingénieurs et cadres techniques des entreprises privées). Depuis la fusion, en 1986, de l'ENS d'Ulm (école des garçons) avec celle de Sèvres (école des filles), 2 à 4 filles, pour 20 garçons, sont reçues chaque année aux concours de physique alors qu'elles représentent 46 % des élèves des grandes écoles parisiennes de gestion et de commerce (HEC, ESSEC) ou 65 % à l'Institut national d'agronomie et dans les écoles vétérinaires.

Comment expliquer cette « sous-représentation » féminine en physique ?

C. M. Je ne crois ni à l'idéologie du goût ni à l'idéologie du don. En fait, le monde de la physique (surtout appliquée) concentre dans notre imaginaire social tous les traits symboliques et pratiques attribués aux hommes. L'univers viril est associé à la virtuosité mathématique, à l'originalité créatrice, à la conception et à la manipulation des outils et des armes, à la construction de ponts et de ports, à l'électricité, aux moteurs..., autant d'espaces où les femmes sont pensées depuis des siècles comme « naturellement » inférieures aux hommes. Ces stéréotypes inculqués dès la prime enfance et propagés par les enseignants ont la peau dure. J'ai demandé à des filles élèves-ingénieurs pourquoi elles ne se dirigeaient pas, par exemple, vers l'hydraulique. Leur réponse est incroyable : « Pour ne pas avoir à manipuler de grosses machines ! », alors qu'en choisissant cette voie, elles auraient à travailler derrière un ordinateur. Bref, la physique est encore perçue comme une discipline contraire à l'identité attendue d'une femme. Leur inclination pour la chimie et la biologie renvoie, à l'inverse, à une meilleure correspondance avec les « qualités » attendues des filles : minutie, goût du concret et du vivant, capacité d'apprendre par cœur... Mais au-delà de ces stéréotypes, les emplois de la physique excluent de fait les femmes à tous les niveaux – du technicien à l'ingénieur ou au chercheur - alors que ceux de la chimie et de la biologie leur sont ouverts depuis longtemps.

La physique, en France, est-elle plus « sexiste » qu'ailleurs ?

C. M. Plutôt moins, mais cette division sexuée des savoirs est un phénomène universel. On ne voit nulle part un pourcentage élevé de filles dans les écoles d'ingénieurs en mécanique, sauf, peut-être, au Portugal. Une exception pour l'heure inexpiquée.

POUR EN SAVOIR PLUS

[La place des physiciennes au CNRS](#)

À LIRE

• *Les femmes ingénieurs. Une révolution respectueuse.* Catherine Marry. Belin, 2004.

CONTACT

Catherine Marry
Groupement de recherche « Marché du travail et genre » (GDR Mage)
Mél : marry@iresco.fr

[Consulter le site web](#)
GDR Mage

La place des physiciennes au CNRS

11 125 femmes travaillent au CNRS, aux côtés de 15 011 hommes, soit 42,6 %. Moins bien loties que le sexe fort au sommet de la pyramide des emplois (24,6 % pour la population des DR2, 12, 2 % pour les DR1 et 9,5 % pour les DRCE, soit 14 femmes seulement directrices de recherche de classe exceptionnelle, contre 133 hommes), « *elles sont aussi inégalement représentées selon les secteurs disciplinaires* », apprend-on dans l'ouvrage *Les femmes dans l'histoire du CNRS*, réalisée sous l'égide du Comité pour l'histoire du CNRS : 42 % de chercheuses en sciences de l'homme et de la société, 39,4 % en sciences de la vie, 29,6 % en sciences chimiques, 25,9 % en sciences de l'Univers, 20 % en sciences physiques pour l'ingénieur, 19,8 % en sciences et technologies de l'information et de la communication, 18,3 % en physique nucléaire et corpusculaire, 17,5 % en sciences physiques et mathématiques. « *Il n'en reste pas moins qu'il y a un peu plus de femmes physiciennes au CNRS que dans les grands instituts de recherche étrangers. Et elles n'y rencontrent pas de difficultés de carrière supérieures à d'autres domaines* », constate Catherine Marry.

1/ DR1 : directeur de recherche 1^e classe.

DR2 : directeur de recherche 2^e classe.

DRCE : directeur de recherche classe exceptionnelle.

CONTACT

Catherine Marry

Groupe de recherche « Marché du travail et genre » (GDR Mage)

Mél : marry@iresco.fr

De l'enseignement de la physique (XIX^e-XX^e siècles)

Un discours trop expérimental

Aux XIX^e et XX^e siècles, les réformes de l'enseignement dans le secondaire se succèdent. Les travaux de Nicole Hulin, chercheur au Centre Alexandre Koyré, sur la place assignée à l'enseignement de la physique pendant cette période, montrent que l'enjeu est une certaine conception de cette science.

Du XIX^e au XX^e siècle, l'affirmation du caractère expérimental de la physique est réitérée de réforme en réforme. L'enseignement de la physique se confond pour une majorité de pédagogues avec celui de la méthode expérimentale, et cela jusqu'à nos jours. Or, c'est une option lourde concernant l'épistémologie de la physique¹. Certes, la physique enseignée au lycée est forcément en décalage avec la *physique des savants* par la manière dont elle peut présenter les éléments constitutifs de la discipline et respecte ses caractéristiques épistémologiques fondamentales². Mais l'insistance sélective sur son caractère expérimental donne une image faussée d'une science dont la démarche caractéristique est un aller et retour permanent entre réflexion théorique et pratique expérimentale : « Comme les deux termes d'une égalité [...] la question que la théorie pose par voie déductive est inséparable de la réponse que fournit l'expérience et d'où se tire la loi par voie d'induction » (Paul Langevin, 1904).

Bien sûr, des choix s'imposent pour l'enseignement de la physique au niveau secondaire, mais ils doivent être clairement formulés. Comment donner aux élèves une image pas trop déformée du mode de fonctionnement caractéristique de la physique, du mode de pensée du physicien ? L'histoire des sciences peut jouer un rôle essentiel en introduisant une réflexion épistémologique, parallèlement au cours de physique proprement dit qui doit faire acquérir des connaissances de base, des savoir-faire ; une démarche qui pourrait engendrer un nouvel intérêt pour la discipline. L'histoire de la physique au début du XX^e siècle est exemplaire car, pour interpréter certains faits expérimentaux, des idées nouvelles ont été introduites, brisant les cadres trop étroits de la physique classique : nécessité de repenser les notions d'espace et de temps, développement d'une physique du discontinu ; désormais, « c'est l'effort mathématique qui forme l'axe de la découverte, c'est l'expression mathématique qui, seule, permet de penser le phénomène » (Gaston Bachelard). À côté des lois physiques concernant les phénomènes sont omniprésentes les « superlois » (invariance, conservation, symétrie), liées aux traitements mathématiques et qui structurent la discipline : « ce qui est devenu prioritaire pour le physicien, ce sont les règles de structuration de la matière plus que les apparences de la matière ».

1/ « Représentations et modélisations : le « débat » scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique ». Johsua S. et Dupin J.-J., .Berne, Peler Lang, 1989.

2/ « La physique ou l'enseignement impossible ». Michel Hulin, In « Le Mirage et la nécessité », Paris, PENS et Palais de la Découverte, 1992.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Instruments et circulaires](#)

À LIRE

• *La physique et son enseignement*. In *Cabinet de physique du lycée impérial de Périgueux*. Francis Gires (Éd.), à paraître janvier 2005.

CONTACT

Nicole Hulin
Centre Alexandre Koyré, Histoire des sciences et des techniques
CNRS-EHESS-MNHN
Mél : nicolehulin@minitel.net

[Consulter le site web](#)
Centre Alexandre Koyré

Instruments et circulaires

Au XIX^e siècle, la physique est éclatée en physique mathématique et physique expérimentale. La spécialisation de l'agrégation conduit à un choix entre différents couplages : mathématiques/physique, chimie/sciences naturelles (projet de 1830) ; mathématiques, sciences physiques et naturelles (organisation de 1840)¹. La physique est, dit-on, « une science expérimentale qui tire parti des mathématiques pour coordonner et exposer ses découvertes, et non point une science mathématique qui se soumettrait au contrôle de l'expérience » (instructions de 1854). Cette conception ignore le rôle fécond joué par la théorie qui coordonne les résultats expérimentaux et guide l'expérimentation.

Dans la première moitié du XIX^e siècle, les plans d'études secondaires se succèdent mais la physique reste maintenue en fin de cursus, en classe de philosophie. Quand une circulaire fixe en 1821 la liste du matériel de physique pour les lycées, on ajoute un catalogue de machines de précision pour apporter une aide matérielle aux professeurs préparant des thèses. En 1852 deux filières, littéraire et scientifique, sont créées à partir de la 3^e ; la physique est enseignée dès cette classe. Les instructions insistent sur le caractère expérimental de la discipline, recommandent aux professeurs d'effectuer les expériences fondamentales devant les élèves et de construire eux-mêmes les appareils ; elles soulignent l'intérêt des travaux d'atelier accomplis par les élèves de l'École normale supérieure. En deuxième année, les manipulations ont pour objet « d'exercer les élèves au travail du verre à la lampe d'émailleur, de leur faire exécuter les principales expériences de physique, et surtout un certain nombre d'expériences de précision » ; ils construisent des baromètres, des thermomètres à mercure et à air, des aiguilles astatiques... En troisième année, les élèves apprennent les détails de construction des instruments de physique, avec un constructeur d'instruments de physique et le préparateur, sous la surveillance du maître de conférences de physique.

La place accordée aux descriptions d'instruments dans les manuels de la deuxième moitié du XIX^e siècle est très importante. La réforme de 1902 va réorganiser totalement l'enseignement scientifique et modifier les conditions du professorat de physique, instituant des exercices pratiques pour les élèves. Doté d'un budget modeste, l'enseignant doit être un praticien habile et transformer des objets hétéroclites en appareils scientifiques. C'est ainsi que naît l'idée de constituer une « mutuelle des idées » et que se forme en 1906 l'Union des physiciens.

1/ Les rivalités scientifiques interviennent dans les choix. 1840 est l'année de la mort du mathématicien Poisson qui, défendant la physique mathématique, ne souhaitait pas la séparation des deux disciplines et s'opposait au chimiste Thenard.

CONTACT

Nicole Hulin
Centre Alexandre Koyré, Histoire des sciences et des techniques
CNRS-EHESS-MNHN
Mél : nicolehulin@minitel.net

L'image physique du monde

Pendant plus de cent ans, la physique a été considérée à la fois comme modèle et fondement de toute connaissance. Elle possédait en elle-même son propre moteur, et avait l'ambition de fournir une image unifiée et complète de l'ensemble du monde. Depuis la Seconde Guerre mondiale au moins, le développement de la physique est partiellement guidé par les demandes des États, des armées, des industries. L'image du monde qu'elle propose s'est-elle modifiée ? Le point de vue d'Anouk Barberousse, chargée de recherche à l'Institut d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques (IHPST).

Croyons-nous toujours à l'unité de la science ?

Suite à la montée en puissance de la biologie depuis une quarantaine d'années, la physique a perdu de son aura. Elle n'est plus la science par excellence, le modèle de tout schéma explicatif. On croit de moins en moins à une explication ultime de tous les phénomènes par la physique fondamentale. Cependant, l'affinement de nos connaissances sur la matière condensée et la matière organique nous laisse entrevoir une série de niveaux hiérarchisés, des quarks aux organismes, voire aux sociétés. Une telle hiérarchie est-elle compatible avec l'image d'une science unifiée ?

Une image éclatée du monde ou l'image d'un monde disparate ?

L'étude des états instables ou désorganisés de la matière fait appel à des méthodes très différentes de celles de la physique fondamentale. En outre, ses résultats ne semblent pas, pour l'heure, pouvoir s'en déduire. Cela signifie-t-il que nos théories physiques sont incomplètes et mal ajustées, ou bien que c'est le monde lui-même qui ne peut être pris dans un filet unique ? L'image, ou les images du monde que nous offre la physique ne sont pas construites avec des méthodes fondamentalement différentes de celles des autres sciences. Les outils d'analyse se sont en effet diversifiés dans tous les domaines, sans que les arguments conduisant à des explications acceptables ne changent radicalement de forme. Mais on a l'impression que les objets de ces domaines sont foncièrement hétérogènes, les niveaux successifs s'emboîtant mal les uns dans les autres.

Continuité ou discontinuité avec le monde de la vie quotidienne ?

Le profane peine à appréhender l'image physique du monde. Quand on lui dit que la table est surtout faite de vide parsemé d'électrons et de noyaux, ses intuitions sont heurtées. Néanmoins, après quelques décennies d'enseignement, cette idée a perdu de son étrangeté. Mais lorsqu'on parle d'effet papillon¹ ou de téléportation quantique², l'image partiellement scientifique du monde que l'on s'est péniblement construite se brise de nouveau. En va-t-il différemment pour les physiciens eux-mêmes, qui construisent régulièrement de nouvelles images, ou de nouveaux morceaux d'images ? La technicité de leurs outils ne doit pas faire oublier qu'eux aussi doivent se frayer un chemin à l'aide de cartes incomplètes et parfois trompeuses.

1/ Effet papillon : expression renvoyant à la propriété de certains systèmes de pouvoir développer des comportements très différents à partir de conditions initiales très proches.

2/ Téléportation quantique : transformation instantanée à distance de propriétés de systèmes quantiques sans transport d'information observable (rien à voir avec la science fiction !).

CONTACT

Anouk Barberousse
Institut d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques (IHPST)
CNRS-ENS-Université Paris 1
Tél. : +33 (0)1 43 54 60 36
Mél : barberou@heraclite.ens.fr

[Consulter le site web](#)
IHPST

Des physiciens et de la guerre : le cas des années 1940 et 1950

Étroitement liées aux autres activités humaines, les sciences ont toujours intéressé les pouvoirs socio-économiques ou politiques. La physique en particulier a offert aux grandes puissances des outils innovants permettant de transformer les sociétés et leur environnement. Dominique Pestre historien des sciences et directeur du Centre Alexandre Koyré, propose une lecture des régimes de production des savoirs et de leurs effets sur le monde moderne.

Apocalypse ? No !

Dans les années 1940 et 1950, l'histoire des sciences physiques est directement corrélée à l'histoire du complexe militaro-industriel. Si les années 1930 ont été propices aux découvertes scientifiques, le second conflit mondial¹ est directement à l'origine de leur développement industriel en raison des applications militaires possibles : électronique, nucléaire, armement... De scientifiques, ces découvertes sont devenues stratégiques, enjeu majeur bien compris des puissances en guerre.

Un « rideau de fer » scientifico-technologique

On ne peut penser les années d'après-guerre sans mettre les sciences au cœur de l'analyse. Les institutions sociales (de l'entreprise capitaliste à la planification soviétique) ont rêvé la science comme une alliée. Une approche rationnelle et systématique des choses, un idéal de vie et un mode de pensée. À partir de 1945, les physiciens se sont plus que jamais retrouvés au cœur des questions de défense et des processus de décision politique. Ils sont perçus comme décisifs dans la conception d'armes, le développement industriel et la croissance économique.

Une recherche « made in USA »

Tournant décisif : la guerre froide qui induit une fracture majeure et une « américanisation » des pratiques de laboratoire. Les sciences et techniques héritées de la guerre incluent désormais la recherche opérationnelle, l'analyse des systèmes, la théorie des jeux... et l'usage massif du calcul et des ordinateurs. L'objet technique constitue aussi bien le point de départ de la recherche (radar transformé pour la résonance magnétique nucléaire) que son point naturel d'arrivée (masers et lasers, générateurs de la lumière « cohérente »). L'instrument, la technique, le « gadget » sont à la fois l'origine et l'aboutissement d'une circulation constante de résultats et d'outils.

Et la théorie dans tout cela ?

La théorie devient plus phénoménologique, plus instrumentale, plus orientée vers la résolution des problèmes pratiques en suspens. Les théoriciens « fondamentalistes » n'occupent plus la place mythique qui avait été celle des fondateurs de la mécanique quantique. Les théoriciens participent au développement d'une science de plus en plus intégrée à son environnement et concourent à la multiplication des lieux où du savoir est produit.

1/ Des milliers de personnes ont été formées dans le Radiation Laboratory pendant la guerre (techniques radar) et le Signal Corps a formé des milliers d'ingénieurs et techniciens en électronique durant le conflit.

À LIRE

• *Les sciences pour la guerre, 1940-1960*. Sous la direction de Amy Dahan et Dominique Pestre. Éd. de l'EHESS, 2004.

CONTACT

Dominique Pestre
Centre Alexandre Koyré, Histoire des sciences et des techniques
CNRS-EHESS-MNHN
Tél. : +33 (0)1 43 36 70 69
Mél : pestre@ehess.fr

[Consulter le site web](#)
Centre Alexandre Koyré

Ampère électrisera bientôt le Net

Sur le portail Internet ouvert récemment par le Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques, un site proposera à partir de janvier 2005 de découvrir progressivement l'œuvre protéiforme d'André-Marie Ampère (1775-1836), en la situant dans son contexte historique et scientifique. Visite guidée avec les pilotes du site, l'historienne des sciences Christine Blondel et l'ingénieur d'études Stéphane Pouyllau.

Quel principe vous a guidée pour concevoir le site *Ampère* ?

Christine Blonde, Stéphane Pouyllau. Présenter une « figure » emblématique émergeant à la surface d'une configuration scientifique, philosophique et historique très riche. Le nom d'Ampère, le « *Newton de l'électricité* », comme l'a surnommé le physicien anglais Maxwell, reste évidemment lié à l'électricité. Ampère a créé une nouvelle science, l'électrodynamique, qui, grâce à une théorie mathématique des interactions entre courants électriques, a unifié l'électricité, le magnétisme et l'électromagnétisme. Il n'en reste pas moins que son activité intellectuelle dévorante est loin de se réduire à ces travaux, qui ne l'ont occupé qu'entre 1820 et 1826. D'autre part, Ampère n'était pas le seul à s'occuper d'électromagnétisme à cette époque.

La « dispersion » d'Ampère dans de multiples champs intellectuels, alors que notre époque cultive volontiers l'hyper-spécialisation, laisse pantois !

C. B., S. P. En effet, Ampère a contribué aux avancées et aux grands débats de son temps en mathématiques (les équations Monge-Ampère font toujours autorité), en chimie (il a participé aux découvertes de l'iode et du fluor), en optique, en mécanique, en sciences de la vie et, ce qu'il considérait comme le plus important, en philosophie de la connaissance. Cet homme élevé par son père selon les préceptes de Rousseau (il n'est jamais allé à l'école) est encore un homme des Lumières et un Encyclopédiste. S'intéressant à tout, il est resté convaincu des bienfaits du développement de toutes les connaissances, y compris celles rejetées par les autorités scientifiques.

Mais par ailleurs, il fut très lié aux premiers romantiques français, comme Ballanche et Chateaubriand. Sa foi religieuse proche du mysticisme en a même fait une référence dans les tentatives menées, au XIX^e siècle, pour concilier science et religion.

Concrètement, que contiendra le site *Ampère* ?

C. B., S. P. En premier lieu, l'intégralité des œuvres publiées d'Ampère, soit un corpus d'environ 5 000 pages, dont une bonne partie jusqu'ici très difficilement accessible. Nous ouvrons le site, dont la construction va se poursuivre en 2005, avec en particulier une édition « dynamique » de la *Correspondance* personnelle et scientifique d'Ampère que nous enrichirons progressivement grâce à un appel à la communauté scientifique et archivistique. Cet ensemble très varié, présenté en mode image et en mode texte, permettra des recherches approfondies à l'aide d'un moteur de recherche. Notre site proposera également une sélection de manuscrits d'Ampère accompagnés de leur transcription, divers documents originaux, des outils bibliographiques, une série de mémoires d'autres savants français ou étrangers (Arago, Fresnel, Faraday...), en français et en anglais, ainsi que des documents sur l'histoire de l'électricité.

Un musée virtuel mettra en mouvement divers instruments scientifiques anciens méconnus. Enfin, un parcours de présentations spécifiques s'adressera à un public élargi. Ce projet, conçu tout à la fois comme une plate-forme de recherche, un instrument de valorisation du patrimoine scientifique et un outil de diffusion de la culture scientifique et technique, s'appuie sur notre expérience acquise lors de la réalisation des sites consacrés à Lamarck et à Lavoisier. Il bénéficie de la collaboration de plusieurs chercheurs, en particulier à Lyon, mais aussi en Allemagne ou en Algérie. Il est soutenu par le Ministère de la recherche, le CNRS, la Cité des sciences et de l'industrie et par la Fondation EDF.

POUR EN SAVOIR PLUS

[L'énigme de la « découverte manquée »](#)

CONTACT

Christine Blondel
Stéphane Pouyllau
Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques (CRHST)
CNRS-Cité des sciences et de l'industrie
Mél : christine.blondel@shs.cnrs.fr

Mél : s.pouyllau@cite-sciences.fr

[Consulter le site web](#)
CRHST

[Consulter le site web](#)
Portail pour l'Histoire des sciences et des techniques en Europe

[Accueil](#) > [Regards sur la physique](#) > [Ampère électrisera bientôt le Net](#)

L'énigme de la « découverte manquée »

En 1831, Michael Faraday met en évidence un phénomène radicalement nouveau et en donne les lois. Le mouvement d'un aimant - ou bien un courant variable dans un circuit - crée un courant électrique dans tout circuit voisin. Cette *induction électromagnétique*, à l'origine des dynamos et des alternateurs, avait été entrevue par Ampère une dizaine d'années auparavant. Mais Ampère menait son expérience dans une tout autre perspective et changea à plusieurs reprises l'interprétation de cette « manip » en fonction de ses résultats (divergents) et au gré de ses hypothèses sur l'origine du magnétisme. Pour tenter de mieux comprendre ce qui s'est passé, des élèves-ingénieurs de l'École Centrale Lyon vont « répliquer » en laboratoire, et simuler sur ordinateur, cette expérience dont le fonctionnement, sujet à bien des questionnements, a divisé les historiens. Suspense. Et conclusion, dans un an, sur le site *Ampère*.

Portail Internet « [Histoire des sciences et des techniques en Europe](#) »

CONTACT

Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques (CRHST)
CNRS-Cité des sciences et de l'industrie
Christine Blondel
Mél : christine.blondel@shs.cnrs.fr
Stéphane Pouyllau
Mél : s.pouyllau@cite-sciences.fr

T ou ? Tu fe koi 2m'1 ?

Innovation technologique et nouveaux usages : le téléphone portable

Jamais auparavant une innovation technologique n'avait connu un tel succès, aussi rapidement et à une telle échelle. S'appuyant sur une recherche de plusieurs années, Francis Jauréguiberry, sociologue, professeur à l'Université de Pau et chercheur au Laboratoire « Société environnement territoire » (SET), aborde les usages du portable comme de véritables révélateurs des attentes et tensions qui traversent la société contemporaine.

Le succès du portable s'explique en grande partie par la rencontre d'une offre technologique à coût raisonnable avec un vieux rêve de l'homme : pouvoir être « ici et ailleurs à la fois ». Il est rare que la technologie permette ainsi la réalisation, même partielle d'une faculté jusqu'alors considérée comme divine (le don d'ubiquité). Mais au-delà de ce caractère « magique », le succès du portable relève aussi de sa capacité à répondre aux problèmes que pose le double mouvement de notre vie agitée actuelle.

D'un côté, la société paraît de plus en plus éclatée. La gestion du quotidien ressemble à une espèce de *zapping occupationnel* entre plusieurs lieux, tâches, rôles et passions. Contiguïté physique n'est plus synonyme de partage identitaire. Les lieux d'investissement social et de vécu affectif s'éloignent, les trajets s'allongent, les rencontres s'espacent. Parallèlement, le temps s'accélère, devient discontinu doit répondre aux impératifs de l'urgence, de la simultanéité et de l'immédiateté. Pour gérer cette hétérogénéité, le portable arrive à point nommé. Il permet d'être plus efficace, de passer immédiatement d'une « tribu » à une autre, de densifier le temps, d'intensifier les déplacements, de multiplier les opportunités, de coordonner les occupations.

Mais, à l'opposé, l'individu contemporain cherche un principe d'unité et de permanence que son *zapping* ne cesse de rendre plus improbable. Le portable devient alors outil de recentrage et de continuité. Pour son utilisateur, il restaure en effet le lien là où la distance, l'éparpillement et l'anonymat l'ont supprimé. Il donne l'impression d'une présence ; dans son nomadisme, le branché n'est plus seul. Où qu'il soit, il peut désormais appeler ses « proches » physiquement lointains. À la succession des situations, à l'éphémère des rencontres et à la brutalité de l'urgence, le branché oppose une « continuité hertzienne », un « lieu médiatique » où il peut se ressourcer, l'instantanéité des connexions permettant de supporter l'immédiateté des changements.

Le portable dote les branchés d'un ersatz d'ubiquité, mais on ne peut pour autant parler d'un effet salvateur de la technologie sur le social. Si l'on prend, par exemple, l'usage professionnel des mobiles, il apparaît clairement que le mobile peut relier en liberté, en étant un excellent outil de coordination et de sécurité, et même de « parenthèses privées » durant le temps de travail. Mais il peut aussi lier en dépendance, entraîner une disponibilité d'écoute permanente et être transformé en outil de surveillance et de contrôle à distance. Tout dépend des rapports sociaux dans lesquels les usages se développent. Le mobile n'est pas un guide comportemental : il permet, mais ne détermine pas.

POUR EN SAVOIR PLUS

[De nouvelles formes d'inégalité](#)

À LIRE

• Francis Jauréguiberry, *Les branchés du portable. Sociologie des usages*, Presses Universitaires de France, 2003.

CONTACT

Francis Jauréguiberry
Laboratoire « Société environnement territoire » (SET)
CNRS-Université de Pau
Tél. : +33 (0)5 59 40 72 70
Mél : francis.jaureguiberry@univ-pau.fr

[Consulter le site web](#)
SET

De nouvelles formes d'inégalité

L'introduction des télécommunications mobiles (téléphones portables et GPS) au sein des entreprises a certainement conduit à plus d'agilité organisationnelle, à une plus grande vitesse de réaction face aux aléas, à une meilleure coordination et mobilisation de ses différents acteurs. Adaptabilité au marché, optimisation des fonctions et organisation du système de l'entreprise-réseau : en quelques années, les télécommunications mobiles sont devenues indispensables. Mais les fantastiques économies de temps et de déplacements qu'elles permettent ne doivent pas faire oublier que leur usage engendre aussi des bouleversements dans les rapports humains. Sous couvert de célébration technologique, beaucoup pensent que ceux-ci sont nécessairement positifs. L'observation des acteurs de l'entreprise « télécommunicante » donne au contraire à penser qu'ils peuvent aussi être négatifs, et en particulier être le vecteur de nouvelles inégalités et de nouvelles formes d'exploitation.

Si l'on voulait forcer le trait, il faudrait écrire que, parmi les employés nomades « branchés », il y a d'un côté ceux qui ont le pouvoir de se déconnecter et donc d'imposer aux autres leur (relative si répondeur) inaccessibilité, et de l'autre ceux qui ne l'ont pas ; d'un côté ceux qui ont le pouvoir d'imposer aux autres une disponibilité d'écoute permanente, et de l'autre ceux qui doivent s'y plier ; d'un côté ceux qui ont donc le *pouvoir* de se débrancher et de l'autre ceux qui ont le *devoir* de rester connecté. Parmi les branchés, les nouveaux pauvres seraient ceux qui vivraient dans l'obligation de répondre immédiatement, et qui ne pourraient donc échapper à l'obligation de vivre dans une sorte d'interpellation continue, et les nouveaux riches seraient ceux qui auraient la possibilité de filtrer et donc d'instaurer de la distance vis-à-vis de cette interpellation.

Bien entendu, ce ne sont pas les portables qui créent de toutes pièces cette inégalité. Celle-ci dérive de la hiérarchie, des rapports de force, des statuts, en définitive des types de pouvoir *déjà existants* au sein des entreprises, organisations ou réseaux. La question n'est donc pas de considérer les portables comme producteurs *sui generis* de nouvelles formes d'exploitation, mais de savoir si la simultanéité « télécommunicationnelle » qu'ils permettent tend plutôt à renforcer les inégalités existantes (sous la forme du couple contrôle/dépendance) ou au contraire à les éteindre (en permettant d'expérimenter de nouvelles formes d'organisation dans le sens d'une plus grande autonomie de chacun).

CONTACT

Francis Jauréguiberry
Laboratoire « Société environnement territoire » (SET)
CNRS-Université de Pau
Tél. : +33 (0)5 59 40 72 70
Mél : francis.jaureguiberry@univ-pau.fr

Le réseau, ça crée des liens

La physique statistique possède une longue tradition dans l'étude des comportements collectifs des systèmes à plusieurs corps. Elle a pour cela développé des outils mathématiques et des concepts très puissants qui ont permis la compréhension des systèmes complexes. L'équipe formée autour d'Alain Barrat et Alessandro Vespignani du Laboratoire de physique théorique (CNRS) et de Marc Barthélemy du Département de physique théorique et appliquée (CEA) présente une nouvelle classe de science, la « science des réseaux »...

L'étude des réseaux est par nature interdisciplinaire car ceux-ci jouent un rôle central dans la compréhension de nombreux systèmes dans des domaines scientifiques aussi variés que la physique, la biologie, l'informatique ou encore les technologies de l'information. À titre d'exemple, on peut citer l'architecture de l'Internet, les interconnexions d'agents financiers, les réseaux trophiques des écosystèmes ou l'épidémiologie. Ou encore la cellule, constituant élémentaire des êtres vivants, dont l'organisation ainsi que les fonctions sont le résultat d'interactions entre gènes, protéines et autres molécules.



Quelques liens du réseau des lignes aériennes reliant les aéroports nord-américains, le poids des connexions mesurant le nombre de sièges disponibles (millions/an).

© LPT, CNRS - CEA.

Les réseaux sont définis par leur topologie mais aussi par la dynamique de l'information ou du trafic se propageant sur les liens. Dans le cas des lignes aériennes, par exemple, les nœuds sont les aéroports et les liens signalent l'existence d'un vol direct entre deux nœuds. Le nombre de passagers qui dépend du nombre d'avions sur la liaison correspondante est corrélé avec la capacité des aéroports et leur centralité.

Dans le cas du réseau électrique, la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique sont réalisés via un ensemble complexe de sources d'énergie (les centrales) et de lignes. Le poids des liens qui mesure la quantité d'électricité transportée est un élément crucial pour la compréhension des avalanches de pannes et de la congestion du réseau.



Visualisation du trafic Internet en 1998, en milliards de bytes. La gamme de volume de trafic va du pourpre (les bytes zéro) au blanc (100 milliards de bytes).
© Martin Dodge, 2004.

Les systèmes d'information n'échappent pas à la règle : eux aussi partagent une structure en réseaux dans laquelle des composants établissent des liens de façon décentralisée et autonome. C'est le cas des réseaux « pair à pair », des réseaux mobiles « ad hoc » et de la structure d'hyperliens de la Toile. L'analyse statistique des « cartes » d'Internet a révélé, de façon inattendue, l'existence d'une topologie complexe et hétérogène, avec des fluctuations statistiques très importantes. L'application de concepts et de méthodes développés en physique statistique des réseaux complexes constitue donc une démarche naturelle pour l'étude et la caractérisation d'Internet.

Ainsi, de l'étude de l'infection des ordinateurs par un virus à la propagation de polluants dans l'environnement en passant par l'épidémiologie, la physique statistique n'a pas fini de percer les mystères des systèmes et phénomènes complexes. Pour qu'enfin, les réseaux ne soient plus inextricables.

À LIRE

- R. Pastor-Satorras, A. Vespignani. *Internet, structure et évolution*. Belin, Coll. Échelles, 2004.
- A. Barrat, M. Barthélemy, R. Pastor-Satorras, A. Vespignani. *The architecture of complex weighted networks*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101 (2004) 3747.
- A.-L. Barabási, E. Bonabeau. *Réseaux invariants d'échelle*. *Pour la Science*, n° 314, déc. 2003.

CONTACT

Laboratoire de physique théorique (LPT)
CNRS-Université Paris 11
Alain Barrat
Tél. : +33 (0)1 69 15 82 22
Mél : Alain.Barrat@th.u-psud.fr
Alessandro Vespignani
Mél : Alessandro.Vespignani@th.u-psud.fr

[Consulter le site web](#)
LPT

Marc Barthélemy
CEA-Centre d'études de Bruyères-le-Châtel
Département de physique théorique et appliquée
Mél : Marc.Barthelemy@cea.fr

Habitat Intelligent pour la Santé : favoriser le maintien à domicile

Grâce aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, la télémédecine prend de plus en plus d'importance. Norbert Noury, ingénieur électronicien et physicien, et Vincent Rialle, informaticien cognitif, du Laboratoire « Techniques de l'imagerie, de la modélisation et de la cognition » (TIMC) de l'Institut d'informatique et mathématiques appliquées de Grenoble (IMAG) ont conçu un Habitat Intelligent pour la Santé. Capteurs et système d'information permettent une surveillance médicale des patients à leur domicile.

Favoriser le maintien ou le retour au domicile des personnes fragiles (personnes âgées, patients atteints de maladies chroniques...) est l'un des aspects de la télémédecine, domaine dans lequel s'illustre l'Équipe « Acquisition, fusion d'information et réseaux pour la médecine » ([AFIRM](#)), du Laboratoire TIMC de l'IMAG.

Dans cette optique, Norbert Noury et Vincent Rialle ont conçu un Habitat Intelligent pour la Santé. Le principe ? À l'aide de capteurs disséminés dans la maison ou embarqués sur la personne suivie, relever un ensemble de données, qui sont traitées et analysées localement par un système d'informations. Ces données sont ensuite relayées par un centre de télésurveillance, grâce à Internet par exemple où elles sont redistribuées aux personnes ressources. Il peut s'agir du médecin hospitalier, du médecin traitant, des services infirmiers des CCAS (Centre communal d'action sociale) ou encore de la famille et des proches.

« Les informations collectées sont de plusieurs ordres », explique Norbert Noury. Il s'agit d'informations physiologiques, comme le poids, les fréquences cardiaque et respiratoire, le taux d'oxygène dans le sang ou encore la glycémie. Quant aux paramètres d'activités, leur détection permet de repérer une bonne alternance des cycles veille/sommeil, des passages réguliers aux toilettes ou encore des sorties. Enfin, l'environnement est également surveillé avec des mesures de températures, d'hygrométrie, de niveau sonore, de taux de CO₂. Pour détecter l'activité, les deux chercheurs ont adapté des capteurs de détection infrarouges pyroélectriques et des contacts magnétiques de porte, déjà disponibles dans le commerce. L'actimètre, destiné à être porté sous l'aisselle gauche du patient, a été conçu par Norbert Noury. Son utilisation aide à détecter les artéfacts de mouvement.

La collecte des informations, physiologiques ou comportementales permet, après traitement des signaux, d'établir une tendance comportementale du patient. En cas de déviation majeure par rapport à ce schéma ou de détection d'une chute par exemple, l'alerte est donnée au centre de télésurveillance.

« L'intérêt de l'Habitat Intelligent pour la Santé est aussi d'évaluer l'entrée en état de dépendance de la personne surveillée », souligne Norbert Noury. Et de se préparer au mieux à la nouvelle situation, soit en réservant une place dans une maison médicalisée ou de retraite, soit en organisant l'accueil dans la famille ». Un appartement pilote a été installé dans le laboratoire et permet de tester son bon fonctionnement. Pour l'instant, toute la technologie est mise en place pour ce dispositif, il reste aux chercheurs à trouver des partenaires industriels pour développer leur projet.

CONTACT

Laboratoire « Techniques de l'imagerie, de la modélisation et de la cognition » (TIMC)
CNRS-Université Joseph Fourier de Grenoble-INP Grenoble
Norbert Noury
Tél. : +33 (0)4 76 63 74 86
Mél : Norbert.Noury@imag.fr

Vincent Rialle
Tél. : +33 (0)4 76 63 71 11
Mél : Vincent.Rialle@imag.fr

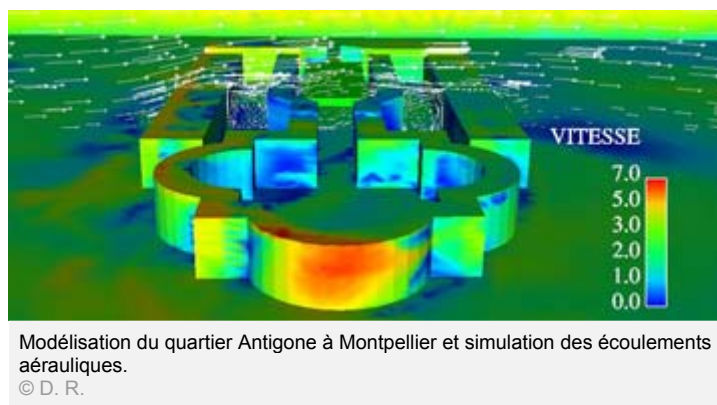
[Consulter le site web](#)
Laboratoire TIMC

Ambiances, ambiance... dans nos villes

Se sentir bien dans sa ville, une notion pas forcément évidente à évaluer. Pourtant les chercheurs du Laboratoire « Ambiances architecturales et urbaines » s'attellent à cette tâche. Gérard Hégron, son directeur, nous confie les axes de recherche du laboratoire.

Comment percevez-vous votre ville ? Vous ne vous êtes jamais posé la question ? Hé bien, les chercheurs du Laboratoire « Ambiances architecturales et urbaines » se la posent pour vous. Qu'est ce qu'une ambiance architecturale et urbaine ? L'ensemble des phénomènes physiques qui participent à la perception sensible de l'environnement construit et au confort de l'usager : lumière, chaleur, vent, sons... « *Nous appréhendons les ambiances à travers plusieurs dimensions* », confie Gérard Hégron¹. « *Cela va de la caractérisation des paramètres physiques à la dimension esthétique en passant par la dimension psychologique, émotionnelle* ».

Pour évaluer la visibilité ou simuler les phénomènes physiques, les chercheurs du laboratoire (architectes, thermiciens, acousticiens, géographes, informaticiens) construisent des modèles géométriques 3D de formes architecturales et urbaines. Un autre type de modélisation leur permet de simuler les rayonnements thermiques ou lumineux ou encore les micro-climats urbains.



Au croisement de l'architecture, des sciences de l'ingénieur et des sciences humaines, se situe la psychophysique, c'est-à-dire l'étude et l'évaluation de la perception physique de l'environnement. À cet effet, les membres du laboratoire disposent de modèles de réalité virtuelle. « *La mise en relation des descriptions morphologiques et physiques d'un environnement architectural ou urbain avec les représentations cognitives des usagers explicite les spécificités d'ambiance d'un lieu* », rapporte Gérard Hégron. L'impact de telle ou telle disposition spatiale sur la qualité environnementale et le confort des usagers est ainsi évalué.

Dans un esprit d'expertise et d'aide à la maîtrise d'ouvrage, les travaux de l'équipe offrent la possibilité d'intégrer les ambiances dans des projets architecturaux ou urbains. À l'aide de méthodes de simulation inverse, il est possible de partir de la définition des ambiances d'un projet architectural et de concevoir une forme adaptée. Preuve est faite que rien n'est laissé au hasard dans la conception moderne de nos villes.

1/ L'Unité « Ambiances architecturales et urbaines » comprend le Centre d'études et de recherches méthodologiques d'architecture (CERMA) et le Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain (CRESSON) de l'École d'architecture de Grenoble.

CONTACT

Gérard Hégron
Centre de recherche méthodologique d'architecture (CERMA)
Fédération de recherche « Physique et image de la ville »
Laboratoire « Ambiances architecturales et urbaines »
CNRS-École d'architecture de Nantes
Tél. : +33 (0)2 40 59 43 24
Mél : hegron@cerma.archi.fr

[Consulter le site web](#)
CERMA

[Consulter le site web](#)
Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain
(CRESSON)

Lutter contre les bruits des transports

Dominique Habault, directrice de recherche au Laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille, travaille sur la thématique « Vibro-acoustique ». Également directrice du Groupement de recherche « Bruit des transports », elle nous en présente les activités de recherche.

Quels sont les objectifs du GDR ?

Dominique Habault. Le GDR a été créé en 2002 par le CNRS-SPI à l'initiative de l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité et du Laboratoire central des ponts et chaussées. Son objectif est de fédérer les activités de recherche d'une vingtaine d'équipes françaises qui travaillent sur la réduction des bruits liés aux transports.



Quelles sont ses activités de recherche ?

D. H. Les études sont réparties en quatre thématiques. Pour la problématique « **Émission et réduction du bruit à la source** », les chercheurs s'attaquent par exemple au bruit généré par le contact du pneu sur la chaussée ou à la prédiction du bruit engendré par un boîtier de vitesse. Le deuxième thème « **Propagation et moyens de protection** » aborde le problème de la propagation acoustique à longue distance. La modélisation des nuisances sonores nécessite la prise en compte de nombreux paramètres, comme la topographie des lieux ou les conditions météorologiques. La troisième thématique « **Perception de la qualité sonore et traitement social du bruit** » est liée au domaine de la psycho-acoustique, où c'est la perception du son, et non son niveau sonore réel, qui est considérée. Enfin, les équipes « **Spécificités du bruit des transports dans l'espace urbain** » sont confrontées à des milieux confinés tels que la rue, où les modélisations sont encore à développer ou adapter. Il est, par exemple, nécessaire de mettre en place de nouveaux outils pour prendre en compte la topologie des façades.

Prenons l'exemple de la voiture. Sur quelles sources sonores peut-on intervenir ?

D. H. Il faut distinguer deux aspects. D'une part, celui qui relève du confort interne des passagers, de plus en plus souvent utilisé comme argument publicitaire. D'autre part, les bruits rayonnés par la voiture vers l'extérieur, ce qui permet d'évaluer la gêne subie par les riverains. Le contact du pneu sur la chaussée provoque un bruit dû aux irrégularités des deux surfaces. L'air se retrouve emprisonné et comprimé. Des efforts ont été réalisés dans ce domaine avec l'utilisation de nouveaux revêtements comme les bétons bitumineux. Cette agglomération de petits cailloux de différentes tailles offre l'avantage d'être également poreuse. Par ailleurs, pour protéger des habitations du bruit d'un trafic routier, on utilise des écrans absorbants. Ceux-ci réfléchissent les rayons rasants émis par la voiture. Trouver les matériaux les plus adéquats, la forme la plus efficace, fait partie des recherches du GDR.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Contre le bruit : l'anti-bruit](#)

CONTACT

Dominique Habault
Groupement de recherche « Bruit des transports »
Laboratoire de mécanique et d'acoustique (LMA)
CNRS
Tél. : +33 (0)4 91 16 40 69
Mél : habault@lma.cnrs-mrs.fr

[Consulter le site web](#)
LMA

[Accueil](#) > [La physique domestiquée](#) > [Lutter contre les bruits des transports](#)

Contre le bruit : l'anti-bruit

Physicien au Laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille, Emmanuel Friot étudie le contrôle actif du bruit et des vibrations. Le point sur une technique particulière de réduction des nuisances sonores.



« Parapluie anti-bruit actif » prototype installé en bordure d'aéroport.
© LMA.

Trop de bruit tue le bruit, c'est un peu le principe du contrôle acoustique actif. Cette méthode de réduction des nuisances sonores consiste en effet à produire un son pour en contrer un autre. « *Un bruit correspond à une vibration de l'air propagée d'une source jusqu'à l'oreille*, rappelle Emmanuel Friot, chargé de recherche au LMA. *En produisant des vibrations exactement opposées, on supprime le bruit indésirable* ». La théorie est simple et connue depuis longtemps. En 1930, un brevet a même été déposé pour cette technique particulière de réduction du bruit.

Cependant la mise en application de ce principe reste difficile. Le contrôle actif fait en effet appel aussi bien à des notions d'acoustique que d'automatique et de traitement du signal en temps réel. « *Nous sommes limités par les modalités de propagation et cette technique demande tout un équipement électronique* », précise Emmanuel Friot. De plus, le contrôle actif n'est efficace que pour les basses fréquences. « *En haute fréquence, nous arrivons à annuler le bruit dans une zone de 15 cm seulement. Sachant que nos oreilles sont généralement distantes de 14 cm, cela ne sert pas à grand-chose* ». Malgré ces contraintes, le contrôle actif a trouvé quelques applications, comme le casque anti-bruit ou les systèmes intégrés dans les gaines de ventilation.

CONTACT

Emmanuel Friot
Laboratoire de mécanique et d'acoustique (LMA)
CNRS
Mél : friot@lma.cnrs-mrs.fr

[Consulter le site web](#)
LMA

La 3D au service du patrimoine

Réaliser des maquettes numériques 3D des plus illustres bâtiments du patrimoine français, pour mieux les comprendre et les faire comprendre : telle est une des missions assignées à l'Unité « Modèles et simulations pour l'architecture, l'urbanisme et le paysage »,¹ sous la responsabilité de Michel Florenzano.

Visiter *cum pedibus jambis* le théâtre romain d'Arles ou arpenter la saline royale d'Arc et Senans, rien d'extraordinaire en soi. Mais découvrir, sous toutes les coutures, ces joyaux du patrimoine hexagonal en glissant un cédérom dans son ordinateur, en visionnant un dispositif muséographique ou en surfant sur Internet, voilà qui peut troubler. Et qui signe, en tout cas, les épousailles fructueuses des technologies multimédias et de l'architecture. Mais comment numériser un « objet » tel que la Vieille Charité, à Marseille, avec, comme objectif, de satisfaire tout à la fois l'érudition des spécialistes et la curiosité du grand public ?

Premier maillon de cette chaîne d'opérations complexes : « bombardier » l'édifice au moyen d'un laser longue portée pour obtenir un « nuage numérique » comprenant plusieurs millions de points dans l'espace, d'une précision de 4 à 5 millimètres pour un tir entre 2 et 200 m.

Étape suivante : convertir cette avalanche de données en un modèle géométrique reconstituant la morphologie « générique » du bâtiment, une espèce de « squelette » dimensionnant et positionnant ses principaux éléments architecturaux (arcs, claveaux, volutes...). « *Pour élaborer cette première maquette 3D, qui consiste à assembler, de proche en proche, les pièces d'une manière de puzzle virtuel, nous nous appuyons évidemment sur des traités d'architecture et sur toute la documentation technique que nous pouvons recueillir pour comprendre les règles qui ont présidé à la conception et à la construction de l'édifice* », précise Michel Florenzano. Reste que certains bâtiments, lourdement affectés par le passage des siècles, sont partiellement détruits. « *Dans ces cas-là, poursuit le même expert, nous formulons plusieurs 'hypothèses de restitution'. Autrement dit, nous proposons plusieurs formes 'théoriques' et nous sélectionnons, en cheville avec des historiens, celle qui 'colle' le mieux avec le reste du modèle et la réalité observée sur d'autres sites* ».

Ultime manœuvre : « qualifier les surfaces », c'est-à-dire « habiller » le modèle géométrique en projetant dessus les relevés photographiques réalisés lors de campagnes terrestre et aérienne (au moyen d'un hélicoptère radiocommandé - et bientôt d'un drone civil - permettant d'obtenir des vues verticales ou obliques). Conçues pour constituer autant de dispositifs muséographiques sous formes d'images fixes ou animées manipulables en temps réel, les maquettes 3D, issues des méthodes et outils de l'ingénierie et rehaussées de textes documentaires, se veulent aussi des outils proprement scientifiques.

But du jeu, à terme : constituer une vaste base de données au service des architectes, des historiens et autres conservateurs : « *Ce procédé permet de décomposer entièrement un bâtiment et d'isoler, par exemple, un objet comme une volée d'escaliers ou une coupole pour en comprendre, dans le détail, l'organisation spatiale et la mise en œuvre technique* ». Une compétence méthodologique encore balbutiante, mais susceptible de bouleverser, dans un futur proche, le regard porté sur les plus beaux spécimens patrimoniaux.

1/ MAP est une unité mixte de recherche associant les Écoles d'architecture de Marseille, de Nancy, de Lyon, de Toulouse, l'INSA de Strasbourg et le CNRS.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Une « sauvegarde numérique » tous azimuts](#)

CONTACT

Michel Florenzano
Unité « Modèles et simulation pour l'architecture, l'urbanisme et le paysage » (MAP)
Tél. : +33 (0)4 91 82 71 70
Mél : michel.florenzano@map.archi.fr

[Consulter le site web](#)
MAP

Une « sauvegarde numérique » tous azimuts

Une dizaine d'«expérimentations» courant de l'Antiquité (s'agissant du capitole de Dougga, en Tunisie) à l'époque moderne (pour l'immeuble de Le Corbusier, construit en 1951 à Marseille), en passant par le Palazzo Mattei di Giove, à Rome, l'ancien hôtel de ville de Cracovie ou l'ex-casino d'Aix-en-Provence, sont d'ores et déjà inscrites à l'actif du MAP où officient de concert chercheurs, ingénieurs et doctorants. « *Pour l'heure, nous ne numérisons que l'extérieur des bâtiments*, précise Michel Florenzano. *Mais l'objectif est de réaliser des maquettes complètes intégrant l'intérieur des édifices* ». Devraient prochainement passer à la moulinette de la numérisation 3D, en partenariat avec le Centre des monuments nationaux, les grandes scènes allégoriques de l'Arc de Triomphe, à Paris, ainsi que le château comtal de Carcassonne (remanié par Viollet-le-Duc). Autres projets sur les rails : la numérisation de la cour d'honneur de la Sorbonne (chapelle comprise) et, dans le cadre d'un contrat de coopération signé entre l'École pratique des hautes études, le CNRS et l'université du Xinjiang, celle du patrimoine vernaculaire de la ville de Kashgar, au Nord-Ouest de la Chine, menacé par l'hyper-urbanisation locale.

CONTACT

Michel Florenzano

Unité « Modèles et simulation pour l'architecture, l'urbanisme et le paysage » (MAP)

Tél. : +33 (0)4 91 82 71 70

Mél : michel.florenzano@map.archi.fr

Pour retrouver les images 3D de quelques édifices numérisés :

[Consulter le site web](#)

Les fondements de la gastronomie moléculaire

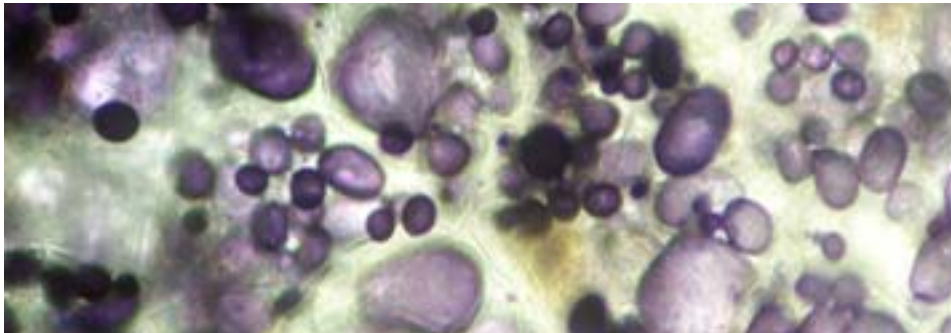
Hervé This est physico-chimiste INRA au Laboratoire de chimie des interactions moléculaires du Collège de France. Avec le physicien Nicholas Kurti (1908-1998), il a créé, en 1988, le concept de gastronomie moléculaire, discipline scientifique qui étudie les transformations culinaires. Il nous laisse entrevoir notre alimentation de demain.

Vous comparez la science à l'exploration du monde. N'exagérez-vous pas le trait quand vous qualifiez la gastronomie de discipline scientifique ?

Hervé This. Pas du tout ! La science cherche à comprendre pourquoi le ciel est bleu ou comment les montagnes ont pu surgir de terre : elle explore notre monde. Dans chaque cas, le scientifique met en œuvre la méthode expérimentale, ensemble de mesures du phénomène, établissement d'un modèle ou d'une théorie, recherche de conséquences testables expérimentalement... Une méthodologie scientifique peut très bien s'appliquer aux transformations culinaires. Et nous l'avons nommée « gastronomie moléculaire ».

La gastronomie moléculaire relève-t-elle de la science ou de la technologie ?

H. T. La science des aliments existe depuis longtemps. Que des physiciens et des chimistes se soient intéressés à la cuisine ne nous dit pas si la gastronomie moléculaire est une science ou une technologie. Pour répondre à la question, il faut examiner la terminologie. La technologie concerne l'objet technique et son perfectionnement. La science s'intéresse au monde, sans référence à la production technique, qu'elle se fasse à l'échelle artisanale ou industrielle. Avec la gastronomie moléculaire, nous sommes clairement dans le dernier cas, pas dans la technologie.



Cellules de pomme de terre crue colorées à l'iode.
© D.R.

Albert Einstein a-t-il revêtu lui aussi son tablier de cuisine ?

H. T. Indirectement oui, puisqu'il s'est intéressé aux systèmes dispersés et que tous les aliments sont des « systèmes dispersés », dont les prototypes sont l'émulsion, le gel, la mousse, la mousse solide, la suspension, la suspension solide... Albert Einstein a mis au point une méthode de calcul de la viscosité des suspensions. En cuisine, le gel, c'est le blanc d'œuf que l'on cuit, l'aspic ou la confiture. L'émulsion, c'est la mayonnaise, le beurre blanc. La suspension, c'est la crème anglaise, la sauce béarnaise. La mousse, c'est le blanc en neige... Généralement, les systèmes sont bien plus complexes. Des grains d'amidons dispersés dans le fluide intracellulaire (l'eau) et des cellules dispersées dans le solide : on appelle cela une pomme de terre, mais ce n'est pas satisfaisant physiquement. Il faut un autre langage... ou un formalisme.



Pourquoi des poires s'amollissent-elles quand on les cuit ? Le sucre change-t-il la texture de la poire cuite ? Comment évolue la texture en fonction du temps et de la température ? Est-il exact que les poires restent blanches quand on les arrose de jus de citron ? Du cuivre étamé les fait-elle rougir ?
© D.R.

Comment passe-t-on du fourneau à la paillasse et à une conceptualisation des faits ?

H. T. Ouvrez un livre de cuisine à la rubrique « compote de poires ». La recette prescrit de cuire des poires avec du sucre et de l'eau : c'est la « définition ». La recette indique d'ajouter du jus de citron pour conserver les poires bien blanches ; c'est une « précision ». La gastronomie moléculaire cherche à comprendre les phénomènes décrits par les définitions et explore les « précisions ». Ce qui n'empêche pas que, par ses applications technologiques, la gastronomie moléculaire peut contribuer à l'avancement de l'art culinaire en proposant des systèmes nouveaux, capables de satisfaire les multiples récepteurs gustatifs.

POUR EN SAVOIR PLUS

[GEHS, quatre lettres pour un nombre infini de recettes](#)

[Une petite histoire de cuisine](#)

CONTACT

Hervé This
Groupe INRA de gastronomie moléculaire
Laboratoire de chimie des interactions moléculaires
CNRS
Tél. : +33 (0)1 44 27 13 10
Mél : hthis@paris.inra.fr

[Consulter le site web](#)
Rubrique « Science et cuisine »

[Consulter le site web](#)
Société française de chimie

GEHS, quatre lettres pour un nombre infini de recettes

En 2003 a été proposé un formalisme fondé sur quatre lettres (G pour gaz, E pour eau, H pour huile et S pour solide) et sur quatre « connecteurs » (/ pour « dispersé dans », + pour « mélangé avec », $\supset$ pour « inclus dans » et σ pour « superposé »). N'importe quel système culinaire (mais aussi les peintures, les cosmétiques...) peut être décrit avec ces symboles. Et l'application de ce formalisme à l'étude de centaines de sauces françaises a montré qu'il n'existe que 23 types de sauces classiques. De surcroît, des sauces « évidentes », comme les veloutés mousseux ((G+H+S)/E), sont absentes du répertoire classique !

Ce formalisme de description globale des systèmes dispersés complexes ne se limite pas à la description des systèmes connus. Il permet de manier intellectuellement des systèmes inconnus et de produire des mets qui ont une formule donnée. Le foisonnement (ajout de bulles de gaz G) d'une émulsion de chocolat dans l'eau (H/E) produit une émulsion gélifiée, conformément à l'équation : $H/E + G \rightarrow (G+H)/E$. Cette mousse de chocolat sans œuf, avec la texture d'une crème fouettée, a été baptisée « chocolat Chantilly » en 1995. La formule tirée au hasard, $((G+H+S1)/E)/S2$, a donné en 2003 le « Faraday », qui peut être au homard, à la coquille Saint-Jacques, ou au merlan, au poulet, à la tomate...

Et demain, que trouverons-nous dans nos assiettes ?

Un second formalisme a été proposé tout récemment, pour décrire des structurations de l'espace... et donc des plats. Il s'agit de considérer que les objets mis en œuvre peuvent avoir une dimension 0, 1, 2, ou 3 (ou intermédiaires : certaines matières sont fractales). L'empilement de ces objets dans les trois directions de l'espace peut être décrit à l'aide d'opérateurs σ_x , σ_y , σ_z . Par exemple, deux plans superposés séparés par un réseau carré d'objets à zéro dimension seront décrits par la formule $D2\sigma_z((D0^{k\sigma_x})^{k\sigma_y})\sigma_zD2$.

Quel goût cela a-t-il ? Essayez vous-mêmes. Pour les objets de dimension 0, prenez n'importe quel grain de gelée de cassis, n'importe quel éclat d'amande grillée... Pour les plats, pourquoi ne pas utiliser de la galette de blé noir, galette de riz...

CONTACT

Hervé This
Groupe INRA de gastronomie moléculaire
Laboratoire de chimie des interactions moléculaires
CNRS
Tél. : +33 (0)1 44 27 13 10
Mél : hthis@paris.inra.fr

Une petite histoire de cuisine

En 1791, Antoine Laurent de Lavoisier s'est intéressé à la confection des bouillons parce qu'il voulait connaître la quantité de viande à fournir aux hôpitaux de Paris pour préparer un bouillon suffisamment nutritif. Il avait compris que le bouillon était composé d'eau et d'une partie nutritive et que les mesures de densité pourraient répondre à ses interrogations. Denis Papin avait déjà mis au point son « digesteur » pour préparer des « bouillons d'os ». Peu après Lavoisier, le chimiste français Louis Jacques Thenard préparait un extrait alcoolique de viande et croyait avoir ainsi identifié « le principe sapide des viandes », popularisé par le gastronome Jean-Anthelme Brillat-Savarin.

CONTACT

Hervé This
Groupe INRA de gastronomie moléculaire
Laboratoire de chimie des interactions moléculaires
CNRS
Tél. : +33 (0)1 44 27 13 10
Mél : hthis@paris.inra.fr

La physique du Chef

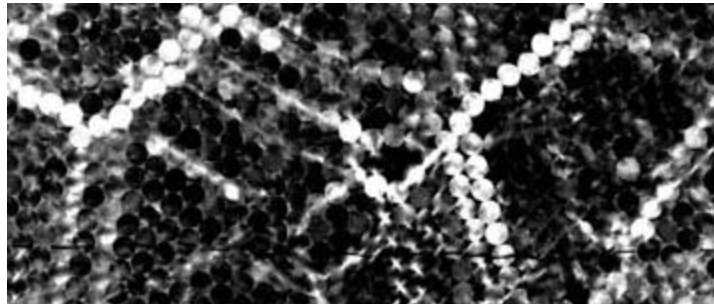
On s'imagine souvent que notre monde quotidien est trop simpliste pour que les physiciens y prêtent attention. Trop préoccupés sans doute par d'autres sphères et univers plus savants et plus complexes. Il n'en est rien ! En témoigne la physique de la matière, qui cherche toujours à percer les mystères de la matière quotidienne. Démonstration culinaire de Pablo Jensen, chargé de recherche au Laboratoire de physique de la matière condensée et nanostructures (LPMCN), qui a mis son nez dans la farine...

À quoi ressemble un physicien au fourneau ?

Pablo Jensen. Prenez un exemple simple : pour faire un roux, il faut ajouter un peu de farine à du gras au fond d'une casserole. Un jeu d'enfant, direz-vous ! Pas du tout ! Verser de la farine dans une casserole, c'est s'exposer à une catastrophe culinaire : si le bocal n'est pas assez penché, rien n'en sort, et si nous le basculons plus franchement, une avalanche de farine en tombe brusquement, ensevelissant notre malheureux bout de gras et nous condamnant à de hasardeuses opérations de récupération.

Alors, solides ou liquides ?

P. J. Là est l'ambiguïté. Les matériaux granulaires¹ à base de farine, de sable ou de petits cailloux cumulent certaines caractéristiques des liquides et des solides : ils sont relativement faciles à fractionner, à transvaser d'un récipient à un autre, mais peuvent aussi tenir en place, sans couler spontanément. Un récipient contenant des grains se vide lorsqu'on le penche, mais il le fait par à coups. Des observations ont montré que seuls les grains qui se trouvent à la surface du tas coulent comme un liquide, tandis qu'à l'intérieur les grains restent prisonniers de leurs voisins, comme dans un solide.



Lorsque l'on empile des grains, le poids de la partie supérieure du tas ne s'applique pas uniformément sur tous les grains situés en dessous. Grâce à une technique astucieuse, Daniel Bideau et ses collaborateurs de l'Université de Rennes (Groupe matière condensée et matériaux, GMCM) ont réussi à faire ressortir (en clair) les grains qui subissent des forces importantes. Ces grains constituent de véritables « voûtes » qui maintiennent le système en place, alors que les autres grains ne subissent pratiquement aucune force.
© D. R.

Comment la physique interprète-t-elle ce comportement « hybride » ?

P. J. Le phénomène peut s'expliquer par la formation aléatoire de véritables voûtes, constituées par quelques grains, qui peuvent soutenir l'ensemble des grains situés au-dessus d'elles, les empêchant d'atteindre leur position la plus stable² vis-à-vis de la gravité. Un tas de farine est un mélange de parties « solides » (les grains qui supportent les forces et qui sont rigidement fixés) et « liquides » (les grains qui sont entre les parties solides et peuvent glisser facilement). La possibilité pour le système de se bloquer dans un grand nombre de configurations différentes de celle correspondant à l'équilibre « optimal » est un véritable cauchemar pour le physicien. Je montre dans mon livre que les substances quotidiennes, souvent désordonnées, posent d'énormes problèmes à notre discipline. Du coup, les « tours de main » restent parfois les meilleurs guides...

1/ Notre cuisine en est remplie (riz, sucre, sel, farine, céréales, café), notre habitat aussi (graviers, sable), sans parler des industries chimiques et pharmaceutiques (pilules, granulés pour plastiques).

2/ Une technique utilisée par les marchands de café peut nous aider à comprendre ce qui se passe. Après avoir rempli le sac à ras bord, on tapote dessus pour « tasser » le café, ce qui casse certaines voûtes, permettant aux grains de descendre pour trouver de meilleurs emplacements. Ceci diminue le volume du sachet et permet de le fermer.

À LIRE

- *Des atomes dans mon café crème : La physique peut-elle tout expliquer ?* Pablo Jensen, Seuil, Points-Sciences, février 2004.

CONTACT

Pablo Jensen
Laboratoire de physique de la matière condensée et nanostructures (LPMCN)
CNRS-Université Lyon 1
Tél. : +33 (0)4 72 43 15 64
Mél : Pablo.Jensen@lpmcn.univ-lyon1.fr

[Consulter le site web](#)
LPMCN

Du goût pour la physique à la physique du goût

Les aliments font, pour la plupart, appel à des procédés de fabrication multiphasés et dépendants de très nombreux paramètres tels que la température, la composition chimique des ingrédients, l'énergie mécanique... Les aliments passent par pratiquement tous les états mécaniques et rhéologiques de la matière, du liquide visqueux au solide plastique et très déformable voire fragile. C'est ce que nous révèle Bertrand Nongaillard, enseignant-chercheur à l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN).

Longtemps réduite au rang d'un impératif de survie, l'alimentation occupe une place importante dans le développement de l'activité économique des pays occidentaux. Source de plaisir, de convivialité et d'innovations, elle illustre parfaitement l'ingéniosité dont l'homme a su faire preuve pour s'approprier, sur la base d'une expérience pratique, les divers états d'une matière aux propriétés biochimiques et physiques souvent complexes.

Les sens en éveil

La satisfaction du consommateur passe par l'analyse de la qualité des produits au travers de ses organes sensoriels. Les perceptions au travers du goût, de la vue, de l'odorat, de la résistance à la mastication et de la texture en bouche fournissent au consommateur un ensemble d'informations parfois subjectives intervenant dans l'appréciation qu'il porte sur les produits alimentaires.

L'analyse du consommateur qui intègre de nombreux paramètres physico-chimiques est fortement influencée par les propriétés mécaniques et rhéologiques des produits qui recouvrent des notions telles que la tendreté pour la viande, le crémeux ou le côté granuleux pour un fromage, le collant ou le craquant pour des gâteaux. Ces différentes propriétés qualifient le résultat de tests mécaniques particuliers réalisés dans la bouche du consommateur et intervenant dans la définition des qualités organoleptiques des produits. Il est souvent difficile de comparer le résultat de ces analyses multifactorielles sur des produits complexes à de simples tests mécaniques d'élongation, de compression ou de cisaillement.

Le contrôle de la qualité au niveau de la production doit répondre avant tout aux attentes du consommateur tout en maîtrisant les coûts. La spécificité du tissu économique agroalimentaire français réside dans la nécessité de fabriquer des produits artisanaux reposant sur des savoir-faire fortement liés aux opérateurs et des produits industriels sur un marché mondial concurrentiel fortement automatisé. La caractérisation des produits ou des procédés de fabrication passe par la mise au point de capteurs et d'instrumentations associées apportant une information objective, non dépendante de l'opérateur.

1/ Travaux objet d'une collaboration depuis plus de 10 ans entre le CNRS et diverses unités INRA, dont une, essentielle, sur le fromage (INRA de Poligny : Yolande Noël).

POUR EN SAVOIR PLUS

[Crème sur écoute](#)

CONTACT

Bertrand Nongaillard
Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN)
Tél. : +33 (0)3 27 51 14 50
Mél : Bertrand.Nongaillard@Univ-Valenciennes.fr

[Consulter le site web](#)
IEMN

Crème sur écoute

Le procédé de fabrication des pâtes fromagères consiste à concentrer les matières nutritives (protéines, lipides et minéraux) et à évacuer une partie de l'eau contenue dans le lait de départ, de façon à faciliter la conservation des produits et à décliner des goûts et des textures adaptées aux exigences du consommateur. Ce processus met en jeu des phénomènes physico-chimiques extrêmement complexes et dépendant de nombreux paramètres dont la composition chimique du lait de départ et la température. Explications de Bertrand Nongaillard, enseignant-chercheur à l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN).

Dans le cas des fromages, la difficulté essentielle réside dans le fait que les propriétés du produit sont en grande partie fixées lors d'un processus de fabrication qui dure au plus une vingtaine d'heures et que le produit n'est commercialisé qu'au bout de plusieurs mois d'affinage. Il est alors essentiel de disposer d'outils d'évaluation non destructive des propriétés des fromages à la fois en cours de fabrication (pilotage), en cours d'affinage (conduite) et en fin d'affinage (gradage).

La composition du lait, variable dans le temps, représente une cause importante de la dispersion des propriétés du produit final. Une étape technologique clé réside dans la phase d'égouttage et de pressage où un processus de cohésion s'établit entre les grains de caillé conditionnant en partie les propriétés élastiques du produit final. Lors de cette phase, deux cinétiques d'égouttage peuvent être analysées : l'égouttage des grains et l'évacuation du liquide inter-grains. La quantification de ces cinétiques constitue un enjeu fondamental de la maîtrise du procédé de fabrication.

Des capteurs acoustiques basses fréquences ont permis d'estimer ces cinétiques à partir de l'analyse de l'amplitude et de la vitesse de propagation d'ondes mécaniques basses fréquences qui interagissent de façon non destructive avec le milieu. En effet, les ondes acoustiques donnent accès à l'humidité et aux propriétés rhéologiques de la matière, de manière non destructive.

La conduite optimale de la phase d'affinage, sur une durée qui peut varier de 1 à 18 mois, conditionne en partie les qualités organoleptiques du produit. Les contrôles qualité réalisés doivent permettre de déceler au plus tôt les non conformités des produits, si possible sans en altérer ni l'aspect ni la valeur économique. Ce contrôle appelé gradage s'appuie à la fois sur une analyse du comportement vibratoire (essentiellement pour les fromages à pâtes pressées cuites comme l'emmental) et sur l'analyse de prélèvements réalisés par carottage. Des capteurs acoustiques ont pu, associés à un système expert, aider les opérateurs à réaliser ce diagnostic de façon non destructive. Reste à développer un dispositif d'évaluation précoce de la qualité de façon à réaliser au plus vite le tri des produits. Un indicateur de classement de produits a été élaboré en combinant plusieurs informations tirées d'une investigation acoustique.

Cette méthode non destructive évite d'interrompre les processus de fabrication et donne des informations relatives à la qualité du produit au cours des étapes de sa fabrication. Sur d'autres produits alimentaires, tels que la pâte à pain en cours de fermentation, il est alors possible de différencier des cinétiques d'évolution de pâtes réalisées avec des protocoles ou des ingrédients différents. La sensibilité des méthodes utilisées ouvre des perspectives nouvelles dans leurs applications à l'industrie agroalimentaire.

1/ Les réarrangements mécaniques du produit, le relâchement des contraintes subies à la fabrication, la perte d'humidité et le développement de micro-organismes constituent les phénomènes importants de la phase appelée affinage dans le procédé de fabrication.

2/ Le gradage permet d'effectuer un tri des produits en fonction de leur qualité et définit leur valeur économique, a posteriori.

CONTACT

Bertrand Nongaillard
Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN)
Tél. : +33 (0)3 27 51 14 50
Mél : Bertrand.Nongaillard@Univ-Valenciennes.fr

Jules Verne, un romancier de la modernité

Traduit dans le monde entier et rendu populaire par le septième art, la télévision ou le livre de poche, Jules Verne¹ s'impose aujourd'hui comme écrivain après avoir été longtemps réduit à deux secteurs souvent considérés comme mineurs : les livres pour la jeunesse et la science-fiction. Daniel Compère, maître de conférences à l'Université Paris 3 et chercheur à l'Institut des textes et manuscrits modernes (ITEM) nous invite à une rencontre initiatique avec le père de Michel Strogoff et du capitaine Nemo.

Après avoir tenté une carrière dans le théâtre, Jules Verne se lance dans le roman au début des années 1860. À sa mort en 1905, il laisse un ensemble romanesque de 62 titres regroupés sous l'appellation générale de *Voyages extraordinaires*. Le projet est né d'une double rencontre, l'une avec l'œuvre d'Edgar Poe que Baudelaire traduisait en France, l'autre avec l'éditeur Hetzel qui lance en 1864 le *Magasin d'éducation et de récréation*. Au-delà du projet éducatif, J. Verne a perçu combien les découvertes scientifiques et géographiques de son époque pouvaient fournir une riche matière à un romancier qui saurait les mettre en scène.

Les premières œuvres se tournent vers des lieux inexplorés : les sources du Nil (*Cinq semaines en ballon*, 1863), le pôle Nord (*Voyages et aventures du capitaine Hatteras*, 1864-65), les entrailles du globe (*Voyage au centre de la Terre*, 1864), son satellite (*De la Terre à la Lune*, 1865), le fond des mers (*Vingt mille lieues sous les mers*, 1869-70). J. Verne utilise un genre littéraire ancien, le voyage imaginaire, mais le modernise grâce à des bases scientifiques solides qu'il acquiert par ses lectures. Pour accomplir ces voyages aux pays des merveilles, des engins de transport sont nécessaires. L'auteur les emprunte à l'actualité : le *Nautilus* du capitaine Nemo (*Vingt mille lieues sous les mers*), l'*Albatros* (*Robur-le-Conquérant*, 1886) ou le *Géant d'acier* (*La Maison à vapeur*, 1880) s'inspirent de recherches contemporaines.

Jules Verne n'invente pas, il se livre à un abondant travail de documentation que son imagination transforme en une fiction toujours vraisemblable. À cela s'ajoutent des phénomènes et événements observés au cours de ses pérégrinations notamment outre-Atlantique, dans les pays nordiques ou en Méditerranée. J. Verne fait ainsi entrer dans le champ de la littérature les éléments les plus disparates, des termes techniques, des données scientifiques, des noms réels, des chiffres ou mots étrangers qu'il parvient à rendre passionnants... Comme son contemporain Baudelaire avide de « modernité », J. Verne aspire à un « nouveau » que le voyage pourrait apporter, un nouveau qui vient autant d'une époque en mutation que de l'imagination des artistes.

Les *Voyages extraordinaires* sont aussi le reflet des grandes questions du XIX^e siècle : les guerres entre nations et le colonialisme, les revendications des peuples pour leur liberté, la montée du capitalisme, le devenir de l'humanité. Mais, ce qui marque avant tout les lecteurs des romans de Jules Verne, ce sont les rebondissements de l'aventure, les traversées de paysages exotiques, de déserts brûlants ou glacés, ou l'exploration d'îles mystérieuses, de villes englouties, de jungles inextricables. Une œuvre qui nous fera rêver encore longtemps.

1/ Commémoration du centenaire de la mort de J. Verne le 24 mars 2005.

POUR EN SAVOIR PLUS

[Le récit « vernien » : science fiction ou fiction scientifique ?](#)

CONTACT

Daniel Compère
Université de Paris 3 (Sorbonne nouvelle)
Institut des textes et manuscrits modernes (ITEM)
CNRS
Mél : daniel.compere@wanadoo.fr

[Consulter le site web](#)
ITEM

Le récit « vernien » : science fiction ou fiction scientifique ?

Vingt mille lieues sous les mers

Vingt mille lieues sous les mers illustre bien la manière dont Jules Verne utilise la littérature pour questionner le monde qui l'entoure et son évolution. Le personnage de Nemo, hors-la-loi, misanthrope qui a trouvé refuge sous les mers est un personnage fascinant. Il a conçu un engin sous-marin, le *Nautilus*, qui fonctionne de manière quasiment autonome puisqu'il tire son énergie de la mer elle-même. Le professeur Aronnax, prisonnier puis invité de Nemo, ne cesse de découvrir les capacités de cet étonnant appareil.

Nemo a également perfectionné une invention récente, le scaphandre mis au point par deux Français, Louis Denayrouze et Benoît Rouquayrol. Il devient ainsi un véritable habitant de ce continent nouveau qu'est le monde sous-marin. Lorsqu'il revêt à son tour un scaphandre, Aronnax a l'impression de passer « une armure à la fois souple et résistante » (1^e partie, ch. XVI). Transposition de l'armure médiévale, le scaphandre est destiné à protéger le corps de l'agression de ce milieu hostile qu'est l'eau. Il permet au corps de supporter le froid et la pression de l'eau, et d'affronter en nouveau chevalier les [monstres marins](#) qui, eux aussi, prennent une allure médiévale.

Nemo est aussi un savant qui initie Aronnax aux merveilles des mondes sous-marins. Au cours de l'une de ses promenades, un [monde étrange et fascinant](#) se présente à ses regards. Pour un spécialiste des sciences naturelles comme Aronnax, le *Nautilus* est un extraordinaire moyen de découvrir des phénomènes scientifiques. Ainsi peut-il observer les [coraux](#) dans leur création continue.

Autre découverte d'un autre ordre, mais tout aussi fascinante, les ruines de l'[Atlantide](#) que Nemo a retrouvées au fond de l'océan Atlantique. Les capacités de résistance du *Nautilus* l'autorisent même à plonger dans les plus extrêmes profondeurs de l'Atlantique et à contempler le [socle primitif](#) sur lequel toutes les terres se sont développées.

Savant et lettré, et double de Jules Verne, Aronnax a lu les travaux de Darwin sur l'évolution et *La Mer* de Jules Michelet comme les contes d'Edgar Allan Poe et *Les Travailleurs de la mer* de Victor Hugo. Il trouve aussi dans la bibliothèque du *Nautilus* des ouvrages qui lui permettent de compléter ses connaissances, comme la *Géographie physique du globe* de Maury citée à plusieurs reprises.

Mobilis in mobile, mobile dans l'élément mobile : telle est la devise du *Nautilus*, le sous-marin du capitaine Nemo qui peut se déplacer dans toutes les mers du globe. Ce pourrait être aussi la devise de Jules Verne dont les romans abordent tous les domaines de la connaissance.

CONTACT

Daniel Compère
Institut des textes et manuscrits modernes (ITEM)
CNRS
Université de Paris 3 (Sorbonne nouvelle)
Mél : daniel.compere@wanadoo.fr

[Accueil](#) > [À découvrir](#)

2005, année mondiale de la physique

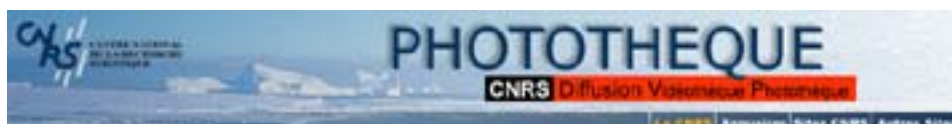
L'année 2005 a été choisie pour célébrer les sciences physiques, cent ans après la publication des travaux révolutionnaires d'Albert Einstein. Au-delà de l'hommage rendu à une figure majeure de la physique du XX^e siècle, l'Année mondiale de la physique ambitionne de sensibiliser un public très large aux progrès, à l'importance et aux enjeux de ce grand pan de science.



[Accueil](#) > [À découvrir](#)

Photothèque du CNRS

La Photothèque du CNRS a pour mission de conserver le patrimoine photographique du CNRS, de collecter, de gérer et de diffuser les images scientifiques issues des laboratoires de recherche du CNRS dans des disciplines très diverses : physique, chimie, mathématiques, sciences de l'Univers, sciences de la vie, sciences pour l'ingénieur, sciences de l'information et de la communication, sciences de l'Homme et de la société. Le fonds comprend environ 22 000 images (expériences, manipulations, appareillages et équipements, chercheurs *in situ*, résultats de recherche...) 9 000 sont accessibles en ligne et l'accroissement annuel est d'environ 1 500.



La physique au lycée

Le site « La physique au lycée » est destiné à illustrer et définir les termes clés des programmes de physique du secondaire. Il est composé d'un petit lexique illustré, d'une quarantaine de termes de base de physique, et d'une iconographie issue de la banque d'images de la photothèque du CNRS. Il comporte des liens avec le site de la banque d'images ainsi qu'une indication de mots clés et de thèmes pour une aide à la recherche d'autres images. À partir des images, il est aussi possible de remonter jusqu'aux laboratoires qui les ont produites via un lien hypertexte vers leur site propre. Par ailleurs, une zone de compléments apporte des informations sur l'histoire de la physique à travers ses grands hommes et leurs découvertes.

Le site est découpé en quatre thèmes : **interactions fondamentales** ; **mécanique** ; **électrodynamique** ; **optique**. Plusieurs approches sont possibles :

- **iconique** : navigation intuitive par les images, les mosaïques... ;
- **thématique** : parcours linéaire suivant un sommaire, à la manière d'un manuel scolaire ;
- **conceptuelle** : parcours à partir des trois concepts transversaux du programme : la matière, l'énergie et le temps ;
- **« par l'actualité »** : entrée dans le site via des images récentes ou d'actualité.

CONTACT

Marie-Odile Jacquot

Photothèque du CNRS
Tél. : +33 (0)1 45 07 56 87
Mél : jacquot@cnrs-bellevue.fr

Dominique Ménillet
« La physique au lycée »
Tél. : +33 (0)1 45 07 58 57
Mél : menillet@cnrs-bellevue.fr

[Accueil](#) > [À découvrir](#)

Vidéotheque du CNRS

La vidéotheque du CNRS a pour mission la conservation et la diffusion des films et vidéos produits ou coproduits par le CNRS (CNRS Images médias, laboratoires...). Le fonds du CNRS comprend actuellement environ 1000 films scientifiques, documentaires, reportages, images d'archives et d'actualité de la recherche, produits depuis 1980 pour les deux-tiers d'entre eux.

Toutes les disciplines scientifiques sont représentées par les films de ce fonds, toutefois une des principales richesses de CNRS Vidéotheque est constituée par les films ethnographiques (environ 300 titres).



[Consulter quelques notices de films sur le thème de la physique](#)

[Accueil](#) > [À découvrir](#)

CNRS ÉDITIONS

CNRS ÉDITIONS, la référence du savoir.

Dirigée et animée par des professionnels du livre, CNRS ÉDITIONS, la maison d'édition du CNRS, publie des ouvrages de référence dans tous les champs du savoir.

Fort de 2000 références et de plus de 100 nouveautés par an, son catalogue est une véritable encyclopédie où vous pourrez trouver des ouvrages consacrés à la physique au quotidien.



[Consulter quelques notices d'ouvrages sur le thème de la physique](#)

[Accueil](#) > [À découvrir](#)

Des livres pour les jeunes

Zoom sur quatre collections des éditions Le Pommier :

Les Petites Pommes du Savoir s'adressent aux adultes mais également aux plus jeunes, lycéens et collégiens. L'esprit de la collection : informer et faire réfléchir, aider à comprendre le monde qui nous entoure, répondre aux questions qui habitent notre vie quotidienne, réconcilier le public avec la science. Parmi les titres : *Combien de particules dans un petit pois ?* - *Qu'est-ce qu'une goutte d'eau ?* - *Pourquoi n'y a-t-il pas d'étoiles vertes ?* - *Pourquoi la mer est-elle bleue ?* - *Pourquoi le Soleil brille-t-il ?*

Les minipommes : s'appuyant sur l'expérience des *Petites Pommes du Savoir*, cette nouvelle collection élaborée en interaction avec une classe d'enfants de CM1-CM2, propose aux enfants un savoir scientifique exposé avec humour et fantaisie. Premier titre : *Le soleil, notre étoile*.

Graines de sciences : une collection qui souhaite permettre aux enseignants de l'école primaire et aux parents d'accompagner les enfants dans la découverte des sciences. La physique est présente dans chaque volume.

Les aventures de Fisie Ka : une collection où la fiction donne accès, par l'imaginaire autant que par l'expérimentation, au monde de la physique, et plus généralement des sciences de la nature. Titres : *Fisie ka et la pierre mystérieuse* – *Fisie Ka et l'énigme du miroir*.



Le Pommier
Catalogue

[Accueil](#) > [À découvrir](#)

Les Petits Débrouillards

Le mouvement associatif *Les Petits Débrouillards* offre aux enfants depuis 1984 des activités scientifiques et techniques. Il s'emploie à favoriser auprès de tous et plus particulièrement des enfants et adolescents, l'intérêt pour les sciences et les techniques, et à en permettre la connaissance et la pratique, en privilégiant la démarche participative, expérimentale et ludique. Les grandes lignes de son action : faire découvrir la science en s'amusant, cultiver le plaisir de comprendre, donner à l'enfant le goût de la démarche scientifique, développer le sens du partage.



Un exemple d'expérience en physique (*Conducteur ou pas ?*) et un exemple de jeu (*L'âne, la terre et le soleil*) proposés sur [le site Internet](#).

[Accueil](#) > [À découvrir](#)

La main à la pâte

La main à la pâte vise à promouvoir au sein de l'école primaire une démarche d'investigation scientifique et vient en appui à la mise en œuvre des programmes rénovés de l'enseignement de sciences et de la technologie à l'école.

En 1996, à l'initiative du professeur Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992, et de l'Académie des sciences, le ministère de l'Éducation nationale a lancé officiellement, dans un nombre limité de classes et de départements, une opération de rénovation de l'enseignement des sciences intitulée *La main à la pâte*. Un site Internet pour les enseignants est ouvert, avec le concours de l'Institut national de recherche pédagogique (INRP) en 1998.



Un exemple autour de la physique :

[Enseigner les sciences physiques à l'école avec de jeunes élèves](#)

Dans la dynamique de la main à la pâte, l'Espace des sciences de Paris propose un accompagnement scientifique, forme originale de partenariat entre l'école primaire et les personnes ayant une formation scientifique, les étudiants des grandes écoles et des universités.

Les scientifiques de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI) se sont mobilisés pour contribuer à la rénovation de l'enseignement des sciences en accompagnant les maîtres et leurs élèves (partenariat avec l'INRP, l'École normale supérieure, l'IUFM de Paris...).

<http://www.espci.fr/esp/ESPecol.htm>

Médailles d'or du CNRS

La médaille d'or du CNRS distingue chaque année, depuis sa création en 1954, l'ensemble des travaux d'une personnalité scientifique qui a contribué de manière exceptionnelle au dynamisme et au rayonnement de la recherche française.

2004 Alain Connes (mathématiques) (médaille Fields 1982)
2003 Albert Fert (physique)
2002 Claude Lorius et Jean Jouzel (climatologie)
2001 Maurice Godelier (anthropologie)
2000 Michel Lazdunski (biochimie)
1999 Jean-Claude Risset (informatique musicale)
1998 Pierre Potier (chimie)
1997 Jean Rouxel (chimie)
1996 Claude Cohen-Tannoudji (Nobel de physique 1997)
1995 Claude Hagège (linguistique)
1994 Claude Allègre (physique du globe)
1993 Pierre Bourdieu (sociologie)
1992 Jean-Pierre Changeux (neurobiologie)
1991 Jacques Le Goff (histoire)
1990 Marc Julia (chimie)
1989 Michel Jouvet (biologie)
1988 Philippe Nozières (physique)
1987 Georges Canguilhem (philosophie)
Jean-Pierre Serre (mathématiques) (méd. Fields 1954)
1986 Nicole Le Douarin (embryologie)
1985 Piotr Slonimski (génétique)
1984 Jean Brossel (physique)
Jean-Pierre Vernant (histoire)
1983 Evry Schatzman (astrophysique)
1982 Pierre Joliot (biochimie)
1981 Jean-Marie Lehn (chimie) (Nobel de chimie 1987)
Roland Martin (archéologie)
1980 Pierre-Gilles de Gennes (Nobel de physique 1991)
1979 Pierre Chambon (biologie)
1978 Maurice Allais (Nobel de sciences économiques 1988)
Pierre Jacquinot (physique)
1977 Charles Fehrenbach (astronomie)
1976 Henri Cartan (mathématiques)
1975 Raymond Castaing (physique)
Christiane Desroches-Noblecourt (égyptologie)
1974 Edgar Lederer (biochimie)
1973 André Leroi-Gourhan (ethnologie)
1972 Jacques Oudin (immunologie)
1971 Bernard Halpern (immunologie)
1970 Jacques Friedel (physique)
1969 Georges Chaudron (chimie)
1968 Boris Ephrussi (génétique)
1967 Claude Lévi-Strauss (ethnologie)
1966 Paul Pascal (chimie)
1965 Louis Neel (physique) (Nobel de physique 1970)
1964 Alfred Kastler (physique) (Nobel de physique 1966)
1963 Robert Courrier (biologie)
1962 Marcel Délépine (chimie)
1961 Pol Bouin (physiologie)
1960 Raoul Blanchard (géographie)
1959 André Danjon (astrophysique)
1958 Gaston Ramon (immunologie)
1957 Gaston Dupouy (physique)
1956 Jacques Hadamard (mathématiques)
1955 Louis de Broglie (physique) (Nobel de physique 1929)
1954 Émile Borel (mathématiques)

[Accueil](#) >

Index des contacts (A-F)

- **Barberousse Anouk**
[L'image physique du monde](#)
- **Barrat Alain**
[Le réseau, ça crée des liens](#)
- **Barthélémy Marc**
[Le réseau, ça crée des liens](#)
- **Barquins Michel**
 - * [La colle dans tous ses états](#)
 - * [Joindre les deux bouts](#)
- **Berge Bruno**
[Le numérique passe aux lentilles liquides](#)
- **Berthier Serge**
[Quand le caméléon fait des adeptes Couleur et biomimétisme](#)
- **Bittoun Jacques**
[Respiration aimantée](#)
- **Blondel Christine**
 - * [Ampère électrisera bientôt le Net](#)
 - * [L'énigme de la « découverte manquée »](#)
- **Callet Patrick**
[En voir de toutes les couleurs ! Modélisation de la couleur et de l'effet visuel](#)
- **Compère Daniel**
 - * [Jules Verne, un romancier de la modernité](#)
 - * [Le récit « vernien » : science fiction ou fiction scientifique ?](#)
- **Doubre Hubert**
[Vous avez dit recyclables ?](#)
- **Elias Mady**
[Tableaux de maîtres sous les feux des projecteurs Couleur et art](#)
- **Fink Mathias**
[Une machine à retourner le temps pour traquer les tumeurs](#)
- **Florenzano Michel**
 - * [La 3D au service du patrimoine](#)
 - * [Une « sauvegarde numérique » tous azimuts](#)
- **Friot Emmanuel**
[Contre le bruit : l'anti-bruit](#)

[Accueil](#) >

Index des contacts (G-M)

- **Gay Cyprien**
Des adhésifs qui font « pop » !
- **Gibert Dominique**
Au cœur des volcans
- **Gaudillère Jean-Paul**
Machines à voir, machines à guérir
- **Guyonnet Jean-Louis**
Ganglions sentinelles en première ligne
- **Habault Dominique**
Lutter contre les bruits des transports
- **Hégron Gérard**
Ambiances, ambiance... dans nos villes
- **Hulin Nicole**
 - * De l'enseignement de la physique (XIX^e-XX^e siècles)
 - * Instruments et circulaires
- **Jauréguiberry Francis**
 - * T ou ? Tu fe koi 2m'1 ?
 - * De nouvelles formes d'inégalité
- **Jensen Pablo**
La physique du Chef
- **Jouzel Jean**
Gérard Mégie : un physicien citoyen du monde
- **Lafait Jacques**
Une science tout en couleurs La couleur et la science
- **Langevin-Joliot Hélène**
La physique de Marie Curie racontée par Hélène Langevin-Joliot
- **Langevin-Joliot Hélène**
Leçons de Marie Curie
- **Marry Catherine**
 - * Femme et physique : si peu d'atomes crochus...
 - * La place des femmes au CNRS
- **Matarasso Pierre**
Les scientifiques face au changement climatique
- **Mathiot Daniel**
Vers une cellule photovoltaïque de troisième génération...
- **Mazoyer Bernard**
Quand la physique lit dans nos pensées...

Index des contacts (N-Z)

- **Nongaillard Bernard**
 - * [Du goût pour la physique à la physique du goût](#)
 - * [Crème sur écoute](#)
- **Noury Norbert**
 - [Habitat Intelligent pour la Santé : favoriser le maintien à domicile](#)
- **Orphal Johannes**
 - [La qualité de l'air vue du ciel](#)
- **Pestre Dominique**
 - [Des physiciens et de la guerre : le cas des années 1940 et 1950](#)
- **Pointu Anne-Marie**
 - [Un plasma à l'assaut des microbes](#)
- **Pouyllau Stéphane**
 - * [Ampère électrisera bientôt le Net](#)
 - * [L'énigme de la « découverte manquée »](#)
- **Quéré David**
 - [Effet lotus : quand la nature a horreur de l'eau](#)
- **Regert Martine**
 - [La colle dans tous ses états](#)
- **Rialle Vincent**
 - [Habitat Intelligent pour la Santé : favoriser le maintien à domicile](#)
- **Roux Alain**
 - [L'imagerie médicale illustrée](#)
- **Schuhl Alain**
 - [Où l'infiniment petit atteint ses limites...](#)
- **Suraud Éric**
 - [Etoile et Asclepios en lutte contre le cancer](#)
- **This Hervé**
 - * [Les fondements de la gastronomie moléculaire](#)
 - * [GEHS, quatre lettres pour un nombre infini de recettes](#)
 - * [Une petite histoire de cuisine](#)
- **Troccaz Jocelyne**
 - [Chirurgiens assistés par ordinateur](#)
- **Van Damme Henri**
 - * [Matériaux cimentaires : des nanomatériaux qui s'ignorent](#)
 - * [Des matériaux soucieux de leur apparence](#)
 - * [Auto-assemblages très résistants](#)
 - * [La physique des masques de beauté](#)
- **Vespignani Alessandro**
 - [Le réseau, ça crée des liens](#)