

Conférence de presse

Nanotechnologies et santé

Mardi 30 janvier 2007

CNRS, Paris

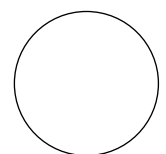
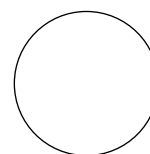
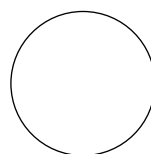
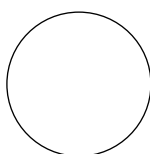
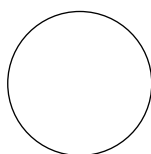
DOSSIER DE PRESSE

Contact presse

Laetitia Louis

T 01 44 96 51 37

Laetitia.Louis@cnrs-dir.fr



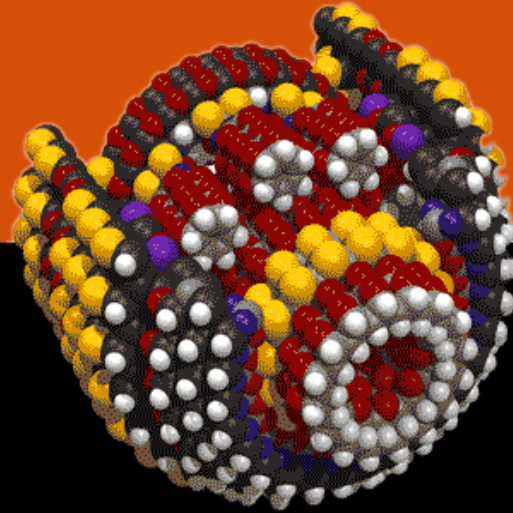
nanotechnologies & santé

Découvrir

Voir & faire

Laboratoires

En savoir plus



• *Tout le site en un clic*



Vectorisation
des médicaments

• Actualités

• Auteurs

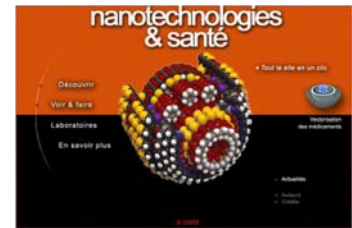
• Crédits

© CNRS

Quoi de neuf avec les nanotechnologies ?

Sans doute, tout. Elles déferlent et alimentent toutes les disciplines : physique, chimie, médecine ou écologie. Elles permettent de contrôler les processus de fabrication de nanostructures, d'en mesurer les caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et de les intégrer dans des structures plus larges.

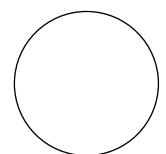
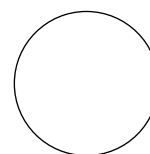
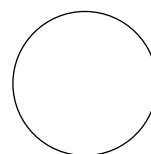
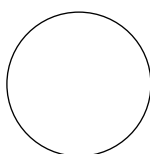
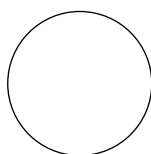
A la clef, d'innombrables applications, et autant de défis à relever aussi bien scientifiques que sociétaux.

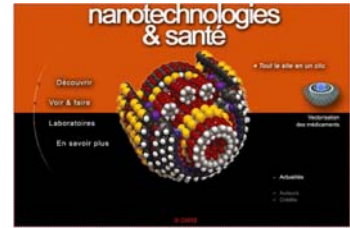


Conférence de presse Nanotechnologies et santé

Sommaire

- Programme de la conférence de presse
- Les intervenants
- Les interventions
- Communiqué de presse - Nanotechnologies et santé
- Plan du dossier web
- Coordonnées des chercheurs ayant participé au dossier Sagascience Nanotechnologies et santé
- Planche photos/visuels disponibles pour la presse
- Sagascience et ses partenaires
- Nanomonde : un ouvrage de CNRS Editions



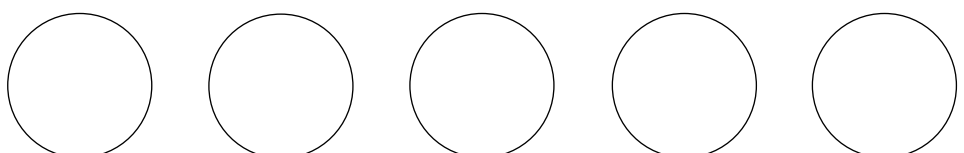


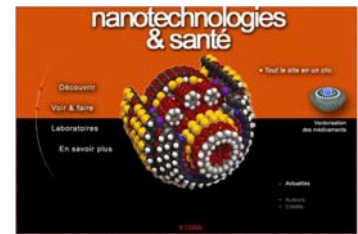
Conférence de presse Nanotechnologies et santé

Programme de la conférence de presse 30 janvier 2007

- **Les nanoparticules : des outils modulables pour la biologie** par **Stéphane Roux**, chercheur au laboratoire de Physico-chimie des matériaux luminescents (CNRS/UCBL).
- **Nanomatériaux : des nouveaux objets pour l'imagerie cellulaire** par **Maxime Dahan**, chargé de recherche au CNRS au Laboratoire Kastler Brossel (CNRS/Université Paris VI/ Ecole normale supérieure).
- **L'intégration de biocapteurs miniaturisés sur puces : des avancées prometteuses pour la santé** par **Christophe Vieu**, chercheur au Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) du CNRS.
- **La conception de nouveaux nanomédicaments** par **Patrick Couvreur**, directeur de l'unité « Physico-chimie, pharmacotechnie et biopharmacie » (Université Paris XI/CNRS).
- **Nanotechnologies et santé : crainte ou espoir ?** par **Stéphanie Lacour**, chargée de recherche au CNRS au Centre d'études sur la coopération juridique internationale (CECOJI, Université de Poitiers/CNRS).
- Présentation et démonstration du dossier thématique multimédia « **Nanotechnologies et santé** », par **Christine Girard**, responsable de la collection Sagascience.

Jean-Pierre Ternaux, directeur de recherche au CNRS, animera cette rencontre.





Les intervenants

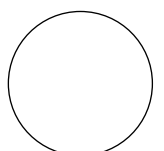
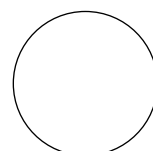
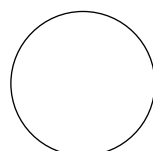
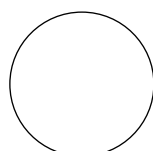
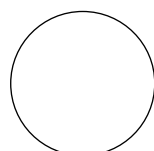


Stéphane ROUX est maître de conférences à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Au sein du laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux Luminescents (CNRS/UCBL), il consacre une grande partie de ses activités de recherche au développement de particules composites de taille nanométrique et à leur application biologique. Ce travail, mené en collaboration avec des équipes de biochimistes, de biologistes et de spécialistes de l'imagerie médicale, a débouché sur le dépôt de deux brevets concernant la mise au point de marqueurs fluorescents pour la détection sur biopuces et d'agents de contraste fluorescents combinant imagerie par résonance magnétique (IRM) et imagerie par fluorescence. L'objectif de ces travaux vise l'élaboration de particules détectables en temps réel avec les outils diagnostiques les plus courants et capables d'exercer une action thérapeutique.

Contact

T 04 72 43 12 00

roux@pcml.univ-lyon1.fr





Maxime DAHAN est chargé de recherche au CNRS au Laboratoire Kastler Brossel (CNRS/Université Paris VI/Ecole normale supérieure). Il est responsable de l'équipe « Optique et biologie », qui est rattachée à la fois au département de physique et au département de biologie de l'ENS. Au cours de ces dernières années, il a travaillé sur les propriétés optiques de nanocristaux semiconducteurs fluorescents et leur utilisation pour le suivi du mouvement de molécules individuelles en cellules vivantes. Ses travaux les plus récents portent sur la dynamique de récepteurs membranaires impliqués dans la transmission synaptique et sur les propriétés de moteurs moléculaires. Maxime Dahan est membre du bureau Nanobiophotonique du centre C'Nano Ile de France. En 2006, il a obtenu la médaille de bronze du CNRS et le prix Jacques Herbrand de l'Académie des Sciences.

Contact

T 01 44 32 33 80 / 06 09 30 77 15
Maxime.dahan@lkb.ens.fr

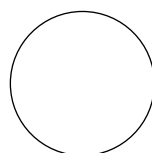
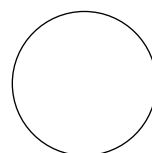
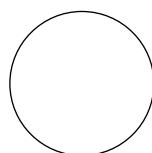
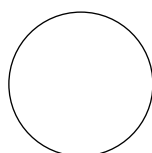
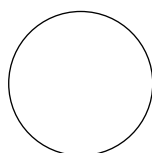


Christophe VIEU est professeur de physique à l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse et dirige le groupe NanoBioSystèmes du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) du CNRS. Après une dizaine d'années dédiées à la mise au point de procédés de fabrication à l'échelle nanométrique et à la réalisation de nano-dispositifs pour l'électronique, il applique ses recherches aux sciences du vivant et à la médecine. Son équipe, en étroite collaboration avec le Génomôle de Toulouse met au point des procédés de dépôt de biomolécules sur des surfaces et des systèmes ultra-sensibles de détection biologique. Les applications développées en partenariat industriel visent à fabriquer des biopuces innovantes et de nouveaux systèmes de criblage de médicaments basés sur l'utilisation de procédés issus des nanotechnologies.

Dernière publication : *Les nanotechnologies au service des biopuces, l'exemple toulousain*, C. Vieu, L. Malaquin, C. Thibault, A.E. Saliba, E. Daran, M. Dilhan, F. Carcenac, V. Leberre, E. Trévisiol and J.M. François, Biofutur 250, 41 (2004)

Contact

T 05 61 33 69 65
cvieu@laas.fr





Patrick COUVREUR est professeur à l'Université Paris-Sud, directeur de l'unité « Physico-chimie, pharmacotechnie et biopharmacie » (Université Paris XI/CNRS) et l'un des membres fondateurs du pôle de compétitivité *MEDICEN*. Membre de l'Académie des technologies et lauréat de la « Host Madsen Medal 2007 (*) », ses recherches concernent principalement la vectorisation des médicaments. Il fut le premier à introduire le concept de vecteur nanoparticulaire biodégradable pour l'administration de molécules pharmacologiquement actives. Des recherches qui ont permis, dans le domaine du cancer, d'élaborer un nouveau médicament, actuellement testé en clinique (phase II/III) grâce à la création de la start-up Bioalliance, composée de 60 personnes. Patrick Couvreur a dirigé 50 thèses de doctorat et ses travaux ont fait l'objet de plus de 300 publications internationales et de 45 brevets d'invention.

Contact

T 01 46 83 53 96

patrick.couvreur@cep.u-psud.fr

(*) Haute distinction dans le domaine de la recherche pharmaceutique, remise par la Fédération Internationale Pharmaceutique (FIP).



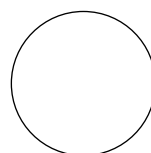
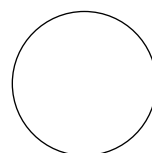
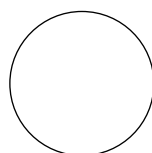
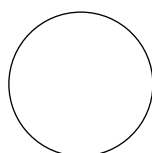
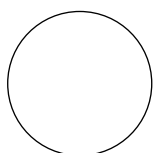
Stéphanie LACOUR est chargée de recherche au CNRS au Centre d'études sur la coopération juridique internationale (CECOJI Université de Poitiers/CNRS) dont elle dirige depuis septembre 2006 le pôle « *normativité et nouvelles technologies* ». Ses travaux portent notamment sur le droit applicable aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, aux nanosciences et aux nanotechnologies. Travaillant en collaboration avec des physiciens, chimistes, biologistes, informaticiens... notamment par l'intermédiaire du C'Nano Ile de France, elle développe ses travaux de manière interdisciplinaire afin d'évaluer la pertinence du droit positif à l'égard des développements les plus récents de la science. Elle participe par ailleurs activement à la création d'un réseau « Droit, sciences et techniques » visant à diffuser les connaissances juridiques disponibles dans ces domaines de recherche.

Dernière publication : « *Le temps dans les propriétés intellectuelles* », Contribution à l'étude du droit des créations, éditions Litec, 2004.

Contact

T 01 49 60 40 26

lacour@divry.cnrs.fr



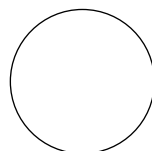
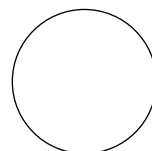
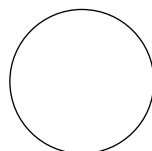
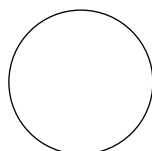
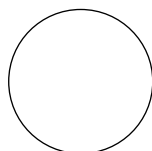


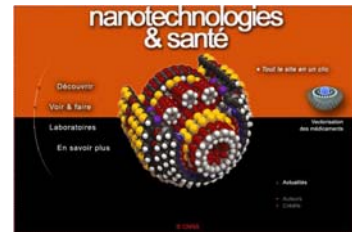
Jean-Pierre Ternaux est neurobiologiste et directeur de recherche au CNRS. Sa carrière de chercheur a été partagée entre le Collège de France à Paris et Marseille où il a été directeur du Groupe d'étude des réseaux moteurs « GERM » jusqu'en 2003. Après avoir dirigé le service de communication du département des Sciences du Vivant du CNRS, il est depuis janvier 2006, directeur adjoint à la direction de la communication du CNRS, responsable du pôle « communication scientifique ». Il a été, de 1986 à 2002, président du Centre de Culture Scientifique Technique et Industrielle, Agora des Sciences à Marseille dont il assure aujourd'hui l'animation de son comité d'orientation scientifique.

Contact

T 01 44 96 43 90

jean-pierre.ternaux@cncs-dir.fr





Les nanoparticules : des outils modulables pour la biologie

Durant la dernière décennie, les nanotechnologies ont connu un essor fulgurant aboutissant à la maîtrise de la synthèse de nanoparticules¹, de leur « habillage » et de leur assemblage². Parmi les axes de recherche centrés sur les nanoparticules et leurs applications prometteuses, leur utilisation pour le marquage biologique s'est révélée particulièrement féconde. Celui-ci vise à détecter la plus petite quantité de biomolécules³ à des fins diagnostiques, par exemple, ou à suivre leur parcours ou celui de cellules afin d'explorer la machinerie cellulaire en temps réel.

Le marquage biologique

Le marquage biologique consiste à attacher une étiquette facilement identifiable (fluorescente, magnétique, radioactive, opaque aux rayons X...) sur une biomolécule (monobrans d'ADN, protéines) ou sur une cellule. Jusqu'à l'avènement des nanoparticules, le repérage d'objets biologiques ou leur suivi était rendu possible par le greffage sur l'entité à observer de molécules capables d'induire des modifications physico-chimiques du milieu environnant (émission de lumière, perturbation du champ magnétique, émission de particules élémentaires, absorption de rayons X). Leur principal avantage, qui tient à leur faible encombrement, se caractérise par une faible perturbation de l'objet marqué mais cela ne parvient pas à combler les lacunes importantes de ce marquage « moléculaire » que sont un seuil de détection élevé (l'objet étant marqué par un seul fluorophore, il est peu visible et cette lumière s'éteint vite) et son caractère monomodal (un seul type de détection possible).

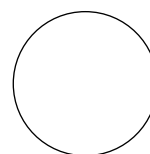
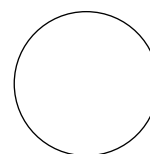
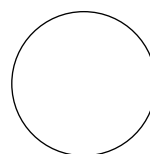
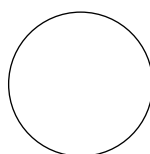
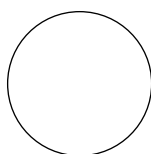
Les avantages des nanoparticules

Grâce à leur structure modulable en fonction des modes de synthèse appliqués et adaptable à l'application visée, l'emploi des nanoparticules a permis de surmonter certaines de ces limitations. Leur architecture, dont va dépendre leur composition chimique et leurs propriétés, peut adopter, à une échelle inférieure à 100 nanomètres, des formes variées et simples : celles d'une boule de billard (pleine), d'une balle de ping-pong (creuse), d'un grelot (boule creuse contenant une sphère de diamètre nettement inférieure) ou complexes, comme celle d'un oignon avec sa succession de couches ou bien encore d'un melon avec ses graines piégées au centre du fruit entourées par la chair elle-même et recouverte d'une peau épaisse. En outre, la surface peut être « habillée » par accrochage d'une multitude de molécules générant alors un degré supplémentaire de complexité. Ces différentes composantes confèrent aux particules (même les moins complexes) une pluralité qui ouvre la voie vers des applications originales des nanoparticules en biologie. En particulier dans le domaine du marquage, elle permet d'associer plusieurs techniques complémentaires de détection des objets marqués et donc d'améliorer la fiabilité des résultats avec en plus un abaissement du seuil de détection. En effet, le greffage sur une entité biologique d'une nanoparticule composée d'une multitude de molécules fluorescentes permet, comparé au marquage classique par une seule molécule fluorescente, d'être plus

¹ Particules dont la taille est inférieure à 100 nanomètres environ.

² Assemblage de nanoparticules, chacune étant une brique composant un objet plus gros.

³ Molécules produites par les organismes vivants.



facilement visible car l'objet à détecter est révélé par la lumière émise par plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de molécules fluorescentes immobilisées sur ou contenues à l'intérieur de la nanoparticule.

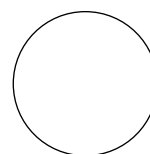
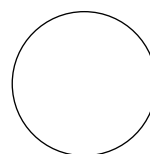
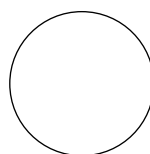
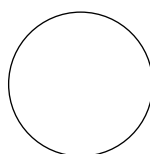
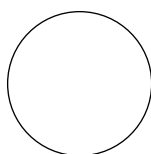
Des avancées thérapeutiques prometteuses

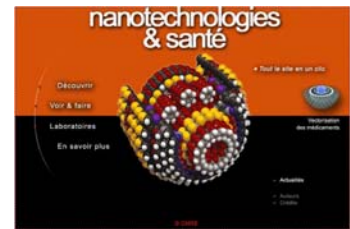
Même s'il est important, l'apport des nanoparticules ne se limite pas seulement au domaine du diagnostic. La tendance qui se dessine actuellement et qui met à profit le caractère multifonctionnel des particules concerne leur utilisation dans des applications combinant diagnostic et thérapie. L'action thérapeutique des nanoparticules peut se limiter au transport de médicaments vers la zone à traiter qui peut être suivi par diverses techniques d'imagerie médicale. Plus récemment, il a été montré que certaines particules, alors qu'elles sont reconnues pour leur innocuité, devenaient toxiques pour les cellules les contenant sous l'effet d'un rayonnement électromagnétique (proche infrarouge ou rayons X). Une accumulation ciblée de ces particules dans les cellules malades permettrait à terme de traiter certaines maladies.

Contact

Stéphane Roux
T 04 72 43 12 00
roux@pcml.univ-lyon1.fr

Pour en savoir plus : <http://pcml.univ-lyon1.fr/>





Nanomatériaux : des nouveaux objets pour l'imagerie cellulaire

Au cours des dernières années, les techniques de synthèse de nanomatériaux inorganiques¹ ont connu des progrès spectaculaires. Il est ainsi possible aujourd'hui de préparer des objets dont la taille, la composition et la forme sont contrôlées à l'échelle du nanomètre (le milliardième de mètre). A cette échelle, leurs dimensions sont comparables à celles des objets du vivant (ADN, protéine, virus...) auxquels ils peuvent être reliés par des interfaces biochimiques. La préparation de tels systèmes hybrides, à la fois organiques et inorganiques, permet de tirer partie de propriétés physiques (optique, électrique, magnétique...) spécifiques aux nanomatériaux, pour étudier avec une précision nouvelle le fonctionnement et l'organisation des cellules. Ceci ouvre un large champ d'étude, tant pour la recherche fondamentale que pour la mise au point de nouvelles méthodes de diagnostic et de thérapie.

Des nanocristaux semiconducteurs fluorescents

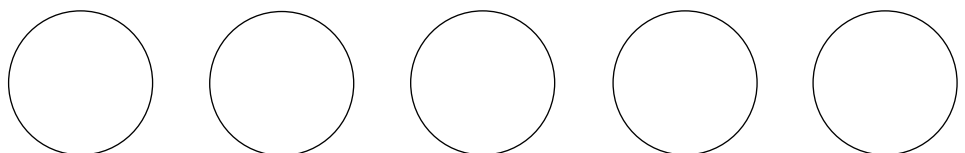
Un exemple important est celui des nanocristaux semiconducteurs fluorescents. Ces nanoparticules sont des sources de lumière brillantes et stables que l'on peut attacher à des molécules biologiques. Munis de ces ampoules nanoscopiques, on peut suivre en temps réel le mouvement de ces molécules, une par une, au sein de cellules vivantes. L'enregistrement et l'analyse de ces mouvements donnent directement accès à la dynamique intime des molécules dans leur environnement naturel. Des travaux récents sur des protéines membranaires impliquées dans la transmission du signal nerveux ou sur des moteurs moléculaires jouant un rôle dans la division cellulaire, permettent ainsi d'illustrer les mécanismes d'agitation moléculaire qui gouvernent l'univers microscopique d'une cellule vivante.

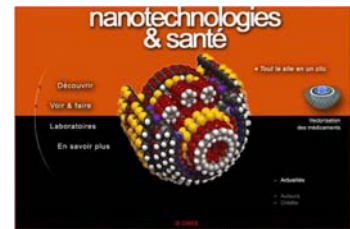
Contact

Maxime Dahan
T 01 44 32 33 80 / 06 09 30 77 15
Maxime.dahan@lkb.ens.fr

Pour en savoir plus : <http://www.lkb.ens.fr/recherche/optetbio/>

¹ Qui ne contiennent de carbone que sous forme de carbonate ou de cyanure comme par exemple les métaux ou les semi-conducteurs.





L'intégration de biocapteurs miniaturisés sur puces : Des avancées prometteuses pour la santé

La miniaturisation des composants électroniques jusqu'à l'échelle sub-micronique¹ a permis l'éclosion en moins d'un demi-siècle de la microélectronique, des ordinateurs personnels, des portables, d'internet... Cette accélération du développement technologique a bouleversé considérablement dans nos sociétés développées notre manière de communiquer et d'accéder à l'information et aux loisirs. Depuis quelques années un paradigme similaire se met en place dans le domaine des sciences du vivant et de la santé. Les chercheurs ont en effet pris conscience que le couplage des technologies de la miniaturisation à l'échelle micro et nanométrique avec les sciences du vivant et la chimie constituait un enjeu stratégique majeur de nature à la fois sociétale et scientifique. En effet, ces nouvelles technologies vont bouleverser les domaines du diagnostic médical, de la pharmacologie et de la santé au sens large et auront des impacts significatifs dans les domaines du contrôle de l'environnement et de la sécurité alimentaire.

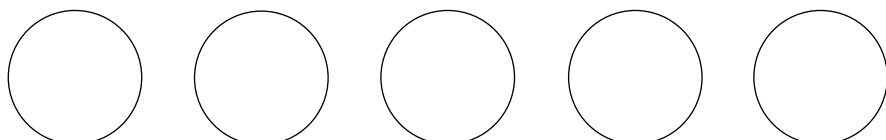
La miniaturisation des capteurs biologiques sur une puce et leur intégration en plusieurs millions d'exemplaires va permettre de donner aux médecins et aux biologistes des outils d'investigation puissants à l'échelle moléculaire. Ils offrent des applications pour le diagnostic précoce de maladies et en particulier du cancer ainsi que pour le domaine de la recherche de médicaments (criblage pharmaceutique²). Bien sûr, l'utilisation pour le grand public des ces nouvelles technologies de soin n'est pas encore pour demain et il subsiste certains verrous scientifiques et techniques qui restent encore à lever.

Un nouveau nanodispositif ultra-sensible pour le diagnostic en cancérologie

Parmi ces exemples de recherches prometteuses, l'équipe de Christophe Vieu du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) du CNRS a mis au point un nano-dispositif ultra-sensible intégrable sur une puce et permettant de détecter les interactions entre biomolécules avec une sensibilité extrêmement fine. Ce nanosystème capable de convertir l'affinité spécifique entre deux protéines en un signal électrique permettra de détecter de très faibles quantités de marqueurs cancéreux, offrant au patient une détection précoce de sa maladie. Ce dispositif est en cours de validation au sein du cancéropôle de Toulouse pour le diagnostic en cancérologie. Le principe consiste à fabriquer des nanoélectrodes dont la capacité à conduire le courant électrique est modifiée par la présence des protéines. La prouesse technologique réside dans l'obtention de

¹ Dont l'échelle est inférieure au micron.

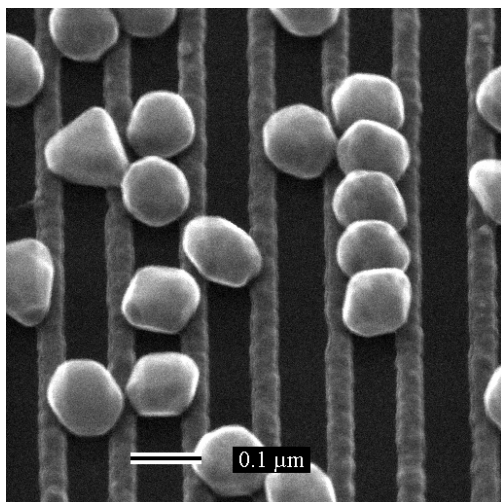
² Le criblage pharmaceutique consiste à essayer un très large échantillon de molécules afin de découvrir celles qui sont les plus efficaces.



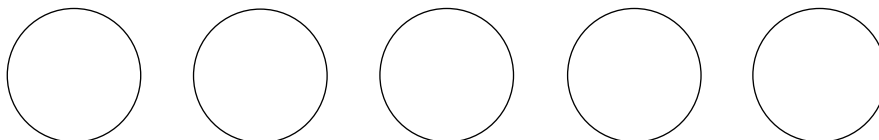
nanoélectrodes dont la taille de 30 nanomètres de large est comparable à celle des biomolécules à détecter, dans le but d'obtenir une sensibilité extrême. Pour cela, des nanobilles d'or de 90 nanomètres de diamètre, greffées sur les protéines permettent d'exalter la réponse électrique, chacune étant capable de joindre les électrodes. (Voir figure ci-dessous).

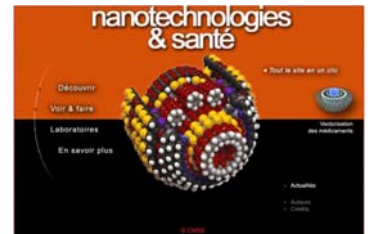
Contact

Christophe Vieu
T 05 61 33 69 65
cvieu@laas.fr



© CNRS/Christophe Vieu.
Vue de nanoélectrodes de 30 nanomètres de large reliées par des nanobilles d'or de 90 nanomètres de diamètre.





La conception de nouveaux nanomédicaments

L'adressage de molécules thérapeutiques vers l'organe, le tissu ou la cellule malade constitue aujourd'hui un défi majeur pour le traitement des maladies humaines notamment infectieuses, cancéreuses ou d'origine génétique. Dès le début du vingtième siècle, le savant Paul Ehrlich rêvait déjà du « *magic bullet* » susceptible d'acheminer un médicament de manière spécifique vers son site d'action. Le rêve de Paul Ehrlich est aujourd'hui proche de la réalité grâce au développement des nanotechnologies qui ont permis de proposer le concept de vectorisation des médicaments.

Surmonter les barrières biologiques

De nombreux principes actifs présentent des caractéristiques physico-chimiques (hydrophilie, poids moléculaires, etc...) peu favorables au passage des barrières biologiques qui séparent le site d'administration du médicament de son site d'action. D'autres molécules actives se heurtent aussi à des barrières enzymatiques entraînant leur dégradation et métabolisation rapides. L'obtention de concentrations thérapeutiques au niveau du site d'action ne peut donc se faire qu'au détriment d'une importante déperdition du médicament vers d'autres tissus ou cellules, ce qui occasionne des effets toxiques importants et entraîne parfois l'abandon du traitement en dépit de son efficacité. Ceci explique le formidable développement des nanotechnologies, vecteurs de médicaments (nanomédicaments) au cours de ces dernières années. S'appuyant sur de nouveaux concepts physico-chimiques et sur le développement de nouveaux matériaux¹, la recherche galénique² a permis d'imaginer des systèmes d'administration sub-microniques, c'est-à-dire plus petits que le micron, capables à la fois de protéger la molécule active de la dégradation et d'en contrôler la libération dans le temps et dans l'espace.

Des traitements moins toxiques et plus efficaces

Ces nanovecteurs de molécules biologiquement actives sont de nature variée : liposomes (structures lamellaires de lipides), nanoparticules polymères (nanocapsules ou nanosphères), cubosomes (structures cubiques de lipides), objets « Janus »³, USPIO⁴ (des particules d'oxyde de fer ultra fines), etc. (voir figure 1). Ces outils permettent aujourd'hui d'entrevoir des traitements plus efficaces et moins toxiques. Par exemple, l'administration sous forme de nanoparticules d'un médicament anticancéreux comme la doxorubicine, permet de traiter de manière efficace l'hépatocarcinome résistant aux chimiothérapies classiques⁵. Des nanotechnologies

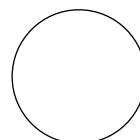
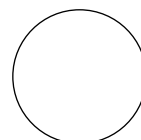
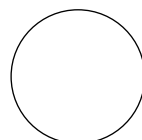
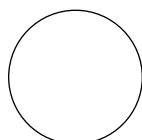
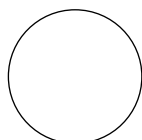
¹ Synthèse de nouveaux polymères ou organisation supramoléculaire de lipides par exemple.

² Partie de la recherche qui concerne la formulation du médicament.

³ Elles permettent de vectoriser dans un même nanovecteur une molécule hydrophile et lipophile, ayant des comportements différents.

⁴ Ultra small particles of iron oxide.

⁵ Cette découverte a abouti à un essai clinique de phase II/III (en cours).



recouvertes de polymères hydrophiles et flexibles (vecteurs « furtifs ») permettent aussi de passer la barrière hématoencéphalique et de délivrer de manière spécifique des molécules biologiquement actives au niveau cérébral, ce qui ouvre des perspectives nouvelles pour le traitement des tumeurs ou maladies dégénératives cérébrales. Par ailleurs, lorsque ces nanovecteurs transportent une antihormone comme le tamoxifène, ils sont même capables de cibler le tissu oculaire et de traiter efficacement l'uvéite autoimmune⁶. Décorés de ligands (anticorps, peptides, sucres, acide folique), ces nanovecteurs sont alors capables de reconnaître de manière sélective des antigènes ou des récepteurs qui sont hyperexprimés à la surface des cellules cibles (cellules cancéreuses, cellules infectées etc.). La conception de ces vecteurs dits de troisième génération nécessite la construction d'édifices supramoléculaires composés.

Bien que plus futuriste, l'apport des nanotechnologies pour le transport des acides nucléiques et la régulation des gènes est également un domaine d'investigation porteur de découvertes.

Contact :

Patrick Couvreur

T 01 46 83 53 96

patrick.couvreur@cep.u-psud.fr

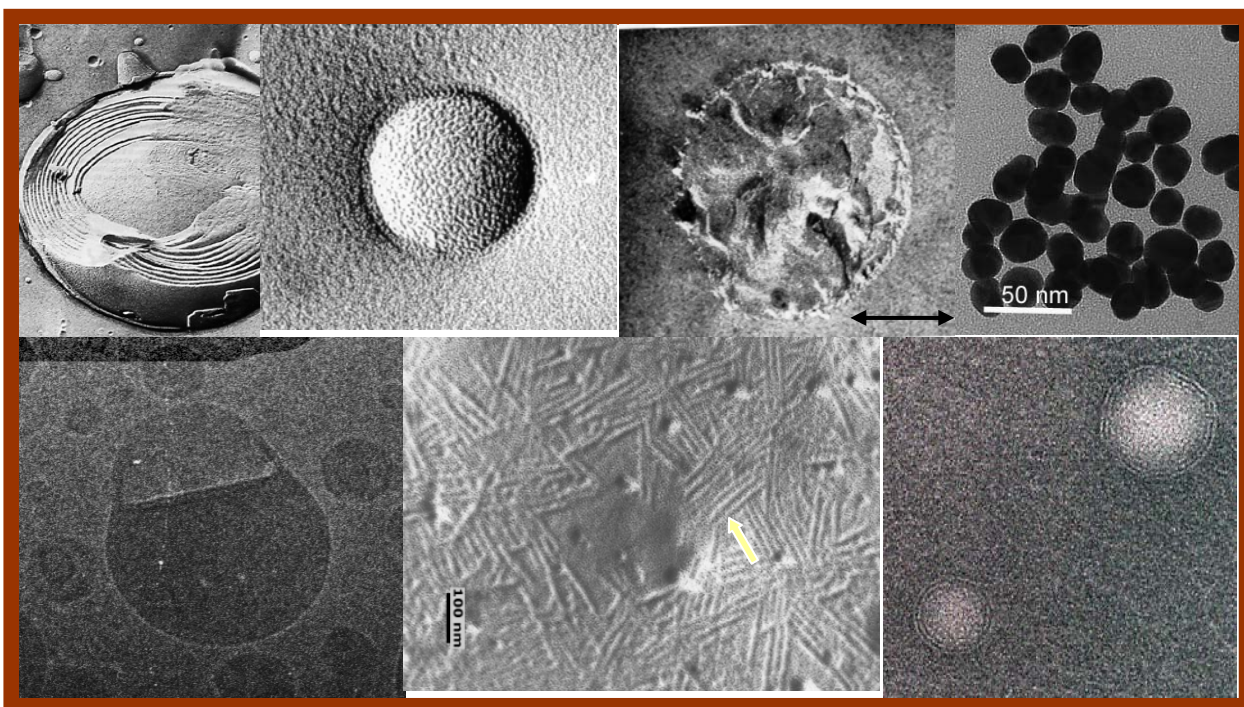
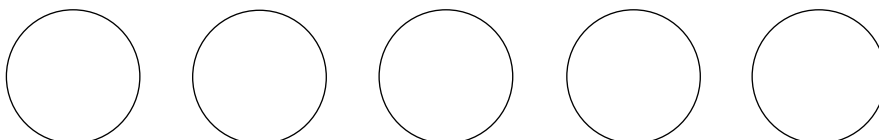
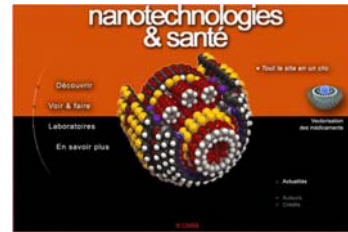


Figure 1 (de gauche à droite et de haut en bas) : Liposome multilamellaire (500 nm), nanosphère polymère (120 nm), nanocapsule polymère (180 nm), Ultra Small Particle of Iron Oxide (USPIO) (25 nm), objet « Janus » (175 nm), cubosomes (20 nm), nanoassemblages squalénés (130 nm).

⁶ Une maladie oculaire autoimmune de la rétine.





Nanotechnologies et santé : crainte ou espoir ?

Les rapports qu'entretiennent les nanotechnologies avec le domaine de la santé sont nombreux et complexes. De grands progrès nous sont annoncés, à tel point que le droit ne peut pas totalement s'en désintéresser, tout comme il lui est, d'ores et déjà, impossible de ne pas chercher à encadrer les effets que les nanotechnologies dans leur ensemble pourraient avoir sur la santé. Une étude d'ensemble des textes normatifs qui pourraient être concernés par les nanotechnologies manque encore, mais quelques pistes peuvent déjà être explorées, concernant de manière différente les avancées espérées des nanotechnologies pour la santé, et les effets redoutés des nanotechnologies dans ce même domaine. Alors les nanotechnologies doivent-elles nourrir crainte ou espoir dans le domaine de la santé ?

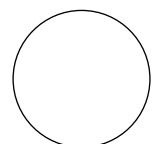
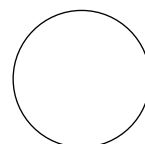
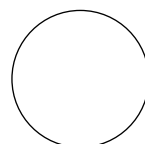
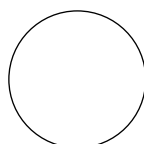
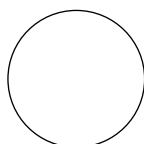
Des avancées espérées dans le domaine de la santé

Les nanotechnologies ouvrent des perspectives passionnantes à la fois dans le domaine du diagnostic (*puces à ADN, implantation de biosenseurs*); de l'imagerie médicale (*mise en œuvre de marqueurs fonctionnels pour une imagerie non invasive et d'agents assurant l'identification de la cible à traiter*); des systèmes biomimétiques et bio-sensibles implantables (*interfaces homme-machine pour les prothèses, notamment*), mais aussi pour les systèmes médicamenteux complexes (*médicaments vectorisés, nanocapsules et liposomes contenant des agents anticancers*). Elles promettent également un meilleur suivi des malades dans leur vie quotidienne comme par exemple les technologies RFID¹ dans le suivi des malades d'Alzheimer. Les progrès annoncés par les scientifiques, réels ou seulement escomptés, sont nombreux et ont déjà suscité la saisine du conseil consultatif national d'éthique qui devrait rendre un rapport très prochainement sur le sujet. Toutes ces perspectives ouvrent, dans leurs dimensions juridiques, des questionnements divers, notamment :

Au sujet des outils de diagnostic : leur développement à l'échelle nanométrique peut sembler souhaitable à maints égards : réduction des coûts et des délais de diagnostic, autonomisation des patients, plus grande efficacité des tests et prédictibilité accrue... Autant d'arguments techniques positifs qui ne doivent pas faire oublier les risques liés à ces outils. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, dans son rapport sur les nanosciences et le progrès médical de 2004, pointait ainsi du doigt la nécessité, face à de tels outils technologiques, de « *préserver le droit de chacun à l'intimité génétique, de faire en sorte qu'aucune pression ne soit exercée sur des personnes à risque pour qu'elles réalisent des tests génétiques, et que la diffusion des résultats des tests soit contrôlée* ». Des risques existent également, liés au fait que de tels diagnostics pourraient, dans certains cas, être opérés à l'insu des personnes. Par ailleurs, la possibilité de diagnostiquer un certain nombre de mutations génétiques n'est pas toujours associée, à l'heure actuelle, à la possibilité de leur proposer un traitement, ce qui, dans l'hypothèse d'un accès facile et peu onéreux au diagnostic, doit suggérer des limitations d'ordre éthique ou juridique. Enfin, si l'on observe les modalités d'utilisation que permettent ces nouveaux outils, et notamment le fait qu'ils éloignent, au moins en partie, le malade d'un lieu et d'un encadrement médical sécurisant, il ne faut pas négliger les possibles répercussions en termes de responsabilité civile de leurs éventuelles défaillances.

Sur les dispositifs d'accompagnement et de surveillance des malades : les problématiques mises en jeu ici sont en partie liées à la convergence technologique qui est propre à de tels systèmes. La puce *Verichip*, par exemple, dont la *Food and Drug administration* a autorisé les tests en vue d'un usage médical aux Etats-Unis est identifiable à distance et permet, selon l'entreprise qui la promeut, de surveiller les mouvements et

¹ *Radio Frequency identification device* ou technologies de radio-identification selon la commission générale de terminologie et de néologie dans son avis daté du 9 septembre 2006.



d'anticiper les risques qui peuvent menacer des enfants ou des personnes incapables majeures. Implantés ou pas, de tels dispositifs constituent, à n'en pas douter, un grand risque pour la protection des données personnelles telle qu'elle est envisagée en France et en Europe sans que les textes existants n'apportent de réponse véritablement satisfaisante.

Les effets redoutés des nanotechnologies sur la santé

Comme le souligne Jorge Boczkowski², chercheur à l'INSERM « *il existe déjà un corpus de connaissances toxicologiques et épidémiologiques sur les effets des particules de taille nanométrique sur la santé humaine, qui suggère que certains types d'expositions à certaines particules nanométriques manufacturées pourraient avoir des effets nocifs pour la santé.* » Ce constat, même nuancé, soulève deux problèmes majeurs. Tout d'abord, les données expérimentales concernant les impacts des nanoparticules et nanomatériaux sur la santé sont encore trop peu nombreuses et il n'existe pas à l'heure actuelle de base de données pertinente sur les nanoparticules et les nanomatériaux qui ont été étudiés ou qui sont déjà sur le marché. Ces deux constats amènent les experts, scientifiques et observateurs du développement des nanotechnologies à réclamer, au travers de nombreux rapports et avis récents, une meilleure coordination des efforts publics dans le domaine des risques des nanomatériaux sur la santé.³ L'ensemble de ces préconisations prend place, en droit français, dans le cadre du principe de précaution.

Quelles que soient les mesures finalement adoptées en ce qui concerne les nanotechnologies et leur impact sur la santé, elles devront, à l'égard de ce principe, intégrer deux éléments fondamentaux : le premier est d'« *investir collectivement sur la sécurisation de l'information, sur l'état de l'art, de manière à pouvoir anticiper sur la base de connaissances solides* », comme le souligne Françoise Roure, du CGTI⁴. Il importe donc pour cela, de développer l'interdisciplinarité entre les sciences exactes et les sciences humaines et sociales dans la recherche portant sur les nanotechnologies. Les initiatives menées depuis plusieurs mois par le C'nano Ile de France qui a créé un bureau « nanosciences et société » et finance des recherches interdisciplinaires sont un bon exemple. Ensuite, les scientifiques, ne pouvant pas être juges et parties, les recherches portant sur les nanotechnologies et les recherches consacrées aux risques qu'elles pourraient engendrer doivent donc bénéficier de crédits spécifiques et autonomes les unes des autres.

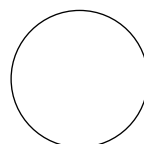
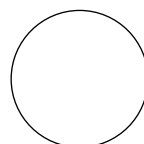
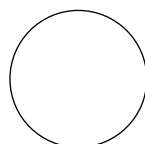
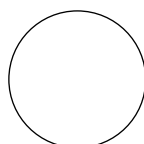
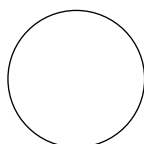
Contact

Stéphanie Lacour
T 01 49 60 40 26
lacour@divry.cnrs.fr

² Intervention lors du séminaire interministériel relatif aux « Enjeux et risques liés aux nanotechnologies/nanomatériaux » organisé le 19 octobre 2006,

³ V. Avis du Comité de la prévention et de la précaution, ministère de l'Ecologie et du développement durable, mai 2006, « Nanotechnologies, nanoparticules, quels dangers, quels risques ? » ; Rapport d'expertise de l'AFSSET, juillet 2006, « Les nanomatériaux, effets sur la santé de l'homme et sur l'environnement »

⁴ Conseil général des technologies de l'information, organe consultatif placé auprès du ministère de l'Economie, des Finances et de l'industrie.



NANOTECHNOLOGIES ET SANTE

<http://www.cnrs.fr/nanos>

COMMUNIQUÉ DE PRESSE - PARIS - 30 JANVIER 2007

www.cnrs.fr/presse

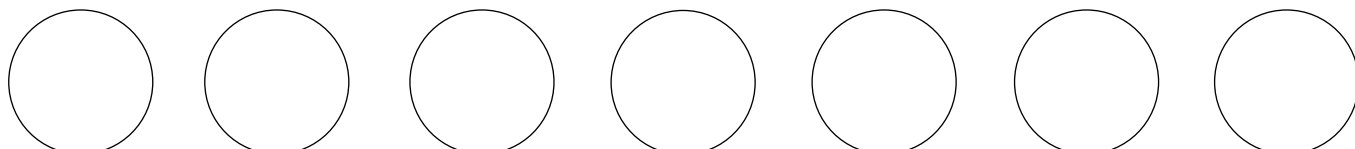
Zoomer sur le monde nano !

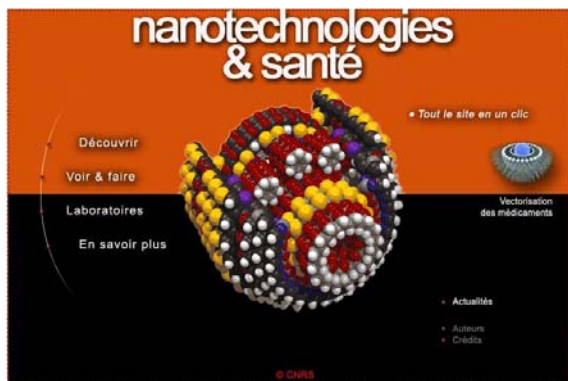
Le onzième dossier multimédia *Sagascience* « Nanotechnologies et santé » est en ligne.

Depuis une quinzaine d'années déjà, les nanotechnologies partent à la conquête de l'infiniment petit. Les techniques se perfectionnent et promettent de bouleverser notre quotidien : nouveaux matériaux, nouveaux procédés industriels, nouvelles thérapies... Un nouveau monde se dessine à l'échelle du milliardième de mètre, entre progrès scientifiques et questions éthiques : le nanomonde.

Difficile à visualiser ? Pas étonnant ! Un nanomètre est un million de fois plus petit que ce que l'on peut voir à l'œil nu, soit 500 000 fois plus petit qu'un trait de stylo bille et 30 000 fois qu'un cheveu. Comment les chercheurs ont-ils accédé, en moins d'un demi-siècle, à l'intimité de la matière ? Comment observer et fabriquer des objets à l'échelle nanométrique ? Quels impacts industriels, économiques et sociétaux vont avoir, ou ont déjà, ces nouvelles technologies ? Quels progrès thérapeutiques peut-on en attendre ? Comment les nanotechnologies peuvent-elles aider la médecine à mieux diagnostiquer les maladies ? Où se trouvent les nanomatériaux déjà présents dans notre quotidien ? Comment mieux répondre aux inquiétudes et aux questions du grand public ? C'est ce que vous pouvez découvrir sur internet en consultant le nouveau dossier Sagascience du CNRS.

Accessible à partir du site web du CNRS, il réunit une quarantaine de chercheurs d'horizons très différents : chimistes, biologistes, physiciens, médecins... Plus de 150 photos et illustrations, des films, des animations pédagogiques, des interviews de chercheurs, une bibliographie... sont proposés afin de faire découvrir ou mieux faire connaître le monde des nanotechnologies appliquées à la santé. Destiné au grand public, ce dossier permet de se documenter et d'assouvir sa curiosité de façon ludique et interactive.





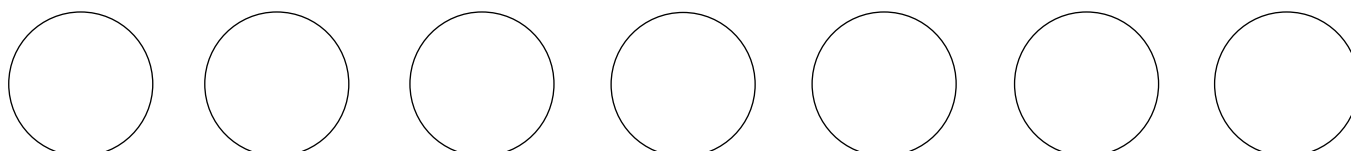
Déjà en ligne dans la même collection :
<http://www.cnrs.fr/saga>

- Le Big Bang
- La cellule animale
- Sciences & handicap
- L'évolution
- Art & Sciences
- Chimie & beauté
- Géomanips
- L'eau douce
- Le climat
- Portraits robots

CONTACTS

Sagascience CNRS Images
Christine Girard
T 01 45 07 57 39
Christine.Girard@cnrs-bellevue.fr

Presse
Laetitia Louis
T 01 44 96 51 37
Laetitia.louis@cnrs-dir.fr



nanotechnologies & santé

visuels disponibles pour la presse

(1) Liposome pégylé : la surface de ce liposome est recouverte d'un polymère hydrophile et flexible, ici du polyéthylène glycol ou PEG.

© CNRS/sagascience

(3) Moteur ATPase. L'ATP (adénosine triphosphate), la principale source d'énergie de notre organisme, est synthétisée par l'ATPase, une enzyme complexe qui fonctionne comme un moteur miniature.

© CNRS/sagascience

(5) Liposome, structure biomimétique constituée d'une bicouche de phospholipides entourant un compartiment aqueux.

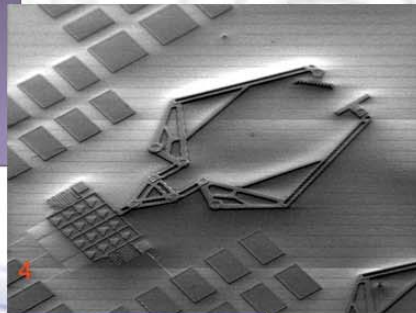
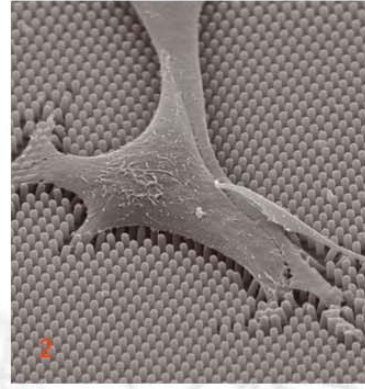
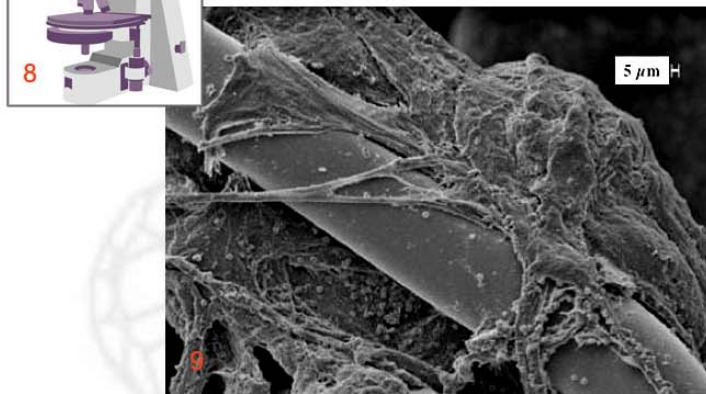
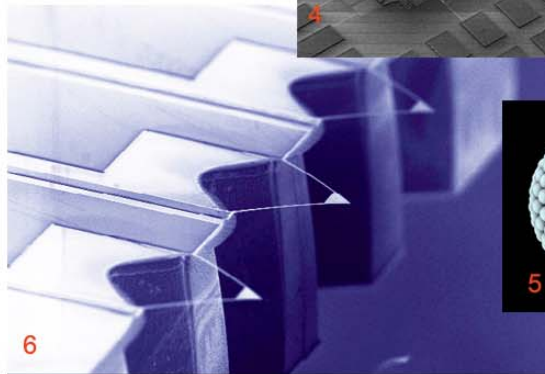
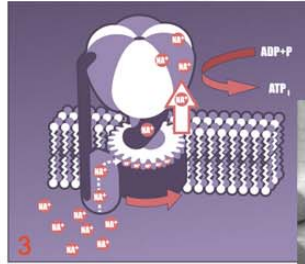
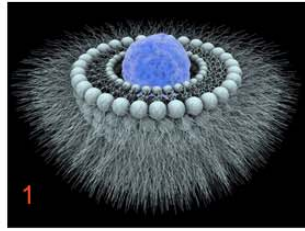
© CNRS/sagascience

(7) Plaque de silicium utilisée dans les biopuces.

© CNRS Photothèque

(9) Adhésion de cellules vasculaires sur une prothèse. Photo en microscopie électronique.

© D. Letoumeur/INSERM U 698



(2) Cellule "Fakir" vue au microscope électronique.

© CNRS Photothèque

(4) Micropince constituée de seize "actionneurs" destinée à des applications biologiques. Cette pince permet de saisir des objets biologiques de la taille des cellules (environ 40 micromètres de diamètre).

© CNRS Photothèque

(6) Nanoleviers utilisés pour la détection biologique.

© C. Bergaud - LAAS/CNRS

(8) Schéma d'un microscope à fluorescence.

© CNRS/sagascience

Contacts

CNRS Photothèque

photothèque@cnrs-bellevue.fr

01 45 07 57 90

CNRS sagascience

sagascience@cnrs-dir.fr

01 45 07 57 39

sagascience et ses partenaires



CERN: dossier Big Bang

Inserm

INSERM: dossier Cellule animale



Muséum national d'histoire naturelle:
dossier Evolution

i(interstices

Interstices (INRIA/CNRS/Universités/ASTI):
dossier Robotique et dossier Sciences et Handicap



Ministère de la culture
et de la communication: dossier Art et sciences



Laboratoire de Tectonique (CNRS/Universités Paris 6 –
Paris 11 et Cergy): dossier Géomanips

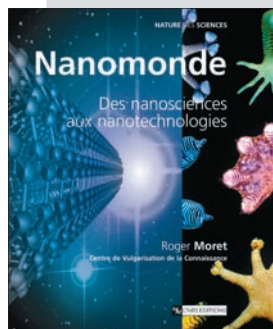
L'ORÉAL

L'Oréal Recherche: dossier Chimie et beauté

PARUTION

le 30 octobre 2006

Disponible le 16 novembre 2006



ISBN 10 : **2-271-06468-6**
 ISBN 13 : **978-2-271-06468-4**
 Format : **19,5 x 24**
 Nombre de pages : **96**
 Illustrations : **128**
dont 107 couleur
 Prix : **15 €**

www.cnrseditions.fr

CONTACT PRESSE

COMMUNICATION - PRESSE - DÉVELOPPEMENT
Frédéric FOUCAUD
 Tél. : 01 53 10 27 09
frederic.foucaud@cnrseditions.fr

AUTRES CONTACTS

PROMOTION - DROITS ÉTRANGERS
 Liliane BRUNEAU
 Tél. : 01 53 10 27 11
liliane.bruneau@cnrseditions.fr

ÉDITORIAL - RELATIONS AUTEURS
 Pascal ROULEAU
 Tél. : 01 53 10 27 16
pascal.rouleau@cnrseditions.fr

VENTES
 Marc JALLAIS
 Tél. : 01 53 10 27 08
marc.jallais@cnrseditions.fr

COMMANDES - DEVIS- FACTURATION CLIENTS
 Sabine LAVAUD
 Tél. : 01 53 10 27 07
sabine.lavaud@cnrseditions.fr

 CNRS EDITIONS

La référence du savoir

CNRS ÉDITIONS

Nanomonde

Des nanosciences aux nanotechnologies

Auteurs : CVC, Roger Moret

collection : **Nature des sciences**

Qu'est-ce que le nanomonde ?

C'est le monde des objets dont la taille est environ 10 000 fois plus petite que l'épaisseur d'un cheveu. À l'échelle du nanomètre (le milliardième de mètre) certains phénomènes et effets sont inattendus, parfois fascinants.

Pourquoi le préfixe nano est-il de plus en plus souvent associé aux sciences et aux technologies ? S'agit-il vraiment, comme certains le déclarent, d'une révolution scientifique, d'une rupture technologique ? Ou, plus simplement, d'une nouvelle étape de l'évolution vers la miniaturisation ?

Sans utiliser de notions scientifiques ardues ni de termes techniques complexes, cet ouvrage présente le nanomonde et répond à ces questions. Il met en lumière un large éventail d'applications, de l'électronique à la médecine, en passant par la protection de l'environnement et les économies d'énergie. Certaines de ces applications sont déjà présentes autour de nous, et le potentiel de développement des nanosciences et des nanotechnologies est considérable.

Nos sociétés auront à faire des choix pour que ces évolutions soient équilibrées et raisonnées. Destiné à un large public, ce livre a pour ambition de contribuer à l'information sur ces nouveaux enjeux de société.

Roger Moret est directeur de recherche au CNRS et membre du Laboratoire de physique des solides à Orsay (Université Paris-Sud XI). Il a étudié les propriétés structurales de divers composés qui appartiennent au champ des nanosciences. Membre du Centre de Compétence Nanosciences d'Île-de-France, il y coordonne les actions d'intégration des nanosciences dans la société. Il se consacre également à la vulgarisation scientifique, au sein du Centre de Vulgarisation de la Connaissance.

Le Centre de Vulgarisation de la Connaissance (CVC) est une unité de service de l'université Paris-Sud XI bénéficiant du soutien du CNRS. En liaison avec de nombreux laboratoires de recherche, le CVC s'est donné pour mission de mettre le savoir à la portée d'un large public, plus particulièrement en sciences

CNRS ÉDITIONS 15, rue Malebranche - 75005 PARIS - Tél. : 01 53 10 27 00 - Fax : 01 53 10 27 27
 Mél : cnrseditions@cnrseditions.fr

LIBRAIRIE CNRS ÉDITIONS 151 bis, rue Saint Jacques - 75005 PARIS - Tél. : 01 53 10 05 05 - Fax : 01 53 10 05 07
 Mél : lib.cnrseditions@wanadoo.fr

Nanomonde

Des nanosciences aux nanotechnologies

Auteurs : CVC, Roger Moret

collection : **Nature des sciences**

Sommaire

Avant-propos

• Vers le nanomonde – Pourquoi et comment

Pourquoi miniaturiser ?

Questions d'échelles

Le nanomonde est différent

Observer à l'échelle nanométrique

Instruments pour étudier les nano-objets

Deux voies vers le nanomonde

Réduire les tailles

Guider l'auto-organisation

Créer des mélanges hybrides

Simplifier pour mieux comprendre

• Nano-objets – Matériaux nanostructurés

Nano-ballons et nanotubes en carbone

Nanotubes de carbone à usages multiples

Plus petit et plus solide

Plus réactif et même plus explosif

Les nanoparticules, une vieille histoire

Le verre nanostructuré

• Environnement – Énergie

Propre sans détergent

Coller sans adhésif

Mieux détecter et filtrer

L'énergie de l'hydrogène

Capter l'énergie solaire

Chaleur donne électricité... et réciproquement

• Biologie – Médecine

Machines et moteurs nanométriques

Les couleurs des nanocristaux

Des laboratoires sur puces

Délivrer les médicaments où il faut

Prothèses et implants biocompatibles

• Électronique – Information – Communication

Vers des nanotransistors

Les molécules, composants électroniques du futur ?

La lecture des disques durs est un phénomène nanométrique

Davantage de mémoire avec le spin

La physique quantique en boîtes

L'information aussi devient quantique

Lumière et électricité se complètent

• Enjeux de société

Un essor mondial impressionnant

Incertitudes, risques et craintes

Toxicités et pollutions nouvelles

Information, contrôle, surveillance

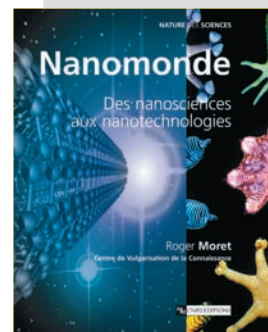
Technologies convergentes et problèmes éthiques

Débats et choix de société

Glossaire

Bibliographie – Webographie

Crédits photographiques



ISBN 10 : **2-271-06468-6**

ISBN 13 : **978-2-271-06468-4**

Format : **19,5 x 24**

Nombre de pages : **96**

Illustrations : **128**

dont 107 couleur

Prix : **15 €**

NANOTUBES DE CARBONE : QUELLE TOXICITE POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE ?

COMMUNIQUÉ DE PRESSE - PARIS - 8 JANVIER 2007

| www.cnrs.fr/presse

Des chercheurs du CNRS¹ vont étudier la toxicité des nanotubes de carbone pendant trois ans, dans le cadre d'un projet de l'Agence nationale de la recherche. Trois thématiques seront abordées : le caractère polluant des nanotubes et notamment la toxicité pour la faune ; la toxicité pour l'homme ; la façon de rendre la synthèse des nanotubes plus propre. La thématique « écotoxicité » n'a encore jamais été abordée, malgré les quantités croissantes de nanotubes employés dans l'industrie.

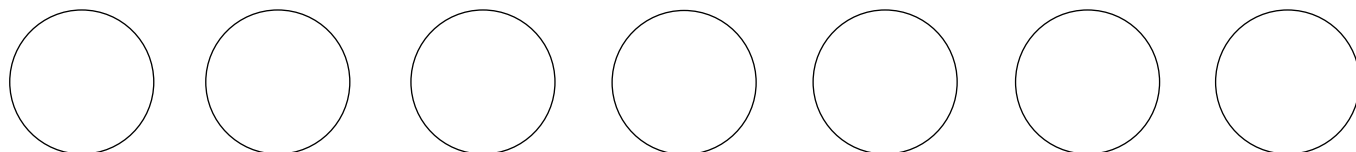
La production mondiale de nanotubes de carbone atteint aujourd'hui plusieurs centaines de tonnes par an : ils sont présents dans les écrans plats, les pneumatiques, l'industrie automobile (Renault et Peugeot expérimentent des nanotubes de carbone en renfort des pièces de carrosserie), les articles de sport (le premier cadre de vélo comportant des nanotubes de carbone concourrait au dernier tour de France)... Cependant, l'étude des effets sur la santé humaine est encore très embryonnaire et leur impact sur l'environnement demeure à ce jour quasiment inexploré.

Quatre laboratoires de recherche, dont deux du CNRS¹, se sont associés pour étudier l'influence des nanotubes de carbone sur l'environnement et la santé humaine dans le cadre d'un projet de recherche de l'Agence nationale de la recherche. Ce projet, qui vient de démarrer, durera trois ans. Il sera doté d'un budget de 300 000 euros et bénéficiera de la participation d'une vingtaine de chercheurs et ingénieurs répartis dans les quatre laboratoires impliqués. Il est coordonné par Emmanuel Flahaut, chercheur CNRS dans l'équipe Nanocomposites et nanotubes de carbone, au CIRIMAT (Centre inter-universitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux de Toulouse, CNRS/Université Toulouse 3/INP Toulouse).

Le projet comporte trois volets :

- L'impact environnemental : ce volet est le plus innovant, car la question n'a encore jamais été étudiée. Une fois utilisés, les objets contenant des nanotubes de carbone sont jetés dans des décharges et les nanotubes risquent de polluer l'environnement. Les recherches porteront principalement sur le milieu aquatique, où se concentre la pollution. Les chercheurs vont mettre des amphibiens en contact avec des suspensions de nanotubes, pour étudier leur toxicité aiguë (mortalité, modifications comportementales) et leur génotoxicité (altération du patrimoine génétique). Une thèse est en cours sur ce sujet, montrant de la mortalité (uniquement chez l'une des deux espèces étudiées). Toutefois, les conditions de test

¹ Centre inter-universitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux de Toulouse (CNRS/Université Toulouse 3/INP Toulouse), équipe Nanocomposites et nanotubes de carbones, et Laboratoire d'écologie des hydrosystèmes (CNRS/Université Toulouse 3), en collaboration avec le laboratoire Biomatériaux et réparation tissulaire (INSERM/Université Bordeaux 2) et le laboratoire Macrophages, médiateurs de l'inflammation et interactions cellulaires (Université Toulouse 3)



devront être redéfinies avant de conclure de façon définitive. Cette thèse fait suite à des études *in vitro* de cytotoxicité (toxicité cellulaire) en collaboration avec le laboratoire Biomatériaux et réparation tissulaire (INSERM/Université Bordeaux 2). Ces études ont montré la nécessité de faire la part entre la toxicité intrinsèque des nanotubes, en fonction de leurs caractéristiques (dimensions, nombre de parois), et celle des traces de catalyseur métallique qui peuvent rester dans les échantillons.

- La santé humaine : les chercheurs examineront *in vitro* l'interaction des nanotubes de carbone avec les macrophages humains mais aussi *in vivo* au niveau pulmonaire chez la souris, en collaboration avec le laboratoire Macrophages, médiateurs de l'inflammation et interactions cellulaires (Université Toulouse 3), pour savoir si l'inhalation de nanotubes provoque des réactions inflammatoires. En mélangeant des nanotubes à du plasma et du sérum humain, E. Flahaut et ses collaborateurs de l'Université d'Oxford² ont déjà mis en évidence l'adsorption de certaines protéines sur des nanotubes de carbone : ces derniers pourraient alors être reconnus comme des éléments étrangers et donc provoquer une réaction d'inflammation, mais ce marquage pourrait aussi ouvrir la porte à des applications médicales comme par exemple l'amélioration de l'efficacité des vaccins.

- La synthèse des nanotubes de carbone : les chercheurs étudieront les moyens de la rendre plus « propre » et notamment de réduire les rejets gazeux.

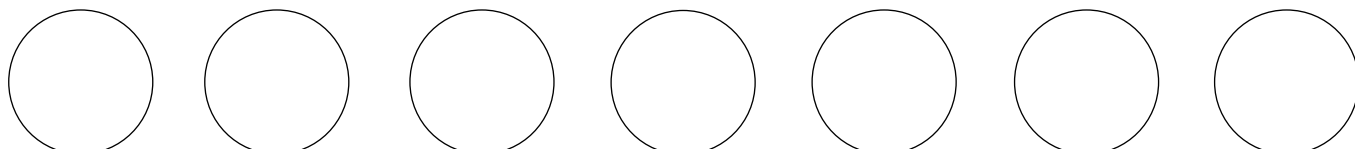
D'autre part, les chercheurs du CIRIMAT travaillent également sur le remplissage des nanotubes de carbone avec des matériaux magnétiques pour le traitement du cancer par thérapie. Ces recherches s'inscrivent dans le cadre d'un programme de recherche Marie Curie, avec 8 partenaires de 5 pays européens³.

QU'EST CE QU'UN NANOTUBE DE CARBONE ?

Les nanotubes de carbone, découverts en 1991, forment l'un des quatre états organisés connus du carbone sur Terre, avec le graphite, le diamant et les fullerènes (molécules en forme de ballons de football). Ils sont formés d'une ou plusieurs parois concentriques où les atomes de carbone sont organisés en réseaux d'hexagones. Leurs dimensions vont de quelques microns à quelques dizaines de microns de longueur et leur diamètre est inférieur à quelques nanomètres. Ils sont employés dans diverses applications, principalement pour leurs propriétés mécaniques et électriques.

² Immunochemistry Unit, Department de Biochimie, Université d'Oxford

³ Projet Carbio (www.carbio.eu), avec la participation d'équipes en Allemagne, Autriche, France, Grande-Bretagne, Pays-bas, Pologne.



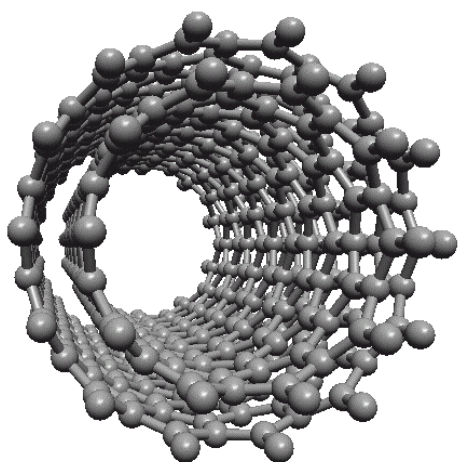


Figure 1 - Modélisation d'un nanotube de carbone bi-paroi. © E. Flahaut



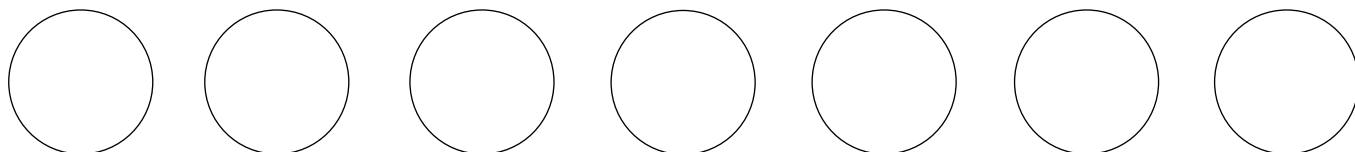
Figure 2 - Larves d'amphibiens utilisées pour l'étude. © E. Flahaut (ces figures sont disponibles auprès de la photothèque du CNRS, 01 45 07 57 90, phototheque@cnrs-bellevue.fr)

CONTACTS

Contact chercheur :
Emmanuel Flahaut,
T 05 61 55 69 70
flahaut@chimie.ups-tlse.fr

Contact communication du laboratoire :
T 05 62 88 57 60
Christophe.drouet@ensiacet.fr

Contact Presse
Claire Le Poulennec
T 01 44 96 49 88
claire.le-poulennec@cnrs-dir.fr



BIOLOGIE CELLULAIRE

Télé-réalité dans les cellules

Des chercheurs français ont pour la première fois réussi à visualiser dans la cellule les déplacements d'une protéine, la kinésine, chargée du transport des molécules d'un bout à l'autre de la cellule.

Un pas de plus a été franchi en matière de transport cellulaire : pour la première fois, des chercheurs français ont réussi à filmer la vie intime d'une molécule unique à l'intérieur d'une cellule. Giovanni Cappello et Yohanns Bellaïche, de l'Institut Curie, Maxime Dahan, du Laboratoire Kastler-Brossel (LKB)¹, à Paris, et leurs équipes y ont suivi les déplacements de protéines, les kinésines. Ces dernières sont responsables du transport du matériel cellulaire. Elles se déplacent le long de filaments qui constituent le squelette de la cellule, les microtubules.

Les chercheurs ont tout d'abord isolé les kinésines et les ont marquées à l'aide de boîtes quantiques fluorescentes, ou « *quantum dots* » afin de pouvoir les visualiser. Ces sondes optiques sphériques, des nanoparticules composées de cristaux semi-conducteurs, sont particulièrement puissantes et permettent de suivre les mouvements des protéines pendant plusieurs jours. Ils ont ensuite injecté le couple kinésine-*quantum dot* dans une cellule de mammifère et ont suivi sous microscope l'activité des protéines. Ou plutôt de la protéine, car cette technique est effectivement la seule permettant actuellement de visualiser une molécule unique à l'intérieur de la cellule.

Selon les résultats, les kinésines alternent entre un mouvement linéaire, quand elles sont attachées aux microtubules, et des déplacements aléatoires, lorsqu'elles quittent ces microtubules. Elles sont capables d'assurer individuellement le transport d'une molécule (ou d'une organelle² de petite taille) d'un bout à l'autre de la cellule grâce à une succession de phases d'accrochage et de décrochage. Et surtout, ces moteurs moléculaires conservent les mêmes caractéristiques dans la cellule et in vitro.

Les mesures sont en effet conformes à celles réalisées in vitro depuis une dizaine d'années. « Ces résultats ouvrent toute une panoplie de possibilités pour d'autres types d'études dans la cellule », confie Giovanni Cappello. Appréhender par exemple des phénomènes cellulaires complexes encore méconnus, comme celui de la division cellulaire. « Les biologistes cherchent à comprendre comment la cellule parvient à déterminer son centre de symétrie et à donner naissance à deux cellules filles. C'est-à-dire com-

ment sont exercées les forces qui permettent de tirer les chromosomes de part et d'autre de ce centre, comment sont positionnés les moteurs cellulaires et quelle est leur trajectoire. » Grâce à cette technique, les biologistes pourraient étudier de manière extrêmement fine les déplacements d'un moteur moléculaire unique le long d'un microtubule et en déduire un modèle de division cellulaire global simple. Autre application : en médecine. Les moteurs moléculaires peuvent également être utilisés comme nanotransporteurs pour délivrer un médicament.

Seule ombre au tableau : la technique nécessite encore quelques réglages. Pour le moment, les chercheurs ont utilisé des protéines isolées, purifiées mais... tronquées. La kinésine native est constituée du domaine moteur à une extrémité et du site d'accrochage à une autre. Les chercheurs ont coupé et remplacé ce site pour accrocher ici spécifiquement le *quantum dot*. Ils renouvellent actuellement l'expérience avec des protéines extraites directement de l'animal, des protéines de myosine 5 issues de cerveau de poulet qui ont été marquées à un endroit que l'on sait non fonctionnel. Ils entendent suivre cette fois le comportement d'une protéine complète dans son environnement d'origine. À suivre...

Séverine Duparcq

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-VI / ENS Paris / Collège de France.

2. Petite structure interne différenciée (délimitée par une membrane) de la cellule vivante exerçant une fonction spécialisée dans la cellule.

CONTACTS

→ **Giovanni Cappello**
Institut Curie, Paris
giovanni.cappello@curie.fr

→ **Maxime Dahan**
Laboratoire Kastler-Brossel (LKB), Paris
maxime.dahan@lkb.ens.fr

BRÈVE

Mini accélérateur, maxi débouchés

On connaissait les accélérateurs de particules qui font voyager les électrons sur des kilomètres pour leur faire prendre de la vitesse. À Palaiseau, des chercheurs du Laboratoire d'optique appliquée¹ viennent de mettre au point une version miniature de ces engins. Petit mais costaud, leur instrument – qui tient sur deux tables d'expérience – est capable d'accélérer des électrons à des énergies de 250 MéV (mégaélectronvolts). C'est certes loin des hautes énergies atteintes notamment au Cern... mais il le fait sur seulement un millimètre ! Un véritable exploit technique réalisé à l'aide de deux faisceaux laser et d'un plasma. Et en point de mire, des promesses en rafale, notamment dans les domaines de l'imagerie et de la santé : le procédé permettrait par exemple de développer une nouvelle forme de radiothérapie où un faisceau d'électrons serait utilisé pour brûler une tumeur cancéreuse. Les travaux de nos chercheurs ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Nature* du 7 décembre 2006.

1. Laboratoire École polytechnique / CNRS / ENSTA.

Contact : Jérôme Faure,
jerome.faure@ensta.fr

Dans une cellule en culture (à gauche), les chercheurs ont visualisé, en superposant 600 images (à droite), les trajectoires individuelles (indiquées par les flèches) de kinésines.

