

## Nanotechnologies

Le **nanomètre** (1 nm =  $10^{-9}$  m, soit un milliardième de mètre) est l'unité reine du monde des nanosciences et des nanotechnologies.

Un nanomètre, c'est environ :

- 500 000 fois plus fin que l'épaisseur du trait de stylo à bille ;
- 30 000 fois plus fin que l'épaisseur d'un cheveu ;
- 100 fois plus petit que la molécule d'ADN;
- 4 atomes de silicium mis l'un à côté de l'autre.

### Nanosciences et nanotechnologies

S'il n'existe pas de définition consensuelle du mot nanotechnologies, la Royal Society britannique et la Royal Academy of Engineering en proposent une, rédigée à l'issue d'une consultation de citoyens et d'experts. Les nanotechnologies sont « la conception, la caractérisation, la production et les applications des structures, dispositifs et systèmes, en contrôlant leur forme et leur taille à l'échelle du nanomètre ». Les nanosciences étudient « des phénomènes et des matériaux dont les propriétés aux échelles nanométriques sont significativement différentes de celles observées à plus grande échelle ».

### Histoire de... Les prophètes

En 1974, Norio Tanigushi invente le terme «nanotechnologies». Mais le premier à aborder la notion de maîtrise de la matière est le physicien Richard Feynman, en 1959.

### Fabriquer un objet infiniment petit peut prendre une éternité !

Si une goutte d'eau contient 1 000 milliards de milliards ( $10^{21}$ ) d'atomes, combien de temps faudrait-il pour la fabriquer atome par atome ? Assurément un temps infini ! Le rêve des nanotechnologies : le Légo moléculaire, construire atome par atome.

«L'ingénierie moléculaire», concept inventé par Eric Drexler, désigne la construction à l'échelle moléculaire. C'est la prochaine grande révolution des nanotechnologies. En effet, elle permettra de passer de la technique du «top down» (de haut en bas, voie descendante), qui consiste à découper les matériaux brut à l'aide de nano-scalpels, à celle du «bottom-up» (de bas en haut, voie ascendante), technique de fabrication brique par brique (les molécules). La chimie supra-moléculaire inventée par Jean-Marie Lehn (prix nobel, ISIS, Strasbourg) offre une solution concrète pour les molécules. On «programme» l'assemblage et on laisse faire la nature.

### Le Nanomonde, lieu commun des disciplines scientifiques

La récente histoire des Nanosciences montre que les physiciens, chimistes, et biologistes travaillent à l'échelle du Nanomètre depuis plusieurs années déjà. Ils prennent rétroactivement conscience que leurs disciplines convergent et, dans les années 1990, ils entrevoient tout le potentiel des recherches croisées.

### Elles sont déjà parmi nous !

L'intérêt des nanoparticules et des nanomatériaux n'a pas échappé à la Nature, ni même à nos ancêtres qui, sans le savoir, ont exploité leurs caractéristiques. Mais aujourd'hui, avec les premiers produits commercialisés, les nanotechnologies prennent leur envol.

D'un bout à l'autre de la planète, les investissements dans les nanotechnologies sont chaque année plus élevés ; certains annoncent même la prochaine « révolution industrielle »...

## Qu'est-ce qu'un Nanomatériau ?

Les Nanomatériaux sont des matériaux composés de structures de la taille de quelques atomes, des «Nanostructures». Ce sont elles qui donnent ses principales propriétés au matériau qu'elles constituent. Elles existent à l'état naturel et l'homme les utilise sans le savoir, depuis plusieurs siècles. Aujourd'hui, les chercheurs peuvent produire des Nanoparticules ou contrôler la croissance de Nanocristaux. Concevoir, élaborer et utiliser les matériaux à l'échelle nano, pourrait devenir l'un des moteurs majeurs de la technologie du 21<sup>ème</sup> siècle.

## Les artisans romains nanotechniciens

Le terme nanotechnologies évoque souvent les récentes avancées de la recherche. Mais nos ancêtres les romains s'interrogeaient déjà sur la composition de la matière et produisaient sans le savoir des nanomatériaux, notamment pour la verrerie. Ils donnaient au verre une teinte variant du bleu au pourpre, au rouge puis à l'orange lorsque la taille des nanoparticules diminue. Un effet similaire se produit avec des nanoparticules d'argent et de cuivre.

## Fabrication des nanocomposants

- En adoptant une voie descendante ("top-down") : on part d'un matériau, on le "découpe" et on le "sculpte" pour réduire le plus possible les dimensions de l'objet ou du composant que l'on veut fabriquer. C'est la voie qu'a suivie l'électronique depuis 30 ans, provoquant une révolution technologique dont l'ordinateur est le résultat le plus remarquable. L'effort de miniaturisation a d'abord conduit à des composants de dimensions micrométriques et est maintenant descendu en dessous des 100 nm.

- En adoptant une voie ascendante ("bottom-up") : on assemble la matière atome par atome pour construire des molécules que l'on intègre ensuite dans des systèmes plus grands. Cette voie est similaire à celle suivie par la nature : à partir des molécules d'ammoniac, de dioxyde de carbone, d'eau et de sels minéraux, elle a formé durant 4 milliards d'années d'évolution le monde du vivant si riche et si complexe d'aujourd'hui.

## Limites et défis des Nanotechnologies

Si les instruments utilisés aujourd'hui pour explorer le Nanomonde sont très performants, ils comportent néanmoins des limites, notamment leurs dimensions. On ne sait pas encore fabriquer d'outils Nanométriques ! On travaille donc avec des outils plus gros que les objets que l'on souhaite manipuler. C'est, en quelque sorte, comme coudre un bouton avec des gants de boxe !

## Applications d'aujourd'hui... et de demain

Les applications des Nanotechnologies concernent potentiellement tous les domaines, de la santé à l'énergie, en passant par les transports, les communications, l'environnement ou la défense. On parle à leur propos de technologies «horizontales». Les premières applications commercialisées sont issues des progrès des technologies de miniaturisation (informatique, télécommunications...) et des premières productions de Nanoparticules, intégrées dans des objets plus gros (pneumatiques, verres...).

### Les applications de demain

#### Environnement et énergie

Des matériaux renforcés par des nanoparticules rendront les alliages plus légers et résistants, aboutissant à la production d'objets presque inusables. Avec la fabrication « bottom-up » (de bas en haut), on pourra utiliser un minimum de matières premières et construire sans produire de déchet. Dans le domaine de l'automobile, l'utilisation de piles produites grâce aux nanotechnologies permettra de réduire, voire de supprimer l'utilisation des combustibles fossiles. Des recherches sont également en cours pour dépolluer l'eau grâce à l'énergie solaire et à l'action combinée du dioxyde de titane.

#### Electronique et Technologies de l'Information et de la Communication

Les futurs concepts d'enregistrement nanotechnologiques devraient combiner divers avantages : grande capacité de stockage, vitesse ou rétention de données sans alimentation constante, et longévité. Avec la mémoire vive à changement de phase, il sera possible d'enregistrer un téraoctet, l'équivalent de dix heures de données vidéo d'une qualité irréprochable, sur une surface de la taille d'un timbre-poste.

Grâce à la nanoélectronique, un seul appareil de la taille d'une carte de crédit fera office de magnétophone, appareil photo, magnétoscope, télévision, téléphone mobile, GPS, traducteur, carte de crédit, etc.

#### Dans la vie quotidienne

Les nanotechnologies feront évoluer nos gestes quotidiens. Au restaurant, il suffira de passer une carte de paiement sur un coin du menu pour payer l'addition et les pièces pour le pourboire seront recouvertes de nanoparticules antibactériennes. Les fenêtres seront résistantes à la saleté et aux rayures, elles s'assombriront automatiquement en cas de forte luminosité, transformeront cette lumière en électricité, voire s'allumeront comme un grand écran.

#### La santé

Dans le domaine de la santé, c'est le développement de la médecine individualisée qui est en jeu. Dans un futur proche, certains traitements pourraient être transportés dans une molécule creuse, sorte de conteneur nanométrique équipé d'antennes. Quand elle entre en contact avec les structures typiques de l'agent responsable de la maladie, comme des cellules cancéreuses, elle se colle et libère son contenu. Une nanotechnologie de ce type permettrait d'administrer des médicaments à forte dose à la source de la maladie, sans imposer de tension au reste de l'organisme.

#### Les nanotechnologies dans le monde

Contrairement aux précédentes découvertes technologiques, les nanotechnologies ne concernent plus seulement les pays développés ayant des centres de recherche reconnus. Plusieurs économies émergentes ou de petites puissances sont entrées dans la course, en même temps que les Etats-Unis, l'Europe ou le Japon, faisant des nanotechnologies un secteur très concurrentiel !

## Quelques objets (issus de l'exposition)

### Raquette de tennis en nanotubes de carbones

Fabriquée avec des nanotubes de carbones, cette raquette est d'une grande légèreté tout en étant plus solide et plus flexible que les raquettes traditionnelles.

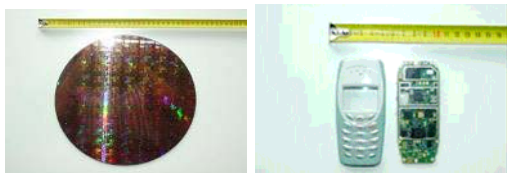
Babolat ([www.babolat.com](http://www.babolat.com))



### Les puces électroniques

Une tranche de silicium monocristallin supporte les transistors qui composent les puces électroniques. Au-dessus des transistors plusieurs couches de métal forment les interconnexions, pour réaliser la fonction électronique. Sur cette tranche les transistors mesurent quelques dizaines de nanomètres de long, et utilisent des couches de quelques nanomètres à peine. Une seule puce contient 100 millions de transistors et une tranche contient jusqu'à plusieurs milliers de puces. Une fois les puces fabriquées les tranches sont découpées et les puces individuelles sont encapsulées dans des boîtiers. Ces boîtiers permettent de reporter les centaines de contacts de chaque puce sur les circuits imprimés des applications finales (téléphone, ordinateur, télévision...). Certains boîtiers sont complexes, offrant par exemple des fonctions optiques pour les micro-caméras des téléphones mobiles.

STMicroelectronics ([www.st.com](http://www.st.com))



### Uniforme médical, peinture antibactérienne et savon désinfectant pour les mains

Les propriétés antibiotiques de l'argent sont connues depuis l'Antiquité. A l'état de nanoparticule, le métal peut s'intégrer à tous les matériaux : vêtements, murs, objets, etc. Ses propriétés antibactériennes seront d'un grand secours, notamment dans les hôpitaux pour diminuer les maladies nosocomiales.



Jrnanotech  
([www.jrnanotech.com](http://www.jrnanotech.com))

### Chaussettes antibactériennes

Les mauvaises odeurs sont dues à l'activité des bactéries. Pour y faire face, des nanopoudres de nitrate d'argent ont été intégrées à cette paire de chaussettes. L'argent est un métal naturellement antibactérien qui, réduit en nanopoudres, est encore plus actif. Finies les mauvaises odeurs !

Jrnanotech  
([www.jrnanotech.com](http://www.jrnanotech.com))



### Vêtements antitâches

Les nanotechnologies permettent de fabriquer des vêtements antitâches sur le principe de l'effet Lotus. Généralisés, ces tissus diminueront les dépenses d'énergie et d'eau pendant le lavage.



Pantalon fabriqué à partir d'un tissu Nanotex.  
([www.nanotex.com](http://www.nanotex.com))

## Puces RFID

RFID signifie Radio Frequency IDentification. Les puces permettent de stocker et récupérer des données à distance en utilisant des balises métalliques, les « Tag RFID », qui peuvent être collées ou incorporées dans des produits. Composées d'une antenne et d'une puce électronique, elles réagissent aux ondes radio et transmettent des informations à distance. L'objectif : remplacer les codes barres.

## Ciment antipollution



Ciment fotofluid  
(<http://www.globalengineering.info/>)

Le ciment fotofluid combine à la fois la dureté du ciment et la flexibilité de l'asphalte, il peut donc être utilisé pour recouvrir les routes.

Grâce aux propriétés photocatalytiques de l'oxyde de titane en nanopoudres, ce ciment est antipollution, antitaches et antiodeurs, ce qui peut améliorer de manière significative la qualité de vie à proximité des voies de circulation.

## Vitrail

De nombreux vitraux d'églises ou de cathédrales de l'époque médiévale et moderne tirent leurs teintes rouge et bleue de nanoparticules d'or ou d'argent, contenues dans le verre.



Oeuvre originale de Valérie Fortis

## Les nanotubes de Carbone

Dans un volume d'un  $\text{cm}^3$ , on a environ 1016 segments de nanotubes. Si on déplaçait tous ces nanotubes à plat, on obtiendrait une surface de  $300 \text{ m}^2$  (un terrain de basket) ! La surface d'un nanotube a la structure d'un nid d'abeille (hexagones) à la différence près que chaque alvéole au lieu de mesurer deux millimètres ne mesure que  $0.3 \text{ nm}$  : elles sont cent mille fois plus petites !. Si les nanotubes avaient la même taille que des nids d'abeilles, ce n'est plus une surface de  $300 \text{ m}^2$  qu'ils occuperaient mais dix fois la surface de la terre!

## Gilet pare-balles traité aux nanoparticules

Malgré la très grande solidité des fibres de Kevlar qui constitue le bouclier du gilet pare-balles, un des facteurs limitants du kevlar est sa dégradation rapide lorsqu'il est exposé aux UV et à l'humidité. Le traitement de surface par des nanoparticules lui permet de résister très longtemps à ces deux agressions et permet d'augmenter considérablement le temps d'usage d'un matériau très coûteux à l'achat.

## Peinture Antigraffiti

Cette peinture contient des nanoparticules hydrophiles et hydrophobes, ce qui lui permet de ne pas accrocher une autre peinture sur la surface traitée antigraffiti. Un simple nettoyage à l'eau suffit à éliminer l'essentiel du graffiti. Elle résiste aussi aux UV et aux abrasions, ce qui la rend durable.

DELETUM<sup>TM</sup> don de Victor M. Castaño Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada Universidad Nacional Autónoma de México.

