

# LA CASEMATE

CCSTI Grenoble\_Place St Laurent\_38000 Grenoble  
Informations : 04 76 44 88 80\_www.ccsti-grenoble.org

28 septembre 06 - 18 février 07

# NANO TECHNOLOGIES

*infiniment* PETIT  
maxi défis

E X P O S I T I O N



Rhône-Alpes



# Guide de l'enseignant



---

## Sommaire

- Présentation **p 3**
- Objectifs, publics **p 4**
- Principe de l'exploration et parcours résumé de l'exposition **p 5**
  - Les textes de l'exposition **p 8**
    - Module 1 p 8*
    - Module 2 p 12*
    - Module 3 p 17*
    - Module 4 p 20*
    - Objets présentés dans le module 3 p 23*
  - Les animations proposées au cours de la visite **p 29**
    - Combien de nanomètres dans un mètre ? p 31*
    - La frise à reconstituer p 32*
    - Est-il possible de colorier une feuille point par point ? p 34*
    - Plus petits que des confettis p 35*
    - Petites billes, grandes surface p 37*
    - Combien de molécules dans un morceau de sucre p 38*
    - Construire un nanotube de carbone ou une molécule de fullerène p 39*
    - Un tissu nanotraité anti-eau, anti-tâches p 40*
  - Ressources **p 41**
    - Repères historiques p 41*
    - Bibliographie p 42*
    - Sites internet à consulter p 42*
  - Informations pratiques **p 44**
  - Générique de l'exposition **p 45**



---

## **Présentation**

« **Nanotechnologies : infiniment petit, maxi défis** », est la première exposition française sur les nanotechnologies. Elle est coproduite par le CCSTI Grenoble (producteur délégué), la Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris et Cap Sciences, le CCSTI de Bordeaux.

### *Une nouvelle frontière...*

Défini par son échelle, le nanomonde échappe à nos perceptions habituelles, par son « invisibilité » et par les règles qui le régissent, très éloignées de nos conventions acquises. C'est un autre univers, pourtant présent à l'intérieur de nous, comme le décrit « Le voyage fantastique » de Richard Fleischer.

Dans ce nouveau monde, encore peu connu du grand public, les rares pionniers sont à l'étape de la manipulation de la matière dans ses plus petits éléments constitutifs, c'est-à-dire à  $10^{-9}$  mètre.

### *De nouvelles méthodes...*

Agir à l'échelle du nanomètre équivaut, pour les physiciens, chimistes, biologistes, informaticiens, cognitivistes, à travailler sur le « même » terrain d'investigation. C'est le phénomène de convergence. Les nanosciences sont donc la parfaite illustration de la pluridisciplinarité et de l'interdépendance grandissante entre les différents champs de la connaissance.

### *De nouveaux espoirs...*

Au niveau international, les nanotechnologies suscitent de plus en plus d'intérêts et pour certains, elles pourraient même constituer le cœur de la prochaine révolution industrielle. Consciente de l'importance de ces innovations, les grandes nations investissent massivement. En 2004, l'investissement dans ce domaine s'élevait à 8,4 milliards de \$. La France avec 187 millions de \$ se situe en 6<sup>ème</sup> position. La course aux brevets ne fait que commencer...

### *De nouvelles questions...*

Pourtant cette entrée dans un nouvel univers soulève de multiples controverses. Les nanotechnologies ont un champ d'application si large que les problématiques des nanosciences questionnent déjà au-delà des modes de recherche et de production industrielle. Des scientifiques, des citoyens, des associations, des institutions nationales et internationales : tous s'interrogent ou émettent une opinion sur le sujet.

## **Objectifs et publics**

Les objectifs de cette exposition sont d'informer le grand public et de mieux lui faire comprendre ce que sont les nanotechnologies, de sensibiliser aux enjeux scientifiques, économiques et sociétaux des nanotechnologies, d'ouvrir le débat en donnant la parole à toutes les parties prenantes



---

### *Les objectifs en fonction des publics*

#### **Pour les jeunes (à partir de 10 ans) :**

Leur faire appréhender la notion d'échelle, de matière, de complexité

Leur faire découvrir les pratiques, les applications, les techniques, les métiers, les processus à l'œuvre

Les encourager à se projeter dans l'avenir en leur faisant imaginer des applications possibles

Les sensibiliser à la dialectique recherche et développement durable

#### **Pour le grand public (familles, retraités) :**

Leur faire appréhender la notion d'échelle, de matière, de complexité

Leur faire découvrir les pratiques, les applications, les techniques, les métiers, les processus à l'œuvre

Pour permettre la construction d'opinion

#### **Pour les acteurs sociaux (scientifiques, politiques, industriels, associations) :**

Pour leur donner des éléments d'analyse des différents discours sur les nanotechnologies

Pour leur permettre la pluralité des prises de parole

Pour apporter le « retour » du public



---

## ***Principe de l'exploration***

### **Une découverte sensorielle**

Outils de contact et de relation avec l'extérieur, les sens et le corps sont les premiers éléments avec lesquels le public entre dans le nanomonde. Le visiteur utilisera son expérience corporelle pour appréhender un univers impalpable et éloigné de lui. Dans cette exposition, l'approche des nanotechnologies se fait donc par la découverte sensible, l'imaginaire et la participation citoyenne.

L'exposition est conçue comme un dispositif vivant qui permet au visiteur d'évoluer dans des structures modulaires au nombre de 4 qui rythment sa visite. Chaque module propose des manipulations, des interactifs multimédias, des vidéos, des objets et des installations lui permettant de découvrir et de se confronter à ce nouveau monde, aux lois qui le régissent, aux innovations industrielles et aux dimensions du débat suscité par les nanotechnologies.

Une attention particulière est portée vers les jeunes à partir du Cycle 3 (à partir de 9-10 ans) dans cette exposition. Ceci se traduit par :

### **Un carnet de visite**

Pour guider et questionner du CM1 à la Terminale.

### **Des activités complémentaires**

Elles sont proposées par l'animateur au cours des visites animées, elles sont adaptées à chaque niveau.

## ***Parcours résumé de l'exposition***

### **Module 1 : Entrez dans le nanomonde**

La première partie de ce module permet au visiteur de changer d'échelle de référence. En se confrontant à des objets aux proportions inhabituelles il va être contraint de relativiser les échelles de son environnement quotidien, de remettre en question ses références et prendre ainsi conscience de la taille infiniment petite des éléments nanométriques. La découverte de cette différence d'échelle va le plonger dans celle du nanomonde.

Dans la deuxième séquence, il découvrira les règles « physiques » étranges et contraignantes qui régissent les atomes en passant de l'univers « Newtonien » à un univers quantique tout à fait étonnant.

### **Parcours**

En traversant une ligne de « cheveux » le visiteur se trouve transporté à l'échelle du millimètre : un insecte. Il va également prendre conscience des différences de taille en observant des objets nanométriques agrandis à notre mesure ! Cette immersion est un voyage sensoriel dans le monde atomique. Ensuite plusieurs animations lui permettent de comprendre les règles auxquelles les éléments nanométriques sont soumis et les instruments et techniques d'observations développés pour étudier à cette échelle.

**Messages clés** : changement d'échelle – changement des lois physiques – les techniques d'observation



---

## **Module 2 : Manipuler la matière**

Cette partie de l'exposition propose au visiteur de vivre la science en train de se faire. Un retour sur l'histoire des sciences montre que l'homme s'intéresse depuis très longtemps à l'infiniment petit. Néanmoins, l'observation et la manipulation à cette échelle sont très récentes. De ce fait les nanosciences et les nanotechnologies ne sont sorties que très récemment du domaine exclusif de la recherche et leur entrée dans d'autres domaines socio-économiques est encore plus récente.

Le visiteur est ainsi invité à découvrir les outils mis en œuvre pour manipuler les atomes. Les impacts sur la recherche (convergence des disciplines), les procédés et potentialités de fabrication à ce niveau ainsi que les limites sont présentées.

### Parcours

Dans la première partie du module, les différents outils et instruments développés pour étudier la matière à cette échelle sont présentés : microscope à effet tunnel, à force atomique, ainsi que les méthodes actuelles de fabrication d'objets nanométriques.

Dans la deuxième partie le visiteur découvre comment des chercheurs de différentes disciplines, travaillant aux mêmes niveaux d'échelles sur un matériel de recherche commun. Le point de vue de chercheurs de différentes disciplines est présenté ainsi que les collaborations entre disciplines. Des exemples de ces collaborations sont présentées ainsi que les principales limites auxquelles doivent faire face les chercheurs.

Messages clés : la manipulation des atomes – les potentialités de fabrication bottom up – la convergence NBIC (NanoBiotechnologies Information Cognition) – les limites et les perspectives de la recherche

## **Module 3 : Ils sont déjà parmi nous**

Les nanotechnologies sont utilisées dans la nature et par l'homme depuis longtemps, de façon empirique. Certaines applications sont déjà dans la vie de tous les jours : produits cosmétiques, pneumatiques, raquettes de tennis... Ces utilisations ont évidemment un impact important sur l'économie et auront un impact grandissant sur l'homme lorsqu'elles seront complètement intégrées dans ses usages dans un avenir relativement proche.

### Parcours

Dans ce module, le visiteur fait connaissance avec l'usage que fait la nature des propriétés des nanostructures : chez le papillon Morpho Cypris bleu, le gecko et le lotus.

Il peut prendre connaissance des diverses propriétés des nanopoudres exploitées à l'heure actuelle en industrie ainsi que les premiers nanomatériaux artificiels et comprendre comment l'homme a exploité les nanopoudres dans son artisanat de manière empirique depuis l'antiquité. Une vitrine présente les applications « nano-inside » déjà commercialisées ainsi que les futurs développements permis par les nanotechnologies dans différents domaines.

L'impact macroéconomique ainsi que l'influence socio-économique des nanotechnologies sont ensuite présentés. Le visiteur se trouve ensuite confronté aux possibilités des usages futurs dans son quotidien. Diverses applications sont présentées à travers un



---

scénario prospectif. Il est ensuite invité à donner son opinion sur cet environnement nanotechnologique possible.

Messages clés : les caractéristiques des particules à l'échelle nano permettent d'envisager des applications à l'échelle macro – présentation de la diversité des applications envisageables – les marchés, les métiers, les entreprises

## **Module 4 : L'avenir a-t-il besoin de nous ?**

La science et ses applications ont toujours été nourries par l'imaginaire. Comme toute technique, les nanotechnologies créent leurs mythes mais au-delà de cette archéologie du futur, des problématiques concrètes sont débattues par les acteurs du nanomonde.

### Parcours

A travers quelques rappels empruntés à la science-fiction, le visiteur peut mettre en perspective les discours fantasmatiques qui accompagnent la recherche en nanosciences.

Ensuite, les problématiques concrètes (risques pour la santé et pour l'environnement) soulevées par les nanotechnologies sont ensuite présentées. Le visiteur peut consulter les points de vue des différents acteurs, et pèse les arguments de chaque participant interviewé. Il est ensuite invité à émettre sa propre opinion : son point de vue est affiché et devient partie intégrante du débat de l'exposition. Les résultats seront présentés aux différents acteurs impliqués et à la société civile.

Messages clés : toutes les nouvelles techniques ont toujours été baignées dans un imaginaire – les risques envisageables et leur étude – le débat science-société – espace de libre expression



## ***Les textes de l'exposition***

### MODULE 1

#### **Entrez dans le Nanomonde**

Entrez dans l'univers de l'atome et de la molécule d'ADN, un univers où tout est infiniment petit.

Un monde peuplé d'objets dont les lois et les comportements sont radicalement différents de ceux que nous connaissons à notre échelle.

Accédez à un monde que l'homme explore depuis quelques décennies à peine, mais qui suscite fascinations, espoirs et interrogations.

#### **Et si les objets du Nanomonde venaient explorer le nôtre ?**

Le Nanomonde est en nous : comme tout objet physique, nous sommes constitués d'atomes, unités de base de la matière.

Comme une poupée russe, notre matière est composée de briques qui s'assemblent. Les atomes s'assemblent en molécules. Ces molécules s'organisent pour créer les cellules, à partir desquelles les organes dont nous sommes constitués sont construits. Entre l'atome et nous, il y a plusieurs niveaux d'organisation.

*L'ADN : Muraille de Chine nanométrique*

*L'ADN d'un virus*



Si un brin d'ADN ne mesure que 2.5 nanomètres de largeur, sa longueur est proche du micron (un millionième de mètre). Si on le « déplie », il est encore plus long. A l'échelle de l'atome, l'ADN de nombreux organismes paraît aussi long que la Muraille de Chine à l'échelle de l'homme.

*Le Virus : plus petit organisme «vivant». Pas si petit dans le nanomonde...*



Capsule de Mimivirus, le plus gros virus connu.

Grand de 400 nanomètres, ce virus peut sembler extrêmement petit, mais il est déjà 400 fois plus gros qu'un atome. En imaginant qu'un nanomètre égale un centimètre, le virus mesurerait alors 40 cm !

*L'atome, brique élémentaire et unité de base du nanomonde*



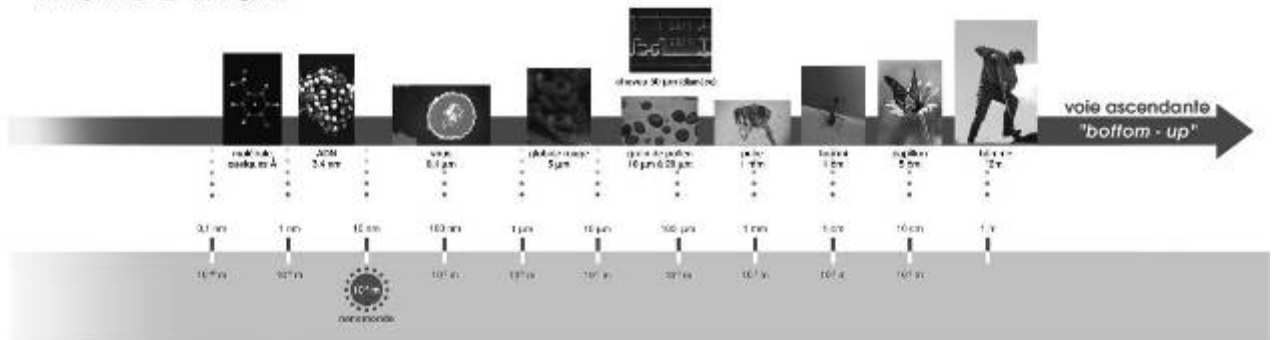
L'atome d'hydrogène mesure environ 0.1 nanomètre

L'électron ou le proton qui le constituent sont encore plus petits. La taille d'un proton est d'un Fermi = un millionième de nanomètre = 10-15 mètre.

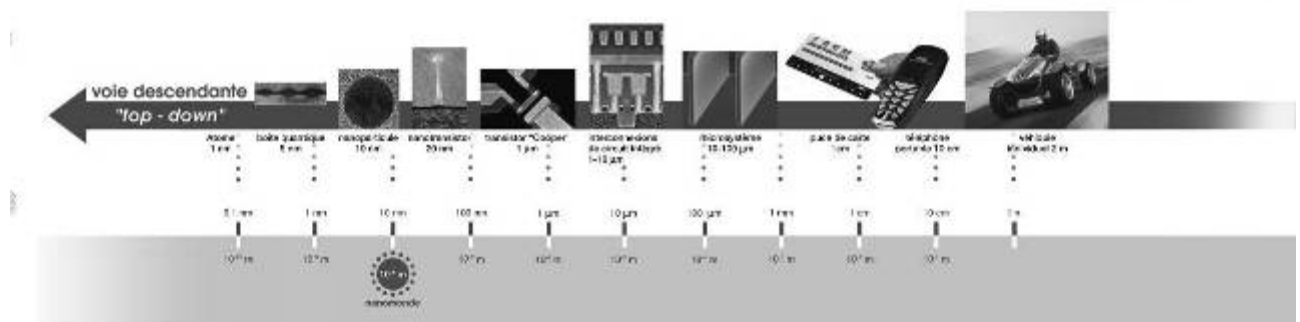


## Qu'est-ce qu'un nanomètre ?

### MONDE vivant

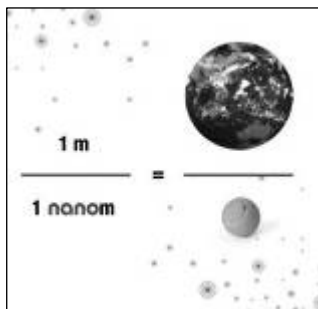


### MONDE artificiel



Nano vient du grec (nanos) qui signifie « nain ».

Utilisé comme préfixe d'une unité de mesure, il représente un milliardième de mètre soit 1/1 000 000 000 ou 10<sup>-9</sup> mètres. Dix atomes d'hydrogène alignés mesurent environ un nanomètre, et une double hélice d'ADN 2,5 nanomètres de large. Le plus petit élément des circuits intégrés est déjà de l'ordre d'une dizaine de nanomètres de largeur, un globule rouge mesure un millier de nanomètres et le point à la fin de cette phrase a un diamètre d'environ 100 000 nm.



A la fois très proche, car les atomes sont partout, le Nanomonde désigne pourtant un univers très éloigné de nous. Il y a la même différence de taille entre un atome et une balle de tennis, qu'entre cette même balle et la Terre. Un tel changement d'échelle permet de comparer l'exploration du Nanomonde à une exploration spatiale dans l'infiniment petit.

Le Nanomonde : un autre point de vue sur le monde ?

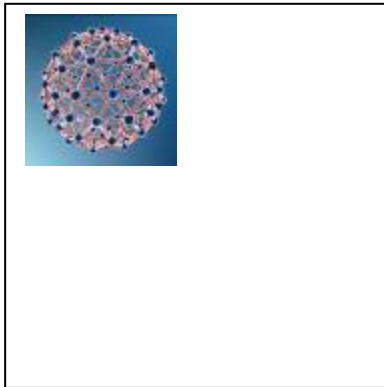
Les rapports de taille entre notre monde et l'infiniment petit sont aussi importants qu'entre notre monde et l'infiniment grand.





## Dans le Nanomonde : à jeux identiques, règles différentes

Dans le Nanomonde, on retrouve les règles qui existent à notre échelle, mais elles ont beaucoup moins d'importance que celles de la physique quantique. Ainsi, des expériences ou des jeux que nous connaissons bien se dérouleraient de façon très différente à l'échelle de l'atome.



### *Les liaisons atomiques*

L'assemblage d'atomes en molécules se fait grâce aux liaisons chimiques: leurs intensités donnent la force de cohésion à la molécule. De ces liaisons dépendent la forme et les propriétés des molécules et, à plus grande échelle, notre monde.

#### ■ Le baby-foot atomique

Est-il possible de jouer au baby-foot à l'échelle nanométrique ?

Au baby-foot, les joueurs tapent dans la balle pour la déplacer. Si la balle était un atome dans un baby-foot de quelques nanomètres, elle serait fortement ralentie ou ne bougerait pas, car la liaison entre les atomes est si forte qu'il est difficile de les séparer : la matière « colle ».

#### ■ Manip : Liaisons atomiques (5 boules)

Liaisons atomiques. Tirez sur les boules et comparez les forces des liaisons.

##### La liaison covalente :

C'est la liaison la plus forte qui peut exister entre deux atomes, plus précisément elle s'effectue grâce au partage d'un ou plusieurs électrons.

##### La liaison ionique :

Elle est presque aussi puissante que la liaison covalente, mais ses propriétés sont très différentes. Les ions négatifs et positifs s'attirent. En solution dans l'eau, la liaison ionique s'affaiblit au point que les ions peuvent se dissoudre (exemple : le sel).

##### La liaison hydrogène :

Bien que faible, elle est d'une importance fondamentale pour la vie. Elle permet à l'eau de se condenser en liquide et de se solidifier en glace. Elle est essentielle au monde vivant.

##### La liaison de Van der Waals :

C'est la plus faible de toutes. Avec un nombre suffisant de liaison de Van der Waals, on « colle » des objets : le gecko peut grâce à elle se fixer sur n'importe quelle surface et dans n'importe quelle position ! Plus la distance diminue, plus la force de Van der Waals devient forte : à dix nanomètres, elle exerce la (une) pression d'une atmosphère.

##### La liaison hydrophobe :

Cette liaison n'est pas une vraie liaison atomique, c'est une conséquence de la liaison hydrogène : c'est elle qui permet au savon de former de la mousse en présence d'eau, cette liaison est extrêmement faible

#### ■ Manip : Flou quantique

La vision floue de la boule est une illusion d'optique. Pour mesurer sa vitesse, il faut évidemment qu'elle s'agite, mais pour connaître sa position, il faut l'arrêter !



#### ■ Manip mouvement Brownien

Le mouvement brownien ou le sens du hasard.

Reproduisez le mouvement brownien en déplaçant les boules centrales à l'aide de celles qui les entourent

#### ■ Manip : Babyfoot atomique

Le baby-foot atomique. Est-il possible de jouer au baby-foot à l'échelle nanométrique ?

## MODULE 2

### **Manipuler les atomes**

La découverte du nanomonde a débuté par la révolution théorique de la physique quantique. A cette époque, les chercheurs le visitaient par l'abstraction et les équations mathématiques. L'exploration « physique » du nanomonde a commencé grâce à des techniques d'observation, de mesure et d'identification. Malgré leur taille infiniment petite et les lois physiques particulières qui les gouvernent, nous sommes aujourd'hui capables de « photographier » et manipuler les atomes. Pour quoi faire ?

### **Voir et manipuler l'invisible, les outils de la performance**

Pendant longtemps, les chercheurs ont conçu le Nanomonde comme une abstraction. Puis, les outils se sont affinés et les découvertes de ces dernières années ont rendu ce monde concret, compréhensible et surtout manipulable, jusqu'à une certaine échelle.

### **Histoire de... La découverte du microscope à effet tunnel**

En 1981, Gérald Binnig et Heinrich Röhrer inventent le microscope à effet tunnel. C'est le début de l'observation et de la manipulation de l'atome. En 1986, les 2 chercheurs reçoivent le prix Nobel de Physique. Cette consécration illustre l'importance de leur découverte qui apporte un « regard » nouveau sur la matière et ouvre de vastes champs d'applications pour la physique comme pour la chimie et la biologie. La même année, Binnig, Quate et Gerber mettent au point le microscope à force atomique qui permet, contrairement au microscope à effet tunnel, d'étudier les matériaux non conducteurs, comme la plupart des objets vivants.

#### *Voir et manipuler l'invisible, le Microscope à Effet Tunnel*

Voir et manipuler des atomes nécessite des outils spécifiques. L'invention du Microscope à Effet Tunnel (MET), ou STM (Scanning Tunnel Microscope), est une véritable révolution! Désormais, les chercheurs peuvent sentir les atomes, grâce à l'effet tunnel.

Contrairement aux microscopes traditionnels, le STM ne permet pas de « voir », mais de « palper » la surface. Il ne fournit pas une photographie, mais une image modélisée de la surface. Le STM ne fonctionne qu'avec des matériaux conducteurs comme les métaux. Pour les matériaux isolants, les scientifiques utilisent le Microscope à Force Atomique.

### **Nanosciences et nanotechnologies, de quoi parle-t-on ?**





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 ». Sources : Royal Society et Royal Academy of Engineering.

### **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 !

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

Si une goutte d'eau contient 1 000 milliards de milliards (10<sup>21</sup>) 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.

### **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. Dans un discours devenu historique, il déclare «There is plenty of room at the bottom» (il y a beaucoup d'espace en bas) et imagine déjà pouvoir graver l'ensemble de l'encyclopedia Britannica sur une surface équivalente à une tête d'épingle.

### **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.

### **Histoire de... Les premiers artisans**

En 1985, Harold Kroto et Richard Smalley découvrent la molécule de Fullerène, constituée de 60 atomes de carbones formant une cage qui ressemble à la surface d'un ballon de football de 0.7 nanomètre de diamètre. En 1991, Sumio Iijima, chercheur dans une grande entreprise d'électronique japonaise (NEC), observe pour la première fois les nanotubes de carbone, des feuillettes de graphite qui constituent la mine d'un crayon à papier. A l'échelle du nanomonde, ces feuillettes ressemblent à un grillage en forme de nid d'abeille. En roulant ce grillage, on obtient un nanotube de carbone de l'ordre du nanomètre de diamètre. La propriété la plus extraordinaire des nanotubes est leur



solidité : ils sont 20 fois plus rigides et 10 fois plus légers que les aciers les plus durs connus à ce jour.

*Dr. Philippe Cinquin, spécialiste d'informatique médicale, LaboratoireTIMC – IMAG / UMR CNRS*

La transdisciplinarité est-elle d'actualité dans votre métier ?

Elle a toujours existé, c'est une évidence. Assister le médecin par l'informatique nécessite des compétences dans les deux domaines.

A votre avis, comment va évoluer votre métier ?

En médecine, l'idéal serait d'avoir des professionnels compétents dans plusieurs domaines. Mais dans la réalité, en France, le parcours de ces chercheurs multidisciplinaires n'est pas favorisé. Les formations ont été conçues pour former et évaluer des chercheurs dans une seule discipline. Cependant, il n'y a d'avenir que dans la multidisciplinarité. Il faudrait mieux reconnaître les compétences de ces chercheurs et mettre en place une stratégie de collaboration entre les institutions de recherche.

*Dr. Didier Boturyn, Chimiste au LEDSS CNRS*

La transdisciplinarité est-elle d'actualité dans votre métier ?

Nous travaillons sur des molécules d'intérêt biologique. L'objectif est de synthétiser des molécules intelligentes, capables de se fixer directement sur les cellules cancéreuses. La collaboration entre chimistes et biologistes est essentielle et existe depuis les années 90.

A votre avis, comment va évoluer votre métier ?

Sur ce type de recherche, la convergence se généralise. Au laboratoire, nous accueillons déjà des étudiants transdisciplinaires, qui réalisent leurs thèses en cotutelle.

*Dr. Vincent Bouchiat, physicien au CRTBT du CNRS*

La transdisciplinarité est-elle d'actualité dans votre métier ?

Auparavant, dans nos recherches en nanosciences, nous travaillions avec des techniques héritées de l'électronique. Mais depuis 10 ans, pour observer des phénomènes ayant lieu sur, au plus 50 nm, nous faisons appel à la synthèse chimique.

La chimie est donc d'un grand recours pour nos recherches.

A votre avis, comment va évoluer votre métier ?

La Physique et la Chimie sont des disciplines assez éloignées et les formations sont assez étanches. Nous rencontrons donc des problèmes de vocabulaire, de langage alors que nous travaillons sur la même chose ! Mais je ne vois là rien d'insurmontable et puis il est important de garder des spécialistes dans chaque domaine.

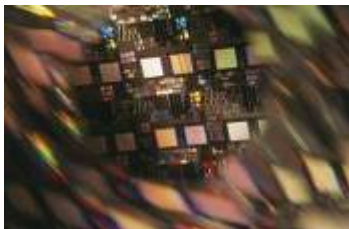
### **Converger : multiplier les solutions ?**

Faire travailler ensemble des chercheurs au bagage scientifique souvent très différent, c'est multiplier les regards et les approches, possibilité peu exploitée jusqu'ici.

Aujourd'hui, la convergence à l'échelle du Nanomonde leur permet d'échanger leurs compétences et d'envisager des solutions nouvelles à des problèmes parfois anciens.

Mais ces nouveaux protocoles de travail ne vont-ils pas générer à leur tour de nouvelles questions ?

### *Société de la connaissance*



L'amélioration des systèmes de traitement de l'information (calcul, stockage) a déjà permis d'améliorer les puissances de calcul des appareils informatiques, sans augmenter leur prix.

et  
infiniment petit – maxi défis

du 18 février 2007 au CCSTI Grenoble – La Casemate



Les objets communicants se multiplient. Cette tendance favorise la création d'environnements « intelligents », dans lesquels les objets du quotidien seront interconnectés en permanence.

### *Médecine*



Les récentes avancées des sciences médicales laissent entrevoir la possibilité de diagnostiquer et de soigner des patients, en agissant à l'échelle nanométrique, notamment grâce à des capteurs, des systèmes de visualisation, des principes actifs, ou encore des tissus synthétiques.

### *Développement durable et secteur de l'énergie*



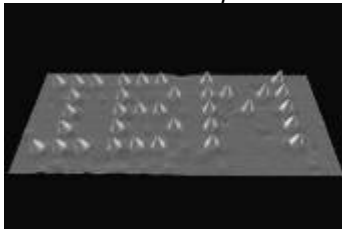
Les nanotechnologies peuvent apporter des solutions, notamment en terme de procédés « doux » pour l'environnement. La nanostructuration permettrait de créer des matériaux recyclables, d'emprisonner du dioxyde de carbone, et d'améliorer le rendement des énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire. L'objectif est de fabriquer des produits manufacturés sans production de déchet.

### *Les biopuces, la médecine portable*



Les puces d'analyse, comme les lab-on-a-chip (laboratoire sur puce) notamment en cours de développement au CEA Grenoble, permettront dans un avenir proche, avec une puce de quelques centimètres carrés et en un temps record, de faire les mêmes analyses médicales que dans un laboratoire de plusieurs mètres carrés, le tout pour un prix minime comparé au coût actuel des analyses.

### *Histoire de... La première médiatique*



En 1988, Donald Eigler dessine le sigle IBM avec 35 atomes de xénon sur une surface de nickel. En déplaçant les atomes un à un avec un microscope à effet tunnel, il procède à la première manipulation médiatique de la matière à l'échelle atomique.

### *Le projet NBIC ou la vision américaine de la transdisciplinarité*



Un célèbre rapport américain de la National Science Foundation élargit la transdisciplinarité des nanosciences aux sciences cognitives ; c'est la convergence NBIC (Nano, Bio, Informatique,



Cognition). Cette convergence NBIC vise l'amélioration, voire la modification des capacités humaines et de l'homme en général.



Dans cette vision, proche de la science-fiction, on créerait une interface entre le neurone et un microprocesseur. Les défis à résoudre sont tels que ce type de projet restera un rêve (ou un cauchemar ?) dans la tête des chercheurs pendant encore très longtemps...

#### ■ Manip bras haptique

Voir et manipuler l'invisible, une approche sensible de l'infiniment petit

Manette à retour d'effort

Dispositif électromécanique qui permet de sentir avec les mains les objets physiques simulés par ordinateur.

Vous allez pouvoir toucher, voir et entendre, les différences de comportements physiques entre le monde macroscopique et le monde nanométrique, dans le cas simple où on s'approche et percute un objet avec une baguette.

#### ■ Manip briques Légo

Les outils utilisés par les chercheurs sont de taille bien supérieure aux atomes, ce qui ne facilite pas le travail ! Fabriquez une petite structure en Légo avec les gants de boxe.

#### ■ Manip gant aimanté (effet collant)

Expérimentez l'effet collant de la matière. Fabriquez une petite structure, mais attention, vos briques collent à vos outils !

#### *Borne vidéo NANOFACTORY*

Nanofactory : l'usine moléculaire

L'usine moléculaire

Si, dans un avenir plus ou moins lointain, la fabrication en « bottom-up » (de bas en haut) devient réalisable, on pourra concevoir de véritables usines à l'échelle moléculaire. En s'inspirant d'un modèle de production très mécaniste, le film américain Nanofactory montre à quoi pourrait ressembler cette « usine moléculaire » fabriquant des produits atomes par atomes.

#### *Vitrine Biopuce*

Biopuces Roche. Roche DNA chips. Biochips Roche

Aujourd'hui, les médicaments sont prescrits avec une posologie standard du type : matin, midi et soir. Mais chacun d'entre nous métabolise différemment les médicaments, d'où le risque d'effets secondaires indésirables chez certaines personnes, ou d'échec thérapeutique chez d'autres. Les nouvelles puces AmpliChip identifient rapidement certains gènes du métabolisme des médicaments pour permettre au médecin d'administrer une posologie sur mesure pour chaque patient, rendant ainsi la prise de médicament à la fois plus efficace et plus sûre.



## MODULE 3

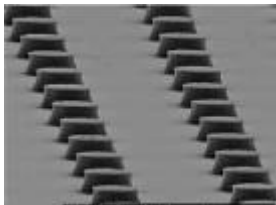
### **Elles sont déjà parmi nous !**

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. Vers quelle destination ? Comment nous approprions-nous les innovations technologiques ? 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 21ème siècle.

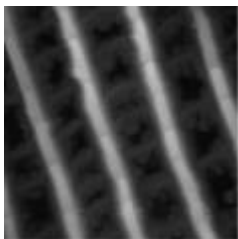
#### *La pureté du Lotus...*



Symbole de la pureté en Asie, la feuille de Lotus utilise ses nanostructures pour rester toujours propre. La structure superficielle des feuilles est cireuse, c'est une microstructure à laquelle vient se superposer une nanostructure ; elle réduit au maximum le contact avec les gouttes d'eau.



Celles-ci perlent et s'écoulent sur la surface, entraînant les salissures presque sans laisser de trace. La plante s'auto-nettoie !



#### *Les ailes bleues du papillon sont incolores !*

Les ailes de nombreuses espèces de papillons renferment des pigments colorés, mais pas celles du Morpho Cypris bleu. Ses ailes sont recouvertes d'innombrables minuscules écailles de chitine... transparentes ! C'est la structure superficielle de ses écailles qui, par dispersion, diffraction et réflexion de la lumière, donne naissance à cet effet coloré. Cette propriété est étudiée par les chercheurs, en vue d'applications industrielles.



### *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.

### **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.

#### *Les applications de demain - Electronique et Technologies de l'Information et de la Communication*

Les nanotechnologies augmenteront considérablement la puissance des objets communicants. 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.

#### *Les applications de demain - 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. Les fans de football pourront toujours se rassembler devant un verre, en l'occurrence les fenêtres du café !



### *Les applications de demain - 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.

### **Quel usager des technologies êtes-vous ?**

Nous vivons dans une société où les technologies et leurs services associés sont de plus en plus nombreux. Mais chaque utilisateur est un individu à part entière, pour qui les objets techniques et leur usage ont un sens, une place, bien personnels. Du réfractaire au fan, de l'utilitariste à l'humaniste, on peut ébaucher quatre profils type d'usager des technologies d'information et de communication, quatre façons de se positionner vis-à-vis d'outils de plus en plus mobiles, invasifs et « intelligents ». Et vous, quel Homo Technicus êtes-vous ?

#### *Vous êtes un Détracteur !*

Vous considérez l'usage des nouvelles technologies comme une soumission à la dictature d'une société hyper technicisée. Vous luttez contre cette société où les technologies, de plus en plus présentes dans votre quotidien, constituent, d'après vous, une menace supplémentaire pour l'être humain.

#### *Vous êtes un Humaniste !*

Pour vous, la technique n'est pas une fin en soi. Vous pensez que les nouvelles technologies n'ont pas que des usages positifs, aussi vous les utilisez selon vos règles du jeu et dans le respect de vos propres valeurs.

#### *Vous êtes un Utilitariste !*

Efficace avant tout, vous jugez l'usage d'une technique uniquement par le bénéfice ou l'avantage qu'elle vous apporte. Même si ces outils sont parfois contraignants, ce ne sont après tout que des outils...

#### *Vous êtes un Fan !*

Enthousiaste et admiratif des nouvelles technologies, toujours à jour dans vos mises à jour, victime de la mode High-tech, vous avez vite compris que, dans la société de l'information et de la communication, être branché, c'est être connecté !

### **Chronique d'une révolution annoncée**

Au niveau international, les Nanotechnologies suscitent de plus en plus d'intérêt. Pour certains, elles constituent le cœur de la prochaine révolution industrielle. Conscients de l'importance de ces innovations, les pays industrialisés investissent massivement : 8,4 milliards de dollars en 2004, dont 4,6 milliards de fonds publics. La France, avec 187 millions de dollars, se situe en 6ème position ; elle est en 5ème position en terme de publications et de brevets. Du fait de l'augmentation des investissements, publics comme privés, et du nombre d'entreprises et de brevets, les Nanotechnologies influencent de plus en plus notre univers socio-économique, local comme mondial.



## 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 !

## MODULE 4

### L'avenir a-t-il besoin de nous ?

Les sciences et les techniques sont aussi les produits d'une culture. Comme d'autres avant elles, les nanotechnologies réactivent un imaginaire parfois ancestral, et génèrent à la fois des peurs et des espoirs. Elles posent également des questions médicales et environnementales. Quels sont les risques potentiels ? Comment associer les citoyens au contrôle du développement des nanotechnologies ? Le débat est ouvert et chacun peut y contribuer.

### Futurs antérieurs ?

Les sciences, comme toute pratique humaine, ont une dimension culturelle : des discours, des représentations, des figures. Comprendre les processus scientifiques à l'œuvre dans le développement des Nanotechnologies ne suffit pas à en cerner tous les enjeux. Tout changement technique fascine car il bouleverse notre conception du monde. Il est porteur de peurs et d'espoirs. Encore mystérieux et intrigant, le Nanomonde stimule les fantasmes. Son invisibilité participe à la fascination qu'il exerce.



L'homme objet d'expérimentations scientifiques



La peur de l'invisible



Le mythe de l'apprenti-sorcier

### Futurs conditionnels ?

On peut considérer la science-fiction comme une archéologie du futur. Elle associe l'imaginaire et le savoir d'une époque pour anticiper les futurs développements techniques et leurs conséquences sociales, économiques et politiques.

Les Nanotechnologies, techniques nouvelles en pleine émergence, sont désormais au cœur de cette combinaison complexe entre sciences et imaginaire, tout comme l'électricité ou la microbiologie de Pasteur en leur temps.



*La gelée grise*



*De l'homme « amélioré » au Transhumain*



*Frère NANO vous surveille*

### **Les Nanotechnologies en discussion**

Le débat sur les Nanotechnologies est multiforme, car ces technologies horizontales touchent à toutes les composantes de la société et des techniques, à tous les aspects de notre quotidien. Nanotechnologies et Nanosciences s'insèrent-elles dans des problématiques classiques ou, au contraire, suscitent-elles de nouveaux questionnements ? Quels sont leurs risques potentiels ? Quels types de précaution peut-on prendre ? Quelles questions éthiques posent le développement des Nanotechnologies ?

*Les réponses de... Bernadette Bensaude-Vincent*

Directrice du Centre d'Histoire et de Philosophie des sciences. Ecole doctorale Connaissance et Culture. Membre de l'Académie des Technologies. Membre du COMETS (Comité d'éthique du CNRS).

*Les réponses de... Louis Laurent*

Physicien, auteur avec Jean-Claude Petit de l'ouvrage «Les nanotechnologies doivent-elles nous faire peur ?»

*Les réponses de... Jean-Pierre Dupuis*

Professeur de philosophie à l'Ecole Polytechnique et à l'Université Stanford. Membre du Conseil Général des Mines et de l'Académie des Technologies.

*Les réponses de... Jérôme Rose*

Directeur de recherche CNRS, Physico-chimie des interfaces, spéciation des métaux au Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (C.R.E.G.E)

### **A vous de jouer !**

L'ère des Nanotechnologies n'en est encore qu'à ses débuts. Le Nanomonde paraît plein de promesses, même si les premières applications n'ont rien de véritablement révolutionnaire. Quelles que soient les voies de développement des recherches et des applications, les choix essentiels semblent encore devant nous. C'est dans ce cadre que notre responsabilité de citoyen peut s'exercer. Faites connaître votre point de vue !

### **Pour résumer en une phrase ce que vous pensez, vous diriez que les nanotechnologies c'est...**

De votre point de vue, la principale raison de poursuivre la recherche et le développement des nanotechnologies, c'est...

Selon vous, le plus grand danger des nanotechnologies, c'est...



---

Cet espace est à votre disposition pour écrire et afficher votre opinion sur les nanotechnologies.



## Objets présentés dans le module 3

### Les ailes bleues du papillon sont incolores !

Les ailes de nombreuses espèces de papillons renferment des pigments colorés, mais pas celles du Morpho Cypris bleu. Ses ailes sont recouvertes d'innombrables minuscules écailles de chitine... transparentes ! C'est la structure superficielle de ses écailles qui, par dispersion, diffraction et réflexion de la lumière, donne naissance à cet effet coloré. Cette propriété est étudiée par les chercheurs, en vue d'applications industrielles



### Le secret du gecko

Comment fait le gecko pour monter le long du mur et filer tête en bas sur le plafond ? La patte du gecko est munie de poils extrêmement fins et souples qui peuvent s'accrocher à tous types de surfaces. C'est une liaison de Van der Waals. Très faible, elle tient sa force de son grand nombre : la patte du gecko en contient des millions ! Pour ne pas rester collé, le gecko les défait facilement une par une, comme un ruban adhésif.



### 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.

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



### Fart pour skis et surfs

L'intégration de nanotechnologies dans le fart facilite son application : un simple coup de brosse suffit, et augmente son efficacité : il ne s'accumule pas dans les rainures des skis. Les structures des skis restent dégagées pour une glisse optimisée ! Don de Nanowax ([www.nanowax.com](http://www.nanowax.com))

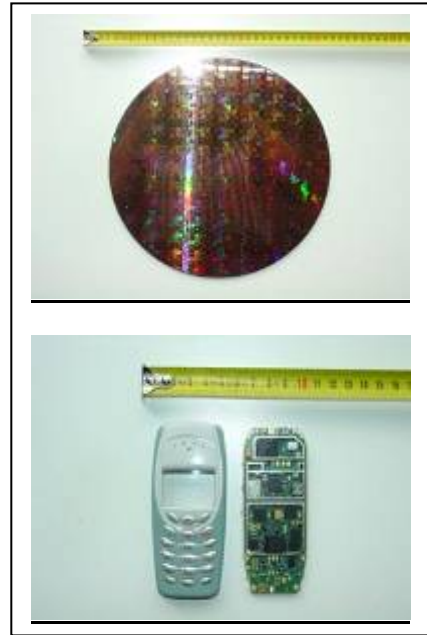




## Les puces électroniques

La 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.

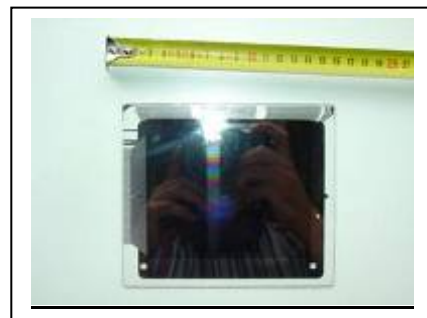
Une fois les puces fabriquées les tranches sont découpées et les puces individuelles sont encapsulées dans des boîtiers. Ces boîtiers permettent de reporter les centaines de contacts de chaque puce sur les circuits imprimés des applications finales (téléphone, ordinateur, télévision...). Certains boîtiers sont complexes, offrant par exemple des fonctions optiques pour les micro-caméras des téléphones mobiles. Don de STMicroelectronics ([www.st.com](http://www.st.com))



## Cathode pour écran plat à base de nanotubes

Les Nanotubes de Carbone (NTC), qui sont des objets de quelques Nanomètres de diamètre et quelques Micromètres de longueur, permettent du fait de cette géométrie particulière une très forte amplification du champ électrique et sont donc particulièrement adaptés à l'émission d'électrons sous vide. Les structures triodes à base de NTC permettent de faire des écrans plats fonctionnant selon le principe du tube à rayons cathodique sans ses inconvénients d'encombrement et de poids et avec ses avantages de qualité d'image, consommation et coût. Ce type d'écrans, basé sur les Nanotechnologies, est considéré comme un candidat très sérieux pour la prochaine génération d'écrans plats à l'horizon de 5-10 ans.

Don du CEA LETI - Laboratoire des Technologies et Composants sur Verre (LTCV) ([www-leti.cea.fr](http://www-leti.cea.fr))





## 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 anti-bactériennes seront d'un grand secours, notamment dans les hôpitaux pour diminuer les maladies nosocomiales.

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



## Emballage alimentaire antibactérien

Comme la paire de chaussettes antibactérienne, cet emballage alimentaire est traité au nitrate d'argent. Il empêche le développement des bactéries dans les produits alimentaires, sans utiliser de conservateur. Les risques d'intoxication alimentaire sont ainsi largement diminués.

Don de 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 !

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



## Vêtements antitaches

Les nanotechnologies permettent de fabriquer des vêtements antitaches, 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.

Don de 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.

Puce RFID Technologie Mu chip don d'Hitachi  
([www.hitachi.fr](http://www.hitachi.fr))



## Ciment antipollution

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.

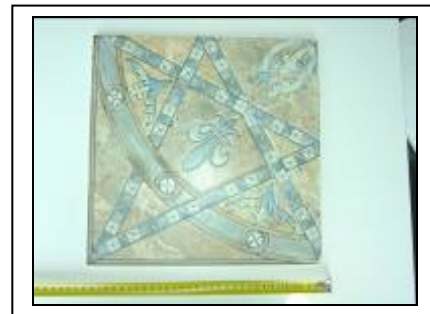
Ciment fotofluid, don de global engineering  
(<http://www.globalengineering.info/>)



## Carrelage traité antitache

La surface de ce carrelage a été traitée pour obtenir l'effet Lotus. Les liquides salissants, comme le café ou le vin, ne se fixent pas trop sur le sol, pour un nettoyage facile et rapide avec un peu d'eau. Des objets aux papiers peints, en passant par les vitrages, ce traitement envoie les corvées de nettoyage difficiles et consommatrices d'eau aux oubliettes !

Don de DGtec / Chimigraf et Fritta ([www.dgtec.fr](http://www.dgtec.fr))



## 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.

Œuvre originale de Valérie Fortis.





### Les nanotubes de Carbones

Dans un volume d'un  $\text{cm}^3$ , on a environ  $10^{16}$  segments de nanotubes.

Si on dépliait 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  $0.3$  nanomètre: 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

Les fibres de Kevlar sont d'une très grande solidité (celles-ci sont notamment utilisées dans les gilets pare-balles), néanmoins elles se dégradent rapidement lorsqu'elles sont exposées aux rayons Ultra Violets ainsi qu'à l'humidité. Un traitement de surface avec des nanoparticules rendent ce matériau plus résistant et augmente ainsi sa durée de vie. STRATUM nanoPROTEC™ don de Victor M. Castaño Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Universidad Nacional Autónoma de México

### 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 endurente.

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







---

## ***Les visites animées proposées aux scolaires***

### **La durée des visites est d'environ 1 heure 30**

L'objectif des visites proposées au public scolaire est une approche des nanotechnologies par une découverte sensible où l'imaginaire et la participation active et citoyenne sont favorisés. Ainsi, ils pourront :

- appréhender la complexité de ce monde, les notions d'échelles, la matière et les forces physiques qui la régissent
- découvrir les pratiques, les applications, les techniques, les métiers, les processus à l'œuvre
- se projeter dans l'avenir en imaginant des applications possibles
- se sensibiliser à la dialectique recherche et développement durable

Le programme des visites animées est conçu pour s'adresser à des enfants d'âges variés, en lien avec les programmes scolaires, et visent avant tout à une participation active des élèves. Ces animations en fonction des niveaux d'âges font appel à :

- leur curiosité : comprendre par l'expérience les échelles et les proportions, les processus et lois à l'œuvre dans le nanomonde
- leur imagination : réflexion et expression sensible autour de nos futurs possibles avec les nanotechnologies
- leur engagement dans la société, par une initiation à la pratique civique et à la réflexion philosophique autour des sciences

**- Plusieurs niveaux de visite sont proposés en fonction des publics scolaires :**  
niveau CM1/CM2/6<sup>ème</sup>, niveau 5<sup>e</sup>/4<sup>e</sup>/3<sup>e</sup>, niveau 2<sup>e</sup>/1<sup>e</sup>/Term.

#### **- Enseignants concernés par l'exposition :**

Professeurs des écoles : CM1 et CM2

Professeurs des collèges : sciences physiques, mathématiques, arts plastiques, éducation civique

Professeurs des lycées : sciences physiques, mathématiques, histoire-géographie, économie, philosophie, arts plastiques

#### **- Principe d'une visite animée**

En fonction des groupes, l'animateur explicite une ou plusieurs séquences de l'exposition, choisies en adéquation avec les programmes scolaires et le niveau de compréhension des élèves. Il remet un carnet de visite à chaque élève. Des activités et expériences complémentaires sont proposées aux élèves. La dernière partie est consacrée à une visite de l'exposition en autonomie.

### **Les animations proposées aux CM1/CM2/6<sup>e</sup>**

Intention : Faire découvrir à l'élève un monde où la différence entre un atome et une balle de tennis est aussi importante qu'entre cette même balle et la terre à notre échelle. Une telle variation d'échelle nous permet de comparer cette exploration dans l'infiniment petit à celle de l'exploration spatiale. La difficulté réside dans la prise de conscience de cette distance importante. Sa transposition dans un travail sur les échelles de taille permet de rendre ce voyage dans la matière perceptible.



---

#### Insertion dans la progression :

- Connaître les unités légales du système métrique pour les longueurs
- Construire un cube, reconnaître, construire ou compléter un patron de cubes
- La conservation de la matière, les changements d'état de l'eau
- Le rôle et la place des vivants dans leur environnement

#### Objectifs :

- Permettre de ressentir physiquement les strates qui séparent le mètre du nanomètre
- Percevoir les différences entre chaque niveau d'échelle
- Se familiariser avec l'échelle nanométrique et plus généralement avec l'infiniment petit
- Comprendre l'impossibilité de fabriquer du nano avec du macro, de voir les objets de taille nanométrique

### **Les animations proposées aux 5<sup>ème</sup> / 4<sup>ème</sup> / 3<sup>ème</sup>**

Intention : Faire découvrir à l'élève un monde où la différence entre un atome et une balle de tennis est aussi importante qu'entre cette même balle et la terre à notre échelle. Une telle variation d'échelle nous permet de comparer cette exploration dans l'infiniment petit à celle de l'exploration spatiale. La difficulté réside dans la prise de conscience de cette distance importante. Sa transposition dans un travail sur les échelles de taille permet de rendre ce voyage dans la matière perceptible.

#### Insertion dans la progression :

- Appréhender les lois qui régissent le comportement de la matière, faite d'atomes et de molécules, le courant électrique est transporté par des entités chargées (électrons)
- La transformation de la matière par des réactions chimiques, l'homme a des devoirs vis-à-vis de son environnement, être capable d'argumenter dans le cadre d'un débat

#### Objectifs :

- Permettre de ressentir physiquement les strates qui séparent le mètre du nanomètre
- Percevoir les différences entre chaque niveau d'échelle
- Se familiariser avec l'échelle nanométrique et plus généralement avec l'infiniment petit
- Comprendre l'impossibilité de fabriquer du nano avec du macro, de voir les objets de taille nanométrique

### **Les animations proposées aux 2<sup>nde</sup> / 1<sup>ère</sup> / Term**

Intention : Faire prendre conscience à l'élève de la taille infiniment petite des éléments nanométriques, ainsi que des forces qui régissent ces éléments. L'observation et la manipulation à cette échelle sont très récentes même si l'atome a été théorisé au siècle dernier. L'élève pourra découvrir les outils mis en œuvre pour ces manipulations, les procédés et les potentialités de fabrication à ce niveau.

#### Insertion dans la progression :

- Connaissance de la matière : atomes, molécules
- Les différentes formes du carbone

#### Objectifs :

- Permettre de ressentir physiquement les strates qui séparent le mètre du nanomètre
- Percevoir les différences entre chaque niveau d'échelle
- Se familiariser avec l'échelle nanométrique et plus généralement avec l'infiniment petit
- Comprendre l'impossibilité de fabriquer du nano avec du macro, de voir les objets de taille nanométrique



## Combien de nanomètres dans un mètre ?

Nano vient du grec « nanos » qui signifie « nain ». Les scientifiques l'utilisent dans les unités de mesure pour exprimer le « milliardième » de mètre. Le tableau de conversion proposé permet de situer le nanomètre dans le système métrique.

Nous découvrons un monde où la différence entre un atome et une balle de tennis est aussi importante qu'entre cette même balle de tennis et la terre à notre échelle. Au cours de cette exploration dans l'infiniment petit, nous essayons de rendre perceptible ce voyage dans la matière et de trouver de nouveaux points de repère, afin de ressentir « l'espace » qui sépare le mètre du nanomètre.

Les proportions :  
la circonférence de la terre, d'une balle de tennis

### ← sur le carnet de visite :

En partant de l'unité de mesure du mètre que tu connais bien : ajoute des zéros autant fois qu'il le faut pour arriver progressivement au nanomètre.

• 1 mètre : c'est

1		
---	--	--

 centimètres

• 1 mètre : c'est

1			
---	--	--	--

 millimètres

• 1 mètre : c'est

1						
---	--	--	--	--	--	--

 micromètres

• 1 mètre : c'est

1									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 nanomètres

Combien de zéros as-tu ajouté dans le dernier tableau ? : .....

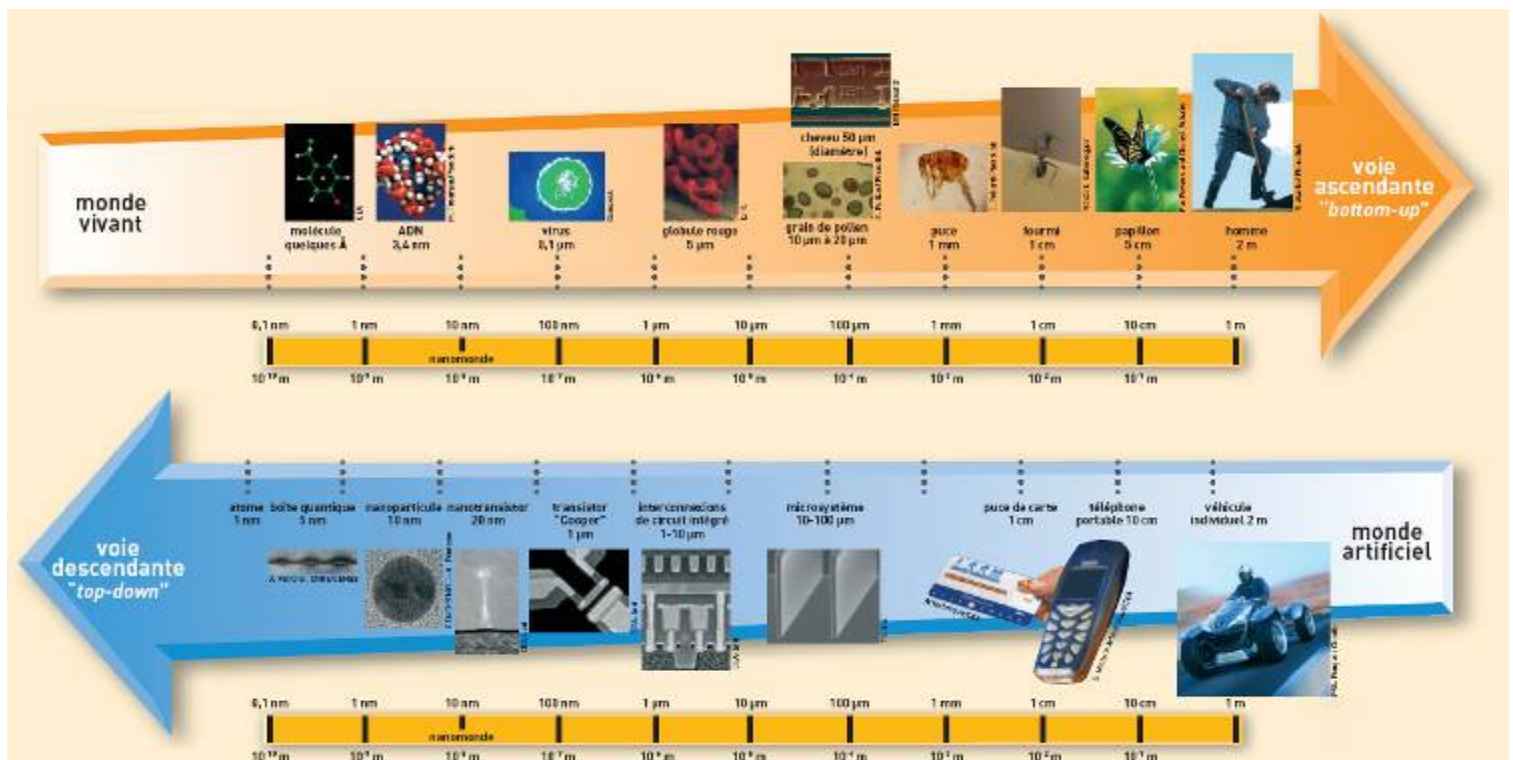


## La frise à reconstituer

La comparaison des dimensions du monde vivant et de produits fabriqués par l'homme permet de se situer dans l'échelle du nanomonde. Un tableau aimanté présente les échelles allant de 1 mètre à 1 nanomètre. Différents produits technologiques et des représentants du monde vivant doivent y être mis à leur place. En partant d'objets que l'on voit en allant jusqu'à des représentations d'objets que l'on ne voit pas, la reconstitution d'une frise où les objets sont classés en fonction de leur taille permet également de mettre en place un vocabulaire sur des objets que l'on a pas l'habitude de nommer

Présentation d'une frise aimantée sur laquelle est placée une échelle de 1 mètre à 0,1 nanomètre. Cette échelle ne permet cependant pas de prendre conscience des proportions (voir l'expérience sur les proportions).

Sur cette frise l'élève doit replacer les objets suivants : être humain, papillon, puce, cheveux, cellule, ADN ou protéine, molécule, voiture, téléphone portable, carte à puce, microprocesseur, phototransistor, nanotransistor, agrégat d'atomes, atomes.

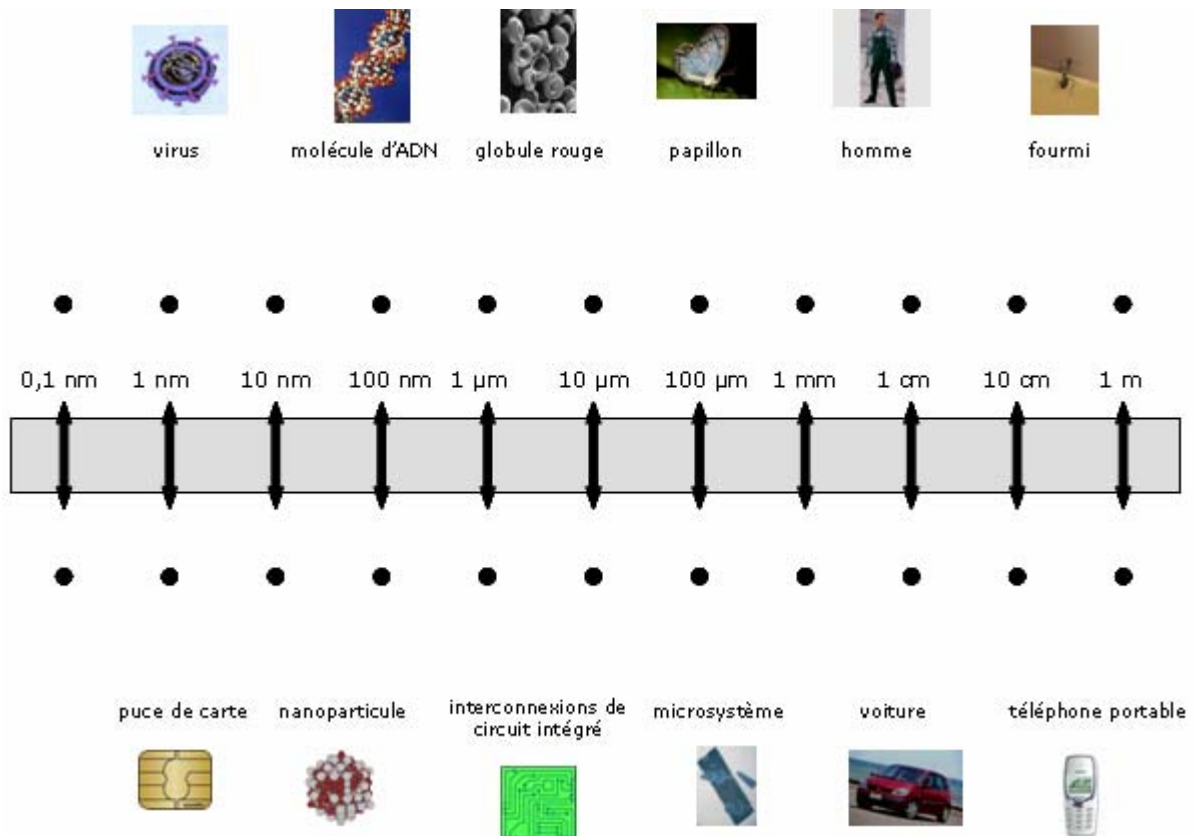




← **sur le carnet de visite**

Observe l'échelle de taille proposée et les différents objets de 1 mètre à 0,1 nanomètre. Relie chaque objet au point de la frise qui correspond à sa taille.

Pour t'aider, tu peux aller voir la frise au module 1





## Est-il possible de colorier une feuille point par point ?

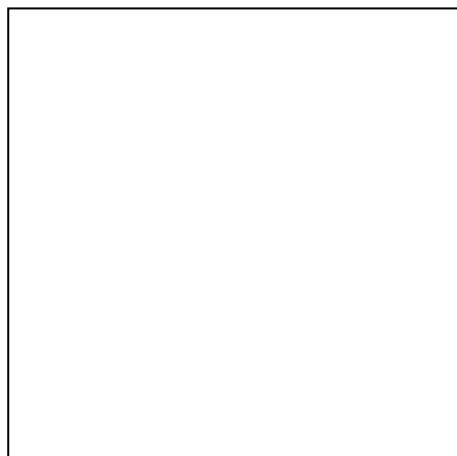
Cette activité est une approche simple pour illustrer la constitution de la matière. La matière dont nous parlons, papier, cheveux etc... est constituée d'éléments extrêmement petits : les molécules, elles-mêmes étant des assemblages d'éléments encore plus petits les atomes.

Technique du haut en bas : pour fabriquer un objet, par exemple une pierre taillée à partir d'un silex brut, ou une allumette à partir d'un arbre. Pour les nanotechnologies, les hommes tentent de fabriquer des objets à partir de briques élémentaires (technique du bas en haut): atome par atome, ce qui pour le moment prend énormément de temps.

Observation à l'aide d'une loupe binoculaire de papier, cheveux, micropuce gravage non visible à l'œil nu

### ← sur le carnet de visite

Essaye de colorier entièrement ce carré uniquement en faisant des points...



### Y es tu arrivé rapidement ?

- Non, car il faudrait énormément de temps pour y arriver
- Oui, j'ai rapidement colorié la totalité de ce carré point par point

### « Nano » Info :

La matière : papier, cheveu, bois... est constituée d'éléments extrêmement petits : **les molécules** (elles sont beaucoup plus petites que le point de ton stylo).

Ces molécules sont elles-mêmes des assemblages d'éléments encore plus petits : **les atomes**.

Lorsqu'on fabrique des allumettes par exemple, on part du morceau de bois que l'on taille jusqu'à obtenir l'allumette : c'est la technique du haut en bas.

Pour les nanotechnologies, les hommes tentent de fabriquer des objets en assemblant atomes par atomes : c'est la technique de bas en haut. Mais cette technique prend énormément de temps, comme pour nous pour colorier ce carré point par point !



## Plus petits que des confettis

Il est impossible de fabriquer des objets micrométriques et nanométriques en partant d'objets macrométriques. De plus, il faut des instruments spécifiques pour les manipuler. A l'heure actuelle, les instruments utilisés sont plus gros que les objets manipulés. Pour comprendre cette impossibilité, prenons conscience que quand on manipule de tous petits objets, nos doigts ont vite une taille colossale ! C'est un peu comme coudre avec des gants de boxe !

Un exemple concret pour comprendre la difficulté à obtenir et à manipuler de si petits objets est de prendre une feuille de papier de 1 cm de large et de la couper en deux autant de fois qu'il le faut pour obtenir une bande de 1 nm de large. Cela représente 23 découpages et est tout à fait impossible à réaliser.

Les plus grands s'essayeront à retrouver le résultat :

$$1 \text{ } 10^{-2} / 2^n = 10^{-9}$$
$$\text{soit } 2^n = 10^7$$
$$\text{soit } n = \log 10^7 / \log 10^2 = 23$$

### ← sur le carnet de visite

Si l'on veut manipuler des objets nanométriques, il nous faut utiliser des outils spéciaux, adaptés à leur taille...

Prenons l'exemple d'une bande de papier de 1 cm de large : essaye de découper cette bande jusqu'à obtenir un bout de papier de 1 nm...

Quelles difficultés rencontres-tu ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Voici la taille de notre bande de papier



---

Pour obtenir un morceau de papier de 1 nm, nous avons donc besoin d'outils spécifiques. Les ciseaux que nous utilisons sont beaucoup trop gros pour découper à cette dimension et nos doigts ne nous permettent pas de manipuler de si petites choses.

En partant de notre bande de papier de 1 cm de large, il faudrait la découper en 10 000 000 de fois pour obtenir des bandes de 1 nm de large.

A partir d'une bande de papier de 1 cm de largeur  
Calcules d'abord à partir d'une bande de papier de 1 centimètre de large : combien de fois dois-tu la couper en 2 pour arriver à une bande de 1 nanomètre

Fabriquons une bande de papier de 1 mm de largeur puis essayons de la recouper à nouveau !



## Petites billes, grande surface

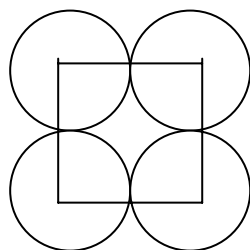
Aux très petites échelles, de nouveaux phénomènes apparaissent comme par exemple l'effet de taille. En effet, pour des billes, plus la taille, plus le rapport surface / volume augmente, conférant ainsi aux matériaux des capacités d'échange et de réactivité exceptionnelles. Autrement dit, pour la même masse de billes de diamètre différent, la surface occupée va augmenter considérablement.

Cette activité a pour but d'illustrer qu'à masse égale, des billes de diamètres différents vont occuper d'autant plus de surface qu'elles sont plus petites.

Nous disposons de billes de 3 et 10 mm de diamètre. Un poids égal de chaque type de billes est préparé dans deux béchers. Les billes pesées sont ensuite glissées entre 2 plaques et on constate la surface occupée par les deux types de billes. Les billes de petit diamètre occupent une surface plus importante que les billes de plus grand diamètre. Cette propriété est utilisée dans les nanopoudres.



Les plus grands pourront calculer la surface occupée





## Combien de molécules dans un morceau de sucre ?

Cette activité permet de prendre conscience du changement d'échelle et du nombre impressionnant d'atomes nécessaires pour « construire » un objet. En partant d'un morceau de sucre constitué de molécules de saccharose, on s'aperçoit rapidement des difficultés techniques qui sont rencontrées par les ingénieurs pour assembler des atomes. Cette réflexion sur la fabrication à l'échelle nanométrique montre également la problématique d'industrialisation de procédés.

### ☛ sur le carnet de visite

Combien y a-t-il de molécules de saccharose dans un morceau de sucre ?

Mesures d'abord la longueur d'un morceau de sucre. Sachant qu'une molécule de saccharose équivaut à un nanomètre, calcules combien il y a de molécules sur la ligne mesurée.

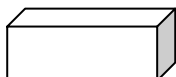
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

En supposant l'existence d'un nanorobot capable de fixer des molécules de saccharose entre elles et en supposant que le temps de cette opération dure 1 seconde, combien de temps faudra-t-il à ce robot pour fabriquer un morceau de sucre ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Résultat :

Un morceau sucre : longueur 27 mm  
soit 27 millions de molécules sur la longueur du morceau de sucre



largeur 17 mm : soit 17 millions de molécules  
hauteur 12 mm : soit 12 millions de molécules soit  $5508 \cdot 10^{18}$  molécules pour le morceau

Si le nanorobot construit à raison de une molécule par seconde :  
il y a 31 536 000 secondes dans une année : il faudrait  $174 \cdot 10^{12}$  années

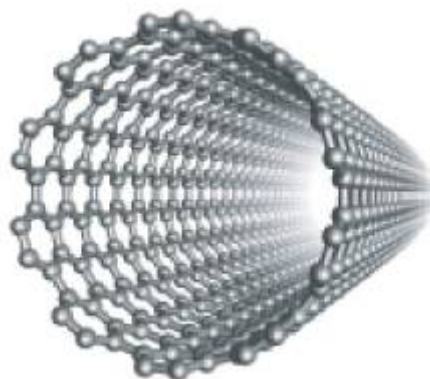


## Construire un nanotube de carbone ou une molécule de fullerène

Cette activité permet de découvrir un nano-objet et ses propriétés particulières. Le nanotube de carbone et le fullerène sont des structures artificielles mises en évidence dans les années 1991 et 1985 respectivement. Ce sont des structures très simples à réaliser sous forme de modèles moléculaires. Le nanotube de carbone a des propriétés surprenantes car il est 100 fois plus résistant et 6 fois plus léger que l'acier. Il peut être utilisé dans de nombreux matériaux (exemple : raquette de tennis).

Le diamètre d'un nanotube de carbone est de l'ordre du millionième de millimètre. Cette valeur est réellement difficile à appréhender pour l'esprit humain, mais pour la comprendre, il suffit de se dire qu'un nanotube de carbone d'une longueur équivalent à la distance Terre-Lune, enroulé sur lui-même, occuperait le volume qu'un pépin d'orange.

L'activité consiste à construire à plusieurs un nanotube de carbone par assemblage de pièces représentant le carbone et la liaison entre les carbonés.



**Structure d'un nanotube de carbone**

De la même manière, on peut reproduire une molécule de fullerène qui a la forme d'un ballon de football. Cette molécule est aussi une nouvelle forme d'organisation du carbone. Elle comprend 60 atomes de carbones disposés aux sommets d'un polyèdre de 0.7 nm de diamètre. Les facettes sont des hexagones et des pentagones.



**Structure d'une molécule de fullerène**



## Un tissu nanotraité anti-eau, anti-tâches

Cette activité a pour but de montrer un exemple d'application des nanotechnologies dans un objet de la vie quotidienne. Les scientifiques développent des revêtements nanomodifiés inspirés du monde végétal. Ils ont en effet observé que les feuilles de lotus ne se mouillaient pas et restaient propres même dans un environnement boueux.

La surface de la feuille de lotus est recouverte de nanocristaux de cire qui forment un réseau qui empêchent les gouttes d'eau de mouiller la surface. Les gouttes restent sphériques sans s'étaler.

Cette activité permet d'illustrer cette nouvelle propriété sur un tissu qui peut être utilisé pour des vêtements par exemple. Des échantillons de tissus sont testés pour vérifier leur comportement par rapport à un tissu équivalent non traité.





---

## ***Ressources***

### **Repères historiques**

- Au V<sup>e</sup> siècle avant notre ère : le philosophe grec Démocrite émet l'hypothèse que la matière est composée d'éléments indivisibles : les atomes.
- 1857 : Michael Faraday étudie.
- 1911 : Rutherford détermine l'existence du noyau atomique.
- 1913 : Niels Bohr postule que la théorie classique n'est pas valable pour un atome.
- 1959 : Richard Feynman tient son discours où il déclare « There is plenty of room at the bottom (il y a beaucoup d'espace en bas) ».
- 1969 : Première utilisation du terme nanotechnologie par Eric Drexler, alors étudiant de Richard Feynman.
- 1981 : Invention du microscope à effet tunnel.
- 1985 : Découverte des fullerènes.
- 1986 : Invention du microscope à force atomique.
- 1990 : Des chercheurs d'IBM écrivent le nom de leur société avec 35 atomes de xénon à l'aide d'un microscope à effet tunnel.
- 1991 : Découverte des nanotubes.
- 1998 : Les premières molécules outils et nanomoteurs sont créés comme la roue moléculaire.
- 2001 : Premier transistor réalisé avec un nanotube.
- 2003 : Première diffusion de la série Jack 2.0, une série qui parle d'un homme transformé par la nanotechnologie.
- 2004 : Premiers microprocesseurs gravés avec une finesse de 0,09  $\mu\text{m}$ , soit 90 nm, chez Intel et AMD.
- 2006 : Intel est en phase de test pour la gravure de 45 nm qui devrait arriver en 2007.



---

## **Bibliographie**

- Les nanosciences. Tome 1, Nanotechnologies et nanophysique, Edition revue et augmentée. Marcel Lahmani, Claire Dupas, Philippe Houdy. Collectif. Belin, 2006.
- Demain le nanomonde. Voyage au cœur du minuscule. Jean-Louis Pautrat, Fayard, 2002.
- Engins de création. L'avènement des nanotechnologies. Eric-K Drexler. Vuibert, 2005.
- Le nanomonde. Roger Moret, CNRS Editions, 2006.
- Nanosciences Nanotechnologies. Rapport sur la science et la technologies N°18. Robert Corriu. Eds TEC & DOC, 2004.
- Les nanotechnologies. Michel Wautelet. Dunod, 2003.
- Nanotechnologies. La révolution de demain. Mark Ratner, Daniel Ratner. Pearson Education, 2003.

### Le débat autour des nanotechnologies

- Nanotechnologies, maxiservitudes. Pièces et mains-d'œuvre. L'Esprit Frappeur, 2006.
- Les nanotechnologies, espoir, menaces ou miracles ? Yan de Kerorguen. Lignes de repères, 2006.
- Serons-nous immortels ? Oméga 3, nanotechnologies, clonage... Ray Kurzweil, Terry Grossman. Dunod, 2006.
- Les nanotechnologies doivent-elles nous faire peur ? Louis Laurent, Jean-Claude Petit. Le Pommier, 2005.
- Se libérer de la matière. Fantôme autour des nouvelles technologies. Bernadette Bensaude-Vincent, INRA Editions, 2004.

## **Sites internet à consulter**

### Des sites d'information et de vulgarisation

- Plaquette du Ministère à télécharger  
<http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr/docs/plaq.nanomonde.pdf>
- Et des animations : <http://cps.ens.fr/nanomonde/>
- [www.futura-sciences.com/comprendre/g/theme-matiere\\_4.php](http://www.futura-sciences.com/comprendre/g/theme-matiere_4.php)
- [www.radio-canada.ca/tv/decouverte/10\\_quant/](http://www.radio-canada.ca/tv/decouverte/10_quant/)

### La recherche

- <http://www.cnano-rhone-alpes.org/>
- US National Nanotechnology Initiative [www.nano.gov/](http://www.nano.gov/)
- Nano Science and Technology Institute [www.nsti.org/](http://www.nsti.org/)
- Nano2Life, réseau européen d'excellence du 6e PCRD [www.nano2life.org/](http://www.nano2life.org/)
- Cordis [www.cordis.lu/nanotechnology/](http://www.cordis.lu/nanotechnology/)
- Réseau de Recherche en Micro et Nano technologies (RMNT) [www.rmnt.org/](http://www.rmnt.org/)
- NanoForum, European Nanotechnology Gateway [www.nanoforum.org/](http://www.nanoforum.org/)
- J.-L. Lorrain et D. Raoul (2004) Nanosciences et progrès médical, Rapport de l'OPECST n° 293 (2003-2004), 6 mai 2004. [www.senat.fr/rap/r03-293/r03-293.html](http://www.senat.fr/rap/r03-293/r03-293.html)
- [www2.cnrs.fr/presse/journal/2477.htm?print=1](http://www2.cnrs.fr/presse/journal/2477.htm?print=1)



---

### Le débat

- <http://www.vivagora.org/> : L'association Vivagora souhaite développer une "démocratie participative" et promouvoir une culture du débat sur les questions scientifiques et technologiques.
- <http://www.vivantinfo.com/index.php?id=2> : revue en ligne très riche
- [http://www.ta-swiss.ch/a/nano\\_pfna/2006\\_TAP8\\_IB\\_Nanotechnologien\\_f.pdf](http://www.ta-swiss.ch/a/nano_pfna/2006_TAP8_IB_Nanotechnologien_f.pdf) : brochure à télécharger

### Pour les plus jeunes

- <http://www.visiatome.fr/> : un espace enseignant à visiter, et un espace jeune avec des animations sur de nombreux thèmes dont les nanotechnologies
- <http://www.sciencepourtous.qc.ca/bulletin/2004/113/article1.html>
- La physique de Robert  
<http://perso.orange.fr/philippe.boeuf/robert/physique/diams.htm>  
<http://perso.orange.fr/philippe.boeuf/robert/physique/molecule.htm>

### Pour les collégiens :

- <http://phys.free.fr/>

### Pour les lycéens :

- [www.e-scio.net/](http://www.e-scio.net/)
- [www.web-sciences.com/](http://www.web-sciences.com/)
- dossier en lien avec les programmes :  
[www.cnrs.fr/diffusion/phototheque/physiqueaulycee/cmatiere.html](http://www.cnrs.fr/diffusion/phototheque/physiqueaulycee/cmatiere.html)



---

## Informations pratiques

### Tarifs :

Scolaires : 3 € par élève. Paiement possible sur facture.

Individuels : 5 € par personne. Gratuit pour les moins de 18 ans, étudiants, apprentis, chômeurs, cartes CE Alice et Cezam, adhérents du CCSTI à jour de leur cotisation, 3 € pour les groupes adultes à partir de 10 personnes.

### Réservations :

Obligatoires pour les groupes au service Accueil : 04 76 44 88 80.

### Horaires :

Du lundi au vendredi de 9h à 12h et de 13h30 à 17h30

Le samedi et le dimanche de 14h à 18h

### Chargé de projet :

Mohamed Belhorma ; 04 76 44 99 84

### Responsable des animations :

Catherine Demarcq ; 04 76 44 88 70

### Assistée de :

Armelle Chaléon ; 04 76 44 88 82

## Remerciements

La préparation de ce livret a bénéficié de l'aide précieuse de :

- Evelyne Touchard, Animatrice Sciences pour le Sud-Isère, Inspecteur de l'Education Nationale, Académie de Grenoble.
- Josiane Bouvier, enseignante de Physique au Collège Fernand Léger de Saint Martin d'Hères (38).
- Gilles Baudrant, enseignant de Physique au Lycée Marie Curie d'Echirolles (38), Président de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie.

Le Centre de Culture Scientifique Technique et Industrielle de Grenoble est une association loi 1901. Le CCSTI Grenoble bénéficie du soutien permanent de la Ville de Grenoble, du Conseil Général, de Grenoble Alpes Métropole, de la Région Rhône-Alpes et du Ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies.

**Direction : Laurent Chicoineau**





---

## Générique de l'exposition

### **Nanotechnologies – infiniment petit, maxis défis.**

On parle beaucoup d'elles. Chez les chercheurs, les décideurs, les financiers, les ingénieurs, les politiques, les militants, les défenseurs de l'environnement, les philosophes, les journalistes, les économistes... les nanotechnologies font l'objet de nombreux débats, discussions, controverses. Mais de quoi parle-t-on, quand on parle des « nanotechnologies » ?

On parle science, du monde des atomes, de l'infiniment petit. On parle technologie aussi, puisqu'une de leurs spécificités, c'est ce pouvoir d'observer et de manipuler les atomes, qui ouvre des perspectives nouvelles en matière de médecine ou de maîtrise des énergies, par exemple.

On parle applications et donc : économie et marchés. Car les nanotechnologies sont annoncées par certains comme la prochaine « révolution industrielle », un puissant moteur d'innovation et de développement. Mais on parle aussi risques, dérives, et peurs. Quelles précautions prendre face à des technologies qui semblent pouvoir concerner tous les domaines de la vie quotidienne ? Technologies de l'infiniment petit, les nanotechnologies nous lancent de grands défis.

### **Exposition réalisée avec le soutien de :**

DEPARTEMENT DE L'ISERE  
GRENOBLE ALPES METROPOLE  
MINISTERE DELEGUE A LA RECHERCHE  
REGION RHONE-ALPES  
VILLE DE GRENOBLE

CEA  
C'NANO RHONE-ALPES  
CNRS  
ERGOS TECHNOLOGIES  
GRENOBLE UNIVERSITES  
ROCHE DIAGNOSTICS  
STMICROELECTRONICS

### **« Nanotechnologies : infiniment petit, maxis défis »**

**Exposition coproduite par le CCSTI La Casemate à Grenoble, la Cité des Sciences et de l'Industrie à Paris, et Cap Sciences à Bordeaux  
Septembre 2006.**

---

### **Production :**

#### **CCSTI GRENOBLE**

**Directeur :** Laurent Chicoineau

**Chargé de projet :** Mohamed Belhorma

**Régisseur :** Jacques Ageron

**Responsable des multimédias et des vidéos :** Nohemi Ollivier

**Responsable des animations :** Catherine Demarcq assistée de Armelle Chaléon

**Responsable de la communication :** Cécile Mériquet

**Responsable de la diffusion :** Jeany Jean-Baptiste

**Stagiaire multimédia :** Christophe Pineau

#### **CITE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE**

**Chargés de projet :** Virginio Gaudenzi et Anne Stephan

**Architecte conseil :** Katia Samari

#### **CAP SCIENCES**

**Chargé de projet :** Bernard Favre

---

### **Réalisation :**

**Scénographie :** Clarisse Garcia, *Une Journée Particulière*, Lyon.

**Création chorégraphique :** Compagnie scalene\_y.erdos/m.chabanis

**Taxidermiste :** Jacques Gilbert



### **Guide de l'enseignant**

NANOTECHNOLOGIES, infiniment petit – maxi défis

Du 28 septembre 2006 au 18 février 2007 au CCSTI Grenoble – La Casemate



---

**Création du vitrail** : Valérie Fortis

**Mobilier et menuiseries** : KSIO

**Manipulations** : Atelier DEXET et ATP Engineering

**Traductions** : ALTER EGO

**Développements multimédia** : NOVIUS [www.novius.com](http://www.novius.com), LEKKERWERKEN [www.lekkerwerken.de](http://www.lekkerwerken.de)

**Réalisation vidéo** : Marie Juliana Peroz Chef de Projet audiovisuel TICE UPMF

**Voix-off** : Nathalie Burrot

**Reportage vidéo** : Richard Collier

**Reportage photo** : Laurent Dastrevigne

**Illustrations** : Tanguy Thivin

---

**Conseillers scientifiques :**

**Frédéric Chandezon** CEA Grenoble

**Joël Chevrier** Université Joseph Fourier, Grenoble 1

**Stéphanie Chifflet** Université Stendhal, Grenoble 3

**Magali Cros** Essilor International

**Frédéric Eberlé** Roche Diagnostics

**Alain Farchi** CEA Grenoble

**Marie-Christine Favrot** Université Joseph Fourier, Grenoble 1

**Anne Violaine Favier** INRA

**Perrine Gallice** France Télécom R&D

**Dominique Grand** CEA Grenoble

**Patrick Gyger** Maison d'ailleurs, Yverdon, Suisse

**Michel Ida** MINATEC IDEAs LAB

**Laurent Lévy** C'Nano Rhone-Alpes – Institut des Nanosciences

**Pierre Le Quéau** Université Pierre Mendès France, Grenoble 2

**Annie Luciani** ACROE – INP Grenoble

**Marina Maestrutti** Université Paris 1

**Philippe Mallein** CNRS CRISTAL

**Vincent Mangematin** INRA

**Patrice Marche** INSERM

**Florence Marchi** Université Joseph Fourier, Grenoble 1

**Patrick Pajon** Université Stendhal, Grenoble 3

**Marie-Sylvie Poli** Université Pierre Mendès France, Grenoble 2

**Sylvie Tarozzi** France Télécom R&D

**Dominique Thomas** STMicroelectronics

---

**Partenaires financiers et scientifiques :**

DEPARTEMENT DE L'ISERE  
GRENOBLE ALPES METROPOLE  
MINISTERE DELEGUE A LA RECHERCHE  
REGION RHONE-ALPES  
VILLE DE GRENOBLE

CEA  
C'NANO RHONE-ALPES  
CNRS  
ERGOS TECHNOLOGIES  
GRENOBLE UNIVERSITES  
ROCHE DIAGNOSTICS  
STMICROELECTRONICS

---

**Remerciements :**

**- Pour la mise à disposition de matériel :**

BABOLAT  
DG TEC  
GLOBALENGINEERING  
HITACHI





---

JRANOTECH.  
NANOTEX  
NANOWAX  
STMICROELECTRONICS  
CEA GRENOBLE  
UNIVERSIDAD DE MEXICO  
C'NANO RHONE-ALPES

**- Pour leur témoignage dans l'exposition :**

**Vincent Bouchiat** CSTBT, CNRS  
**Philippe Cinquin** Laboratoire TIMC – IMAG UMR CNRS 5525  
**Christophe Bucher** LEOPR CNRS 5630  
**Didier Boturyn** LEDSS CNRS 5616  
**Bernadette Bensaude –Vincent** Centre d'Histoire et de Philosophie des sciences.  
**Louis Laurent** Agence Nationale pour la Recherche  
**Jean-Pierre Dupuis** Ecole Polytechnique – Stanford University  
**Jérôme Rose** CEREGE, CNRS  
**Laurent Levy** Université Joseph Fourier Grenoble 1 – C'Nano Rhône-Alpes – Institut des Nanosciences  
**Philippe Masse** INP Grenoble  
**Pierre Paul Jobert** DGTEC  
**Hervé Mingam** STMicroelectronics  
**Vincent Mangematin** INRA  
**Jean Therme** CEA  
**Georges Bescher** Conseil Général de l'Isère  
**Valérie Chanal** IAE, Université Pierre Mendès France Grenoble 2  
**Jean-Christien Favreau**  
**Thomas Epprecht**, SWISS RE

**- pour leur aides diverses et variées :**

Emma Hedderwick, Science Museum Londres  
Rosina Malagrida, Parc Científic de Barcelona  
Aurélie Lieuvain et Pascale Natalini, CNRS Délégation Alpes  
Eric Beaunon et Xavier Chaud, CRETA – CNRS  
Département Afrique du Nord et Océanie du Muséum de Lyon  
Service Iconographie du British Museum

---

**Crédits photos :**

Laurent Dastrevigne  
CNRS  
CEA  
Maison d 'Ailleurs  
Cosmos  
British Muséum  
IBM  
NEC Corp  
AIP Emilio Segre Visual Archives  
Fotolia.com