



d'Ergonomie des régions PACA



—

Définition: les "nanos" c'est quoi?

« *nano* » vient du grec « *nanos* » (une personne de petite taille)

Le préfixe « **nano** » en sciences est utilisé pour exprimer

Le milliardième (10^{-9}) dans les unités de mesure: (nanomètre, nanoseconde,...)

1 nm = 1 milliardième de mètre = 1 millionième de mm = 1 millième de micron

1 nanomètre, c'est environ:

10 **atomes** d'hydrogène mis l'un à côté de l'autre

½ diamètre de l'**ADN**



20 à 400 fois plus petit qu'un **virus**



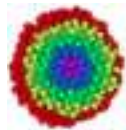
100 000 fois plus fin que l'épaisseur d'un **cheveu**



500 000 fois plus fin que l'épaisseur du **trait d'un stylo à bille**



Domaine « nano » ~ en dessous de 100 nm (un dixième de micron)



2000

1st: Passive nanostructures

(1st generation products)

Ex: coatings, nanoparticles, nanostructured metals, polymers, ceramics



~ 2005

2nd: Active nanostructures

Ex: 3D transistors,

amplifiers, targeted drugs, actuators, adaptive structures



~ 2010

3rd: Integrated Nanosystems

Ex: guided assembling; 3D networking and new hierarchical architectures, robotics, evolutionary



~ 2015-2020

4th: Molecular nanosystems

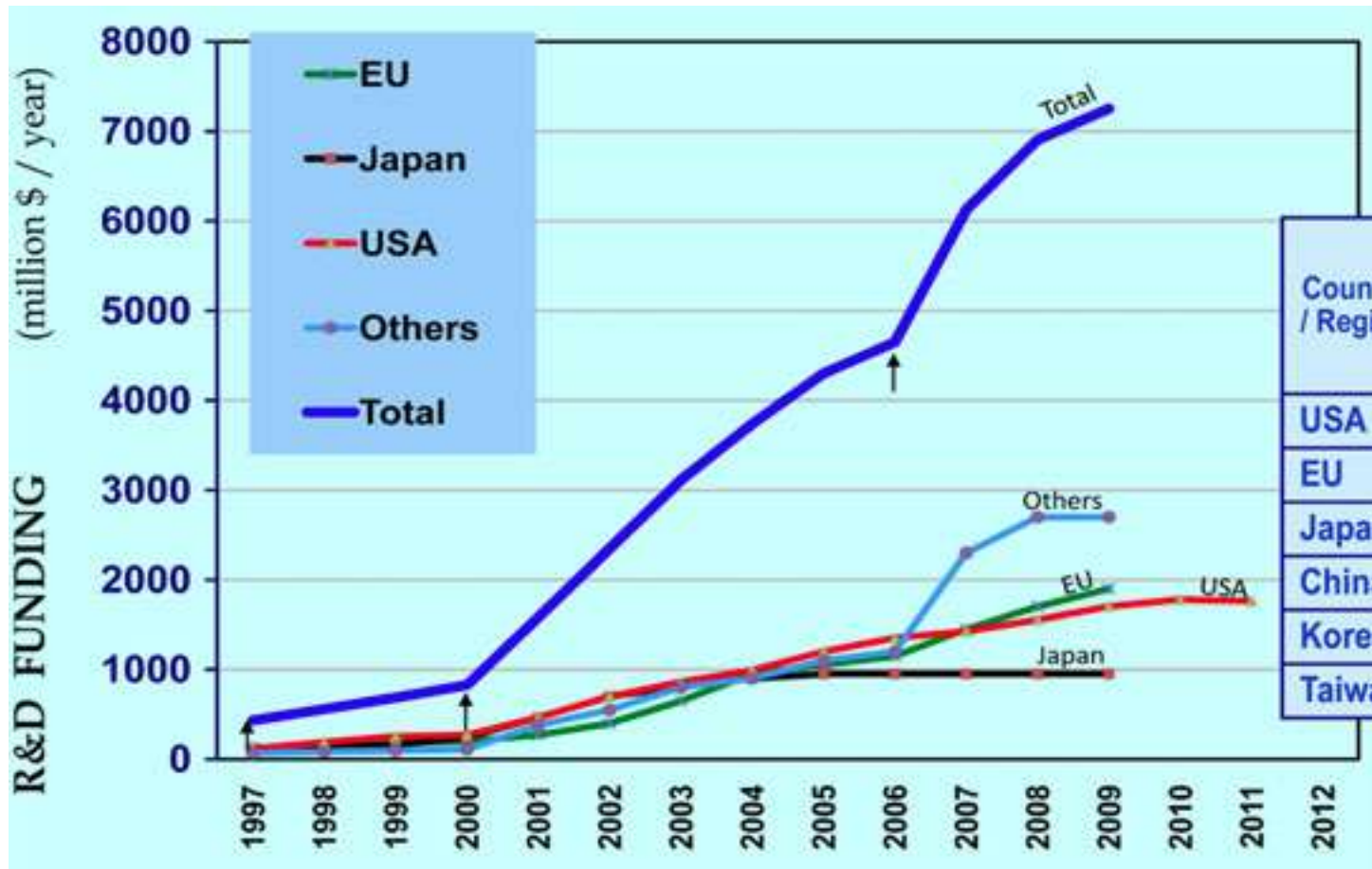
Ex: molecular devices 'by design', atomic design, emerging functions

Converging technologies

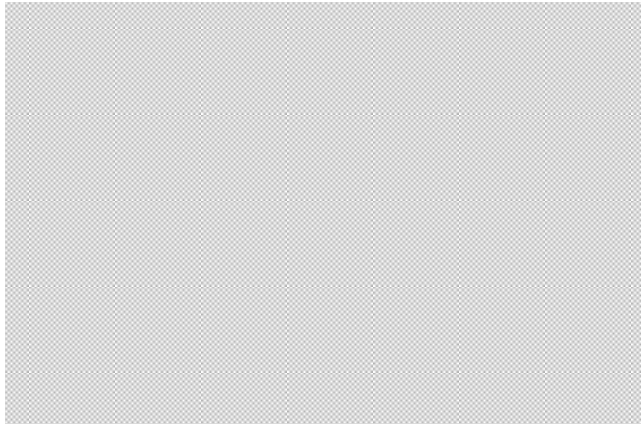
Ex: nano-bio-info from nanoscale, cognitive technologies; large complex systems from nanoscale

Higher uncertainty & risk

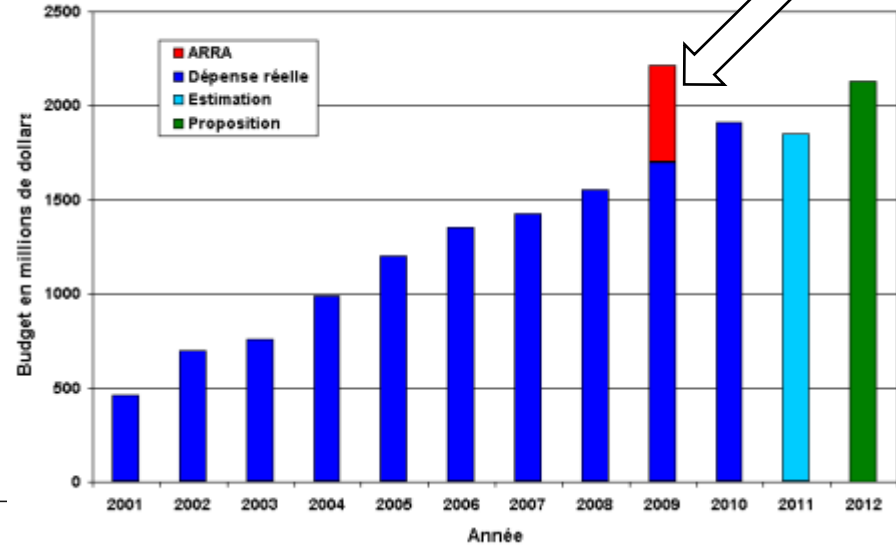
*Increased Complexity,
Dynamics, Transdisciplinarity*



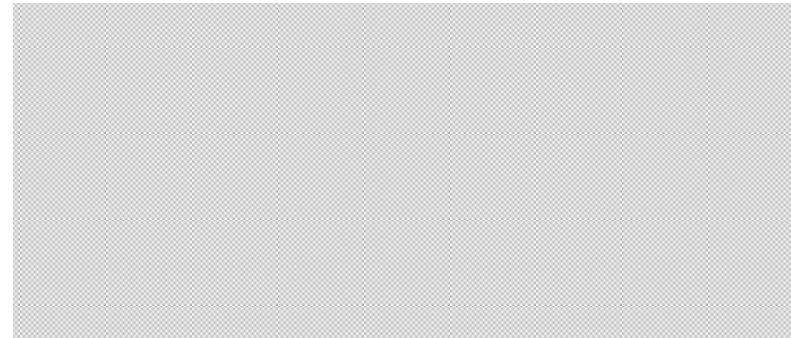
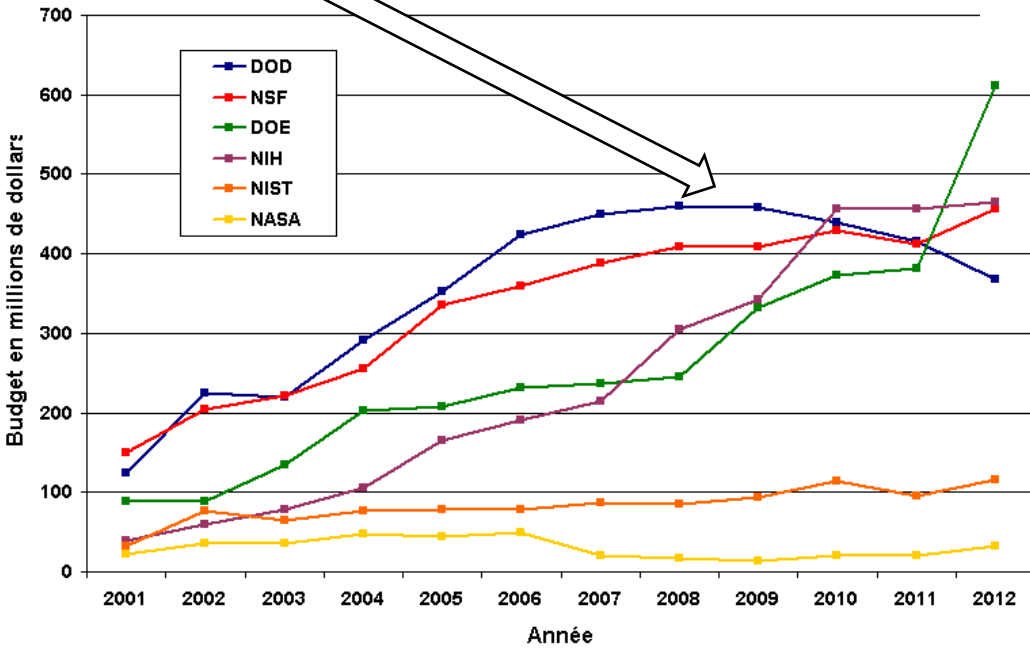
Country / Region	Gov. Nano R&D 2008 (\$M)	Specific Nano R&D 2008 (\$/Capita)
USA	~ 1550	~ 5.1
EU	~ 1700	~ 4.6
Japan	~ 950	~ 7.3
China	~ 430	~ 0.4
Korea	~ 310	~ 6.0
Taiwan	~ 110	~ 4.5



Evolution du budget du NNI



Evolution du budget par agence



✓ En trois lettres, Don Eigler et Erhard Schweizer, chercheurs chez IBM, réalisent l'exploit le 28 septembre 1989: manipuler un à un 35 atomes de xénon.



...avec un microscope à effet tunnel

1 La pointe du microscope creuse le support

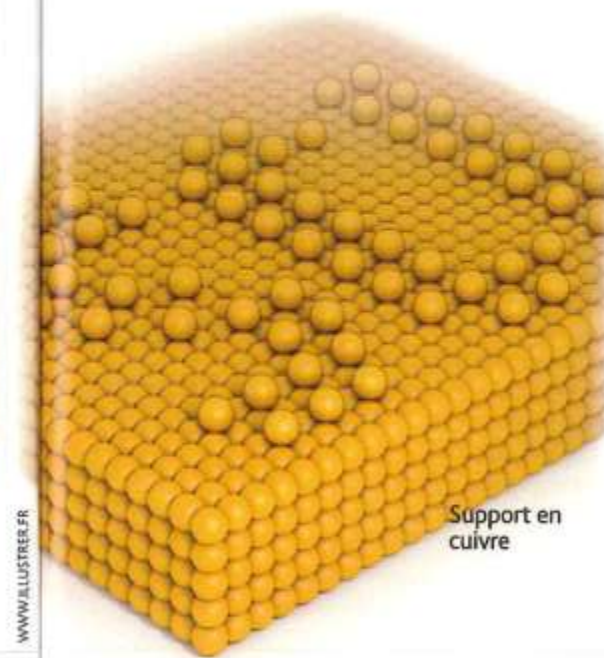
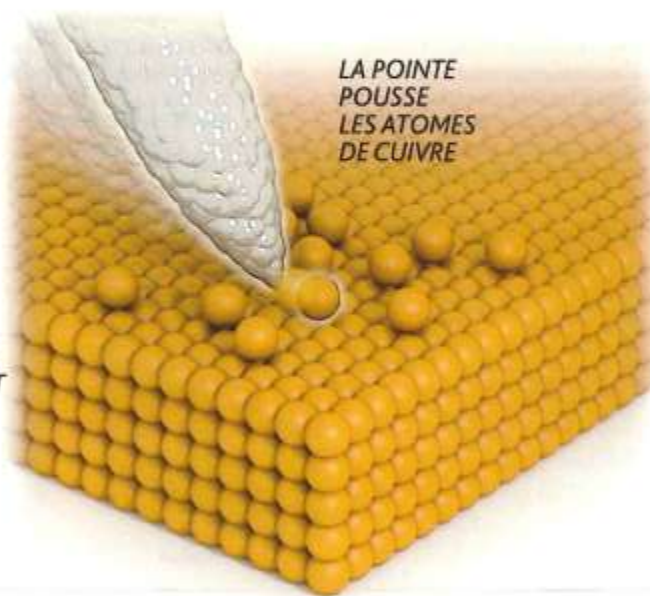
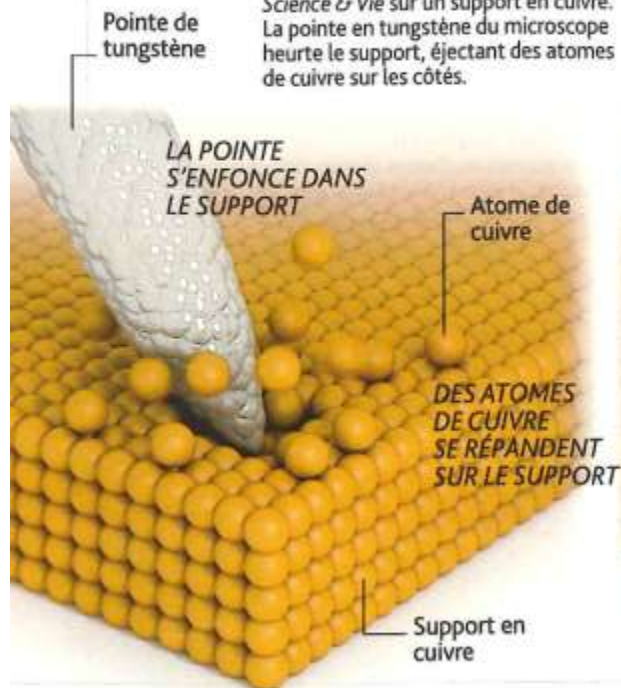
Il s'agit cette fois de graver le logo *Science & Vie* sur un support en cuivre. La pointe en tungstène du microscope heurte le support, éjectant des atomes de cuivre sur les côtés.

2 Les atomes de cuivre sont déplacés

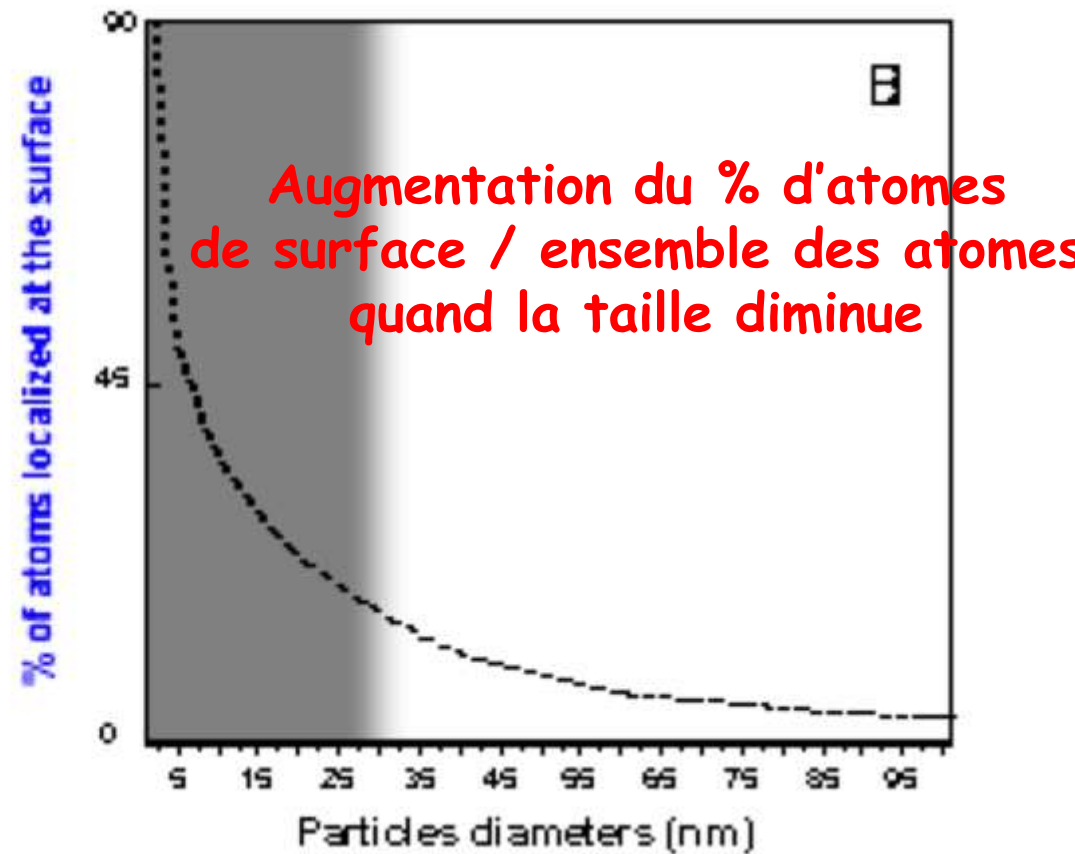
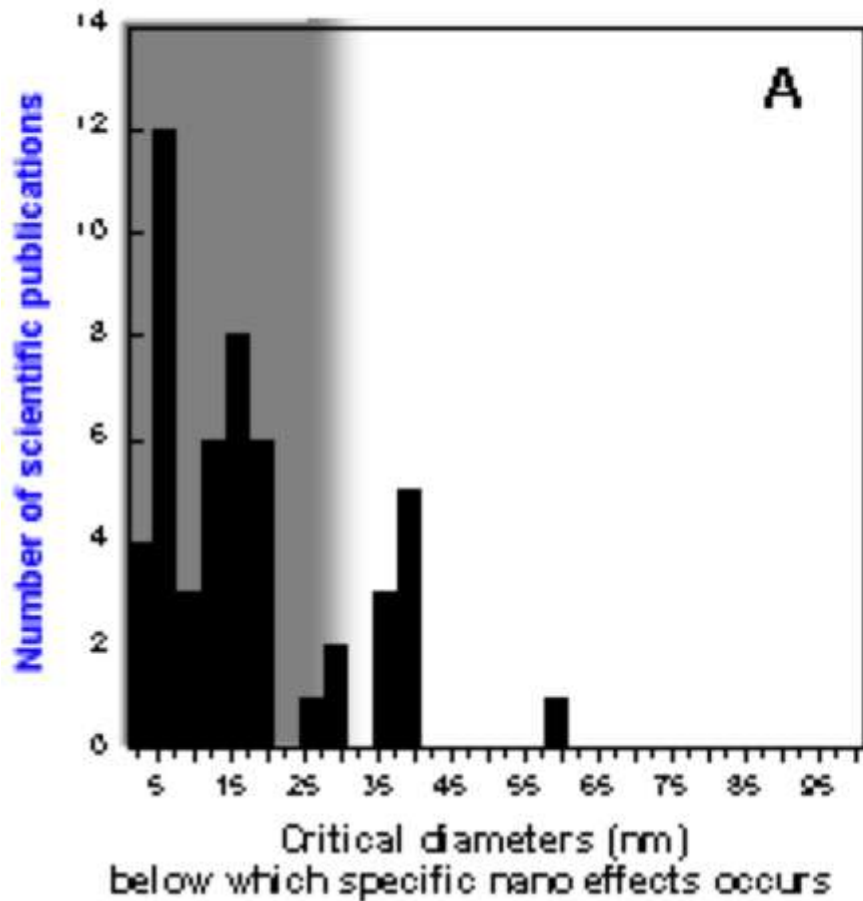
Par les forces de répulsion électromagnétique qui agissent entre les atomes, la pointe du microscope peut déplacer les atomes de cuivre libres à la surface.

3 Le logo apparaît

Les atomes ne peuvent se placer qu'au centre des carrés du maillage cristallin du support en cuivre. En les disposant les uns après les autres, on peut dessiner un motif : les lettres du logo prennent forme. Il mesure 50 nm.



WWW.ILLUSTRE.FR

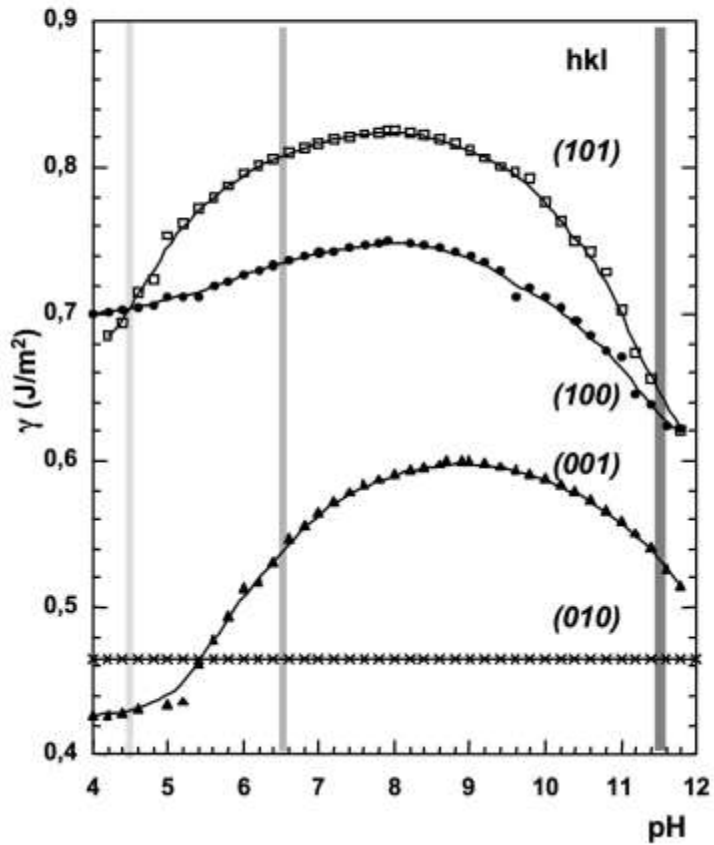


Pour une concentration massique de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Diametre (nm)	Nombre / cm³	Surface ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$)
5	153 000 000	12 000
20	2 400 000	3016
250	1 200	240
5000	0,15	12

A

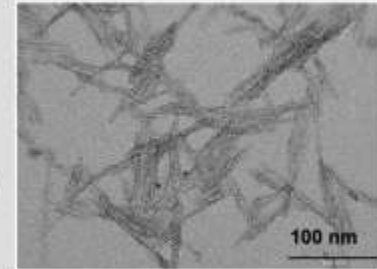
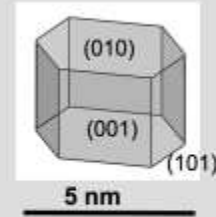
Précipitation de $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$:
 γ - $\text{AlO}(\text{OH})$ boehmite



B

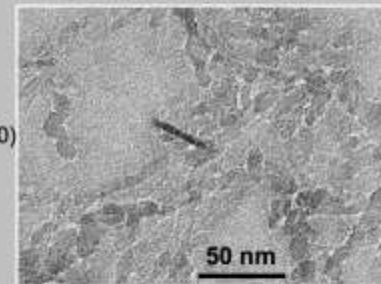
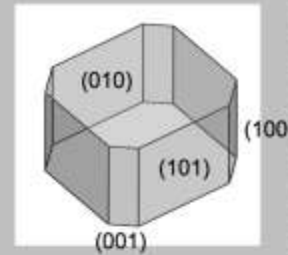
pH = 4.5

$L = 4,5 \text{ nm}$
 $e = 3.7 \text{ nm}$



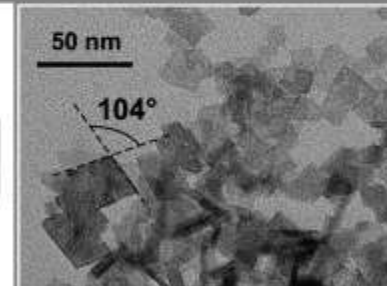
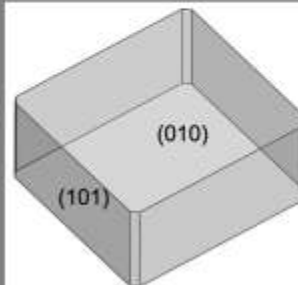
pH = 6.5

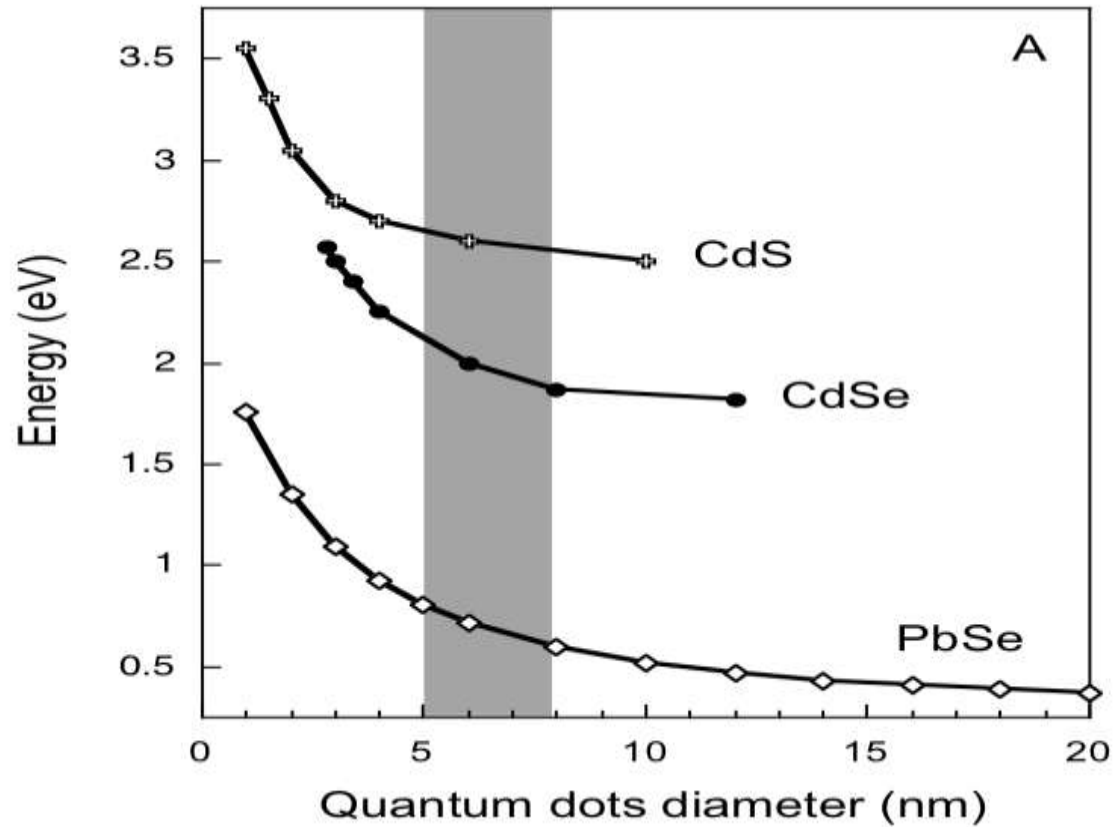
$L = 8 \pm 1 \text{ nm}$
 $e = 3.7 \text{ nm}$



pH = 11.5

$L = 13 \pm 4 \text{ nm}$
 $e = 4.9 \text{ nm}$





Ces propriétés sont liées au confinement quantique (électron, phonon) ou à l'existence d'états électroniques discrets. La relation entre l'énergie de fluorescence (longueur d'onde de fluorescence pour ces nanomatériaux) M-Se dépend de la taille

Qu'est ce qui différencie les nanomatériaux des micro

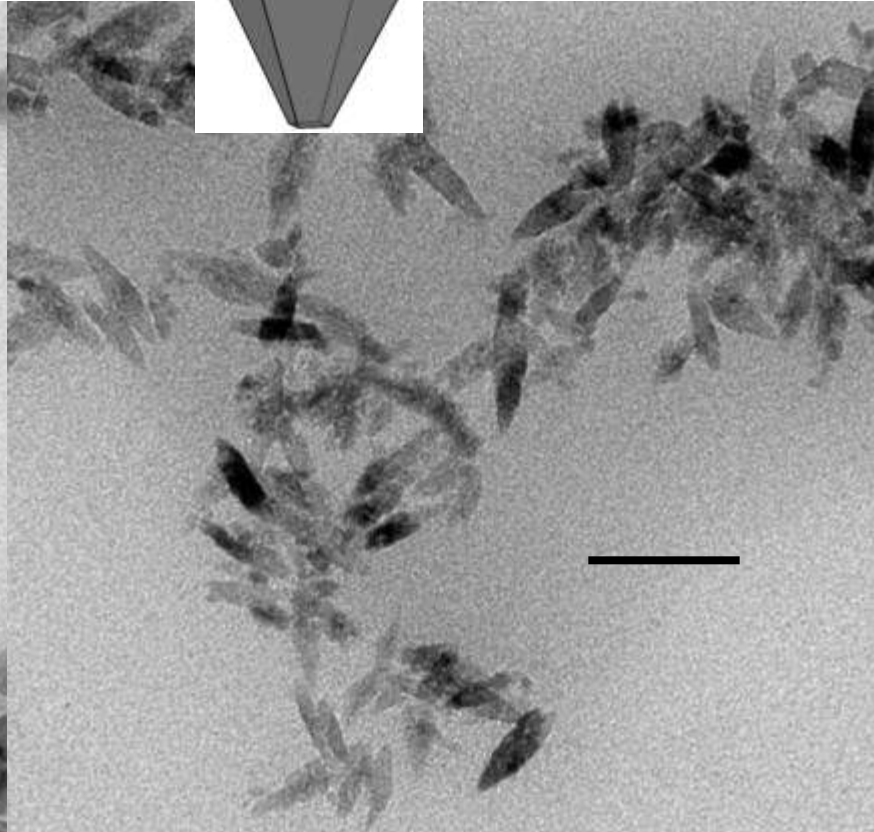
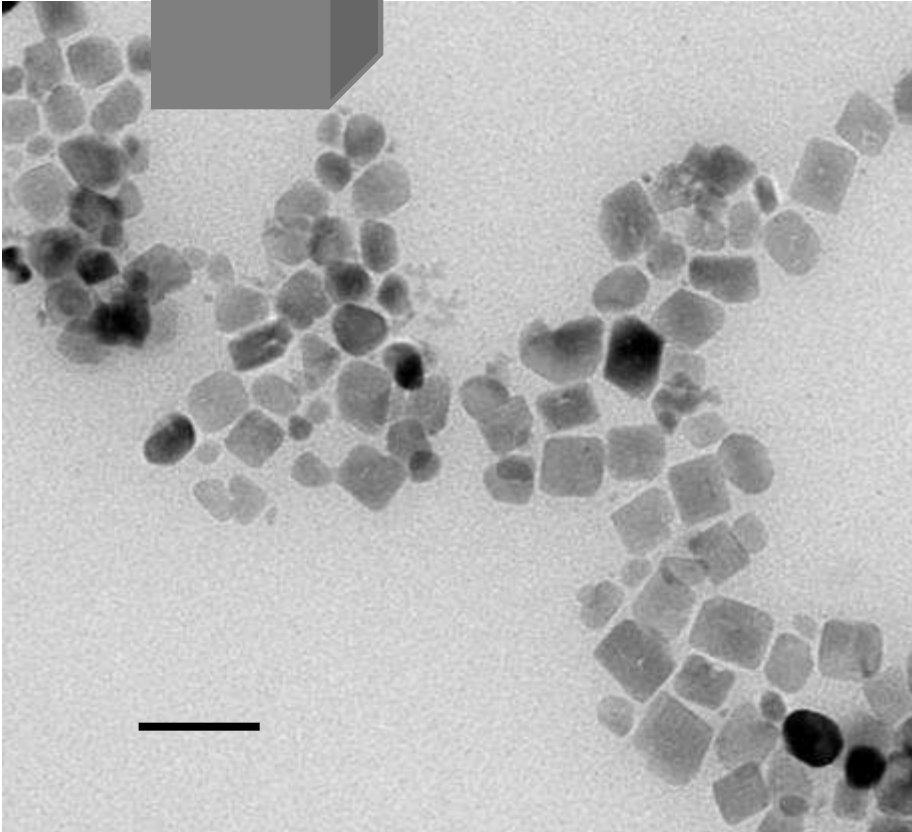
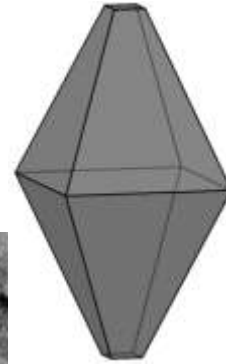
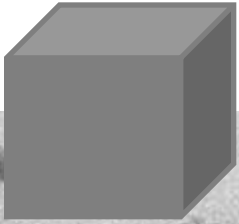
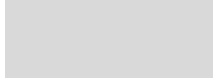


« ...s'il est inerte à l'échelle macroscopique , l'or peut devenir extrêmement réactif sous la forme de particules nanométriques... » : catalyseur du CO...

Les modes de synthèse

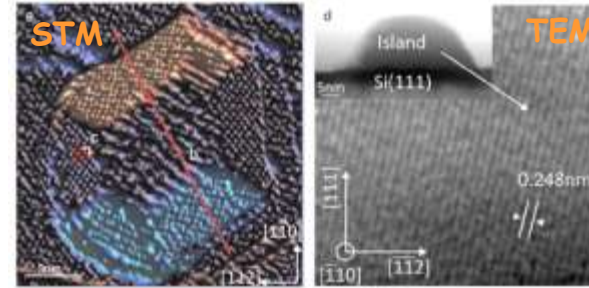
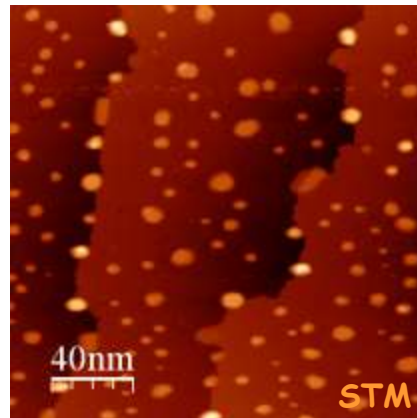
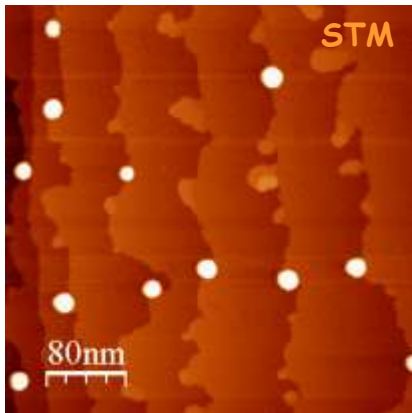
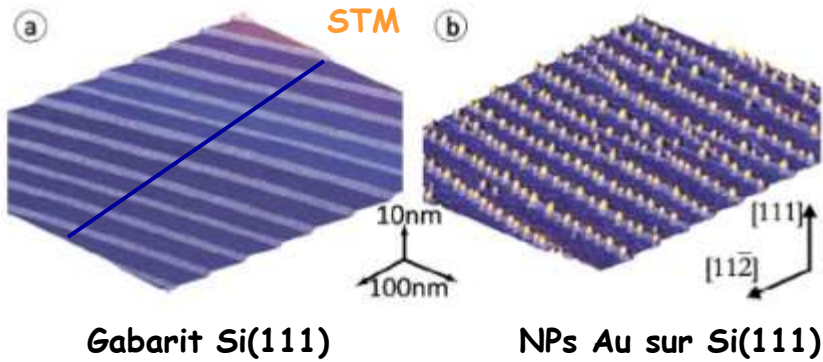
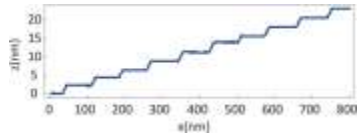
1- eau + base + chaleur

exprimant un type de face

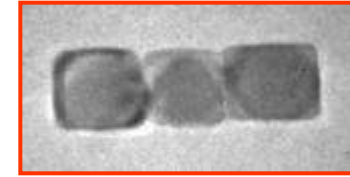


2- Nanoparticules métalliques sur substrats

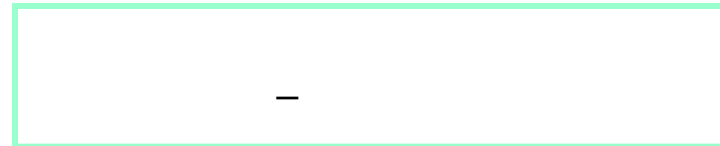
organisée par évaporation d'un métal sur un substrat sous UHV



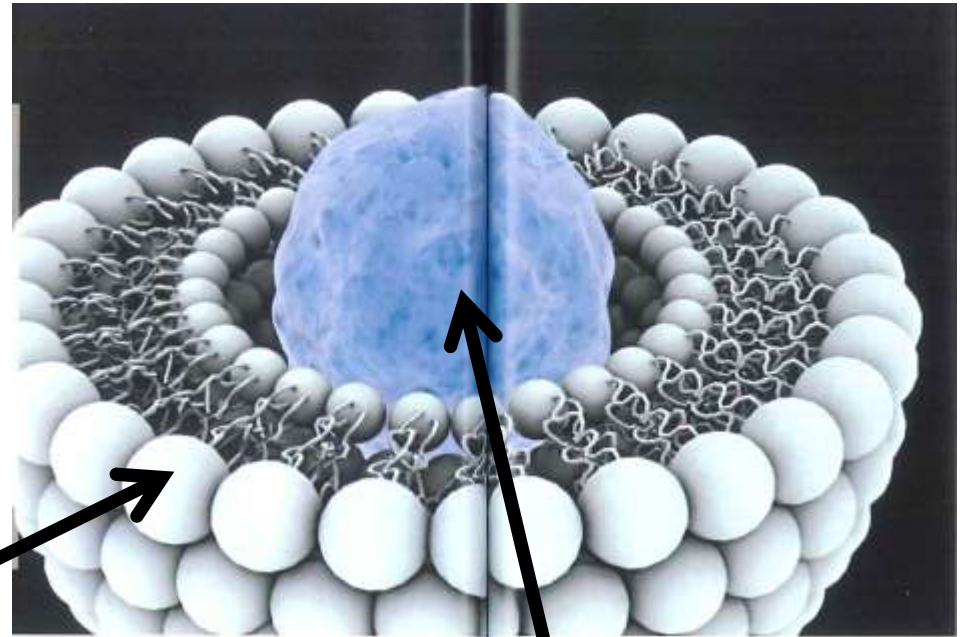
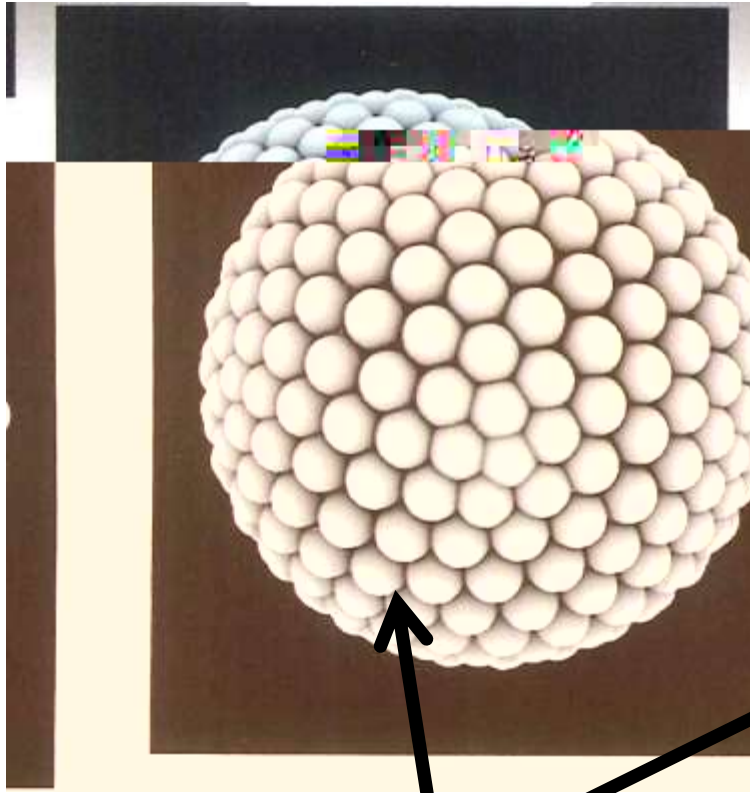
Moyen et al, Appl. Phys. Lett. 94 (2009) 233101



Cabié et al, J. Phys. Chem. C 114 (2010) 2160



3-Les nanomatériaux hétérogènes: exemple les structures core-shell



Albumine, couche lipidique....

Les nanomatériaux carbonnés: Nano tubes et fullérenes

1993

LE DÉBUT DES NANOTUBES

Sumio Iijima (NEC) et Donald Bethune (IBM) produisent des nanotubes de carbone formés d'une feuille de carbone enroulée d'une épaisseur d'un atome seulement (ci-contre). Une prouesse, après une première méconnue en 1952: la production et la caractérisation de nanotubes de carbone multifeuillets par les Russes Radushkevich et Lukyanovich. Il faudra attendre 1998 pour que les nanotubes fassent leur entrée dans le secteur de la microélectronique grâce au transistor constitué d'un unique nanotube réalisé par l'équipe de Sander Tans, à l'université de Delft, au Pays-Bas.



FULLERÈNES ET NANOTUBES

PRÉSENCE

On connaît le carbone amorphe et le graphite. Il faut désormais y ajouter les fullerènes et nanotubes, ces nouvelles formes moléculaires de cet élément banal. Les fullerènes, sortes de cages formées de 60 atomes de carbones et hexagones, pentagones, ressemblent à des ballons de football. La paroi des nanotubes est un réseau d'atomes de carbone tout ressemblant à une feuille de grillage. Leur diamètre varie de 1 à 2 nm pour les nanotubes monocouches et jusqu'à 20 nm pour les multicouches. Leur longueur, variable, peut atteindre 1 mm.

PROPRIÉTÉS

Leur résistance mécanique, leur conductivité électrique, leur résistance thermique et leur capacité

à stocker de l'hydrogène, voire comme « éponges » à radicaux libres. On peut aussi y « brancher » des atomes autres que du carbone et obtenir ainsi des catalyseurs, des vecteurs pour médicaments, des supraconducteurs à basse température. Seuls les nanotubes, utilisés pour renforcer les matériaux, sont vraiment industrialisés. On en produit actuellement près d'une centaine de tonnes par an, un chiffre en constante augmentation. Ils sont également utilisés en tant que composants électroniques.

FABRICATION

En laboratoire, on les obtient en déclenchant un arc électrique entre deux électrodes de carbone, ou en vaporisant du carbone avec un laser (seule manière d'obtenir des nanotubes monocouches purs). La production industrielle de nanotubes utilise un gaz source de carbone (éthylène, méthane) porté à haute température en présence d'un catalyseur métallique où se redéposent les nanotubes.

UTILISATIONS

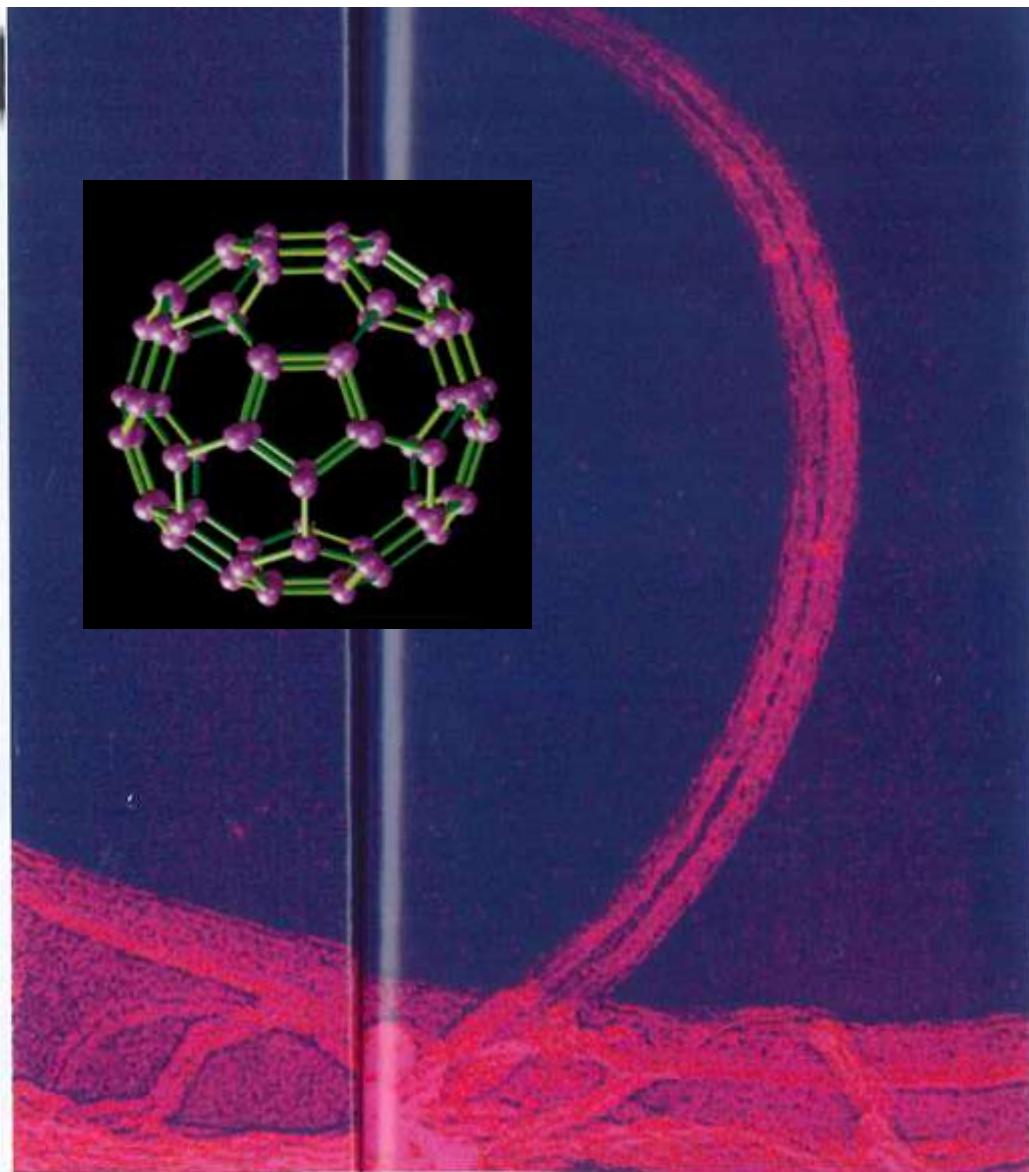
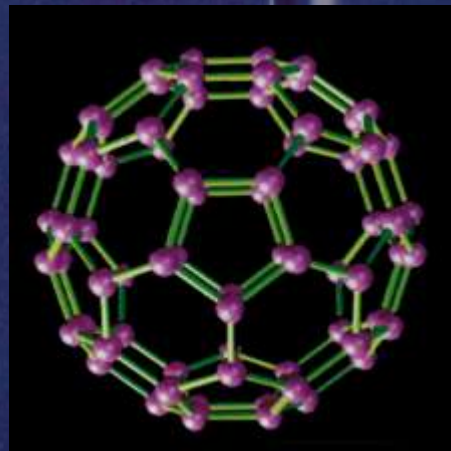
Les fullerènes peuvent s'utiliser purs pour renforcer des polymères, comme

lubrifiants, support de stockage de l'hydrogène, voire comme « éponges » à radicaux libres. On peut aussi y « brancher » des atomes autres que du carbone et obtenir ainsi des catalyseurs, des vecteurs pour médicaments, des supraconducteurs à basse température. Seuls les nanotubes, utilisés pour renforcer les matériaux, sont vraiment industrialisés. On en produit actuellement près d'une centaine de tonnes par an, un chiffre en constante augmentation. Ils sont également utilisés en tant que composants électroniques.

VARIANTES

Bien que le C₆₀ soit le plus courant, il existe des fullerènes beaucoup plus gros et pas forcément sphériques.

> Le diamètre d'un nanotube (ici, observé au microscope électronique à balayage) n'excède pas 20 nm.



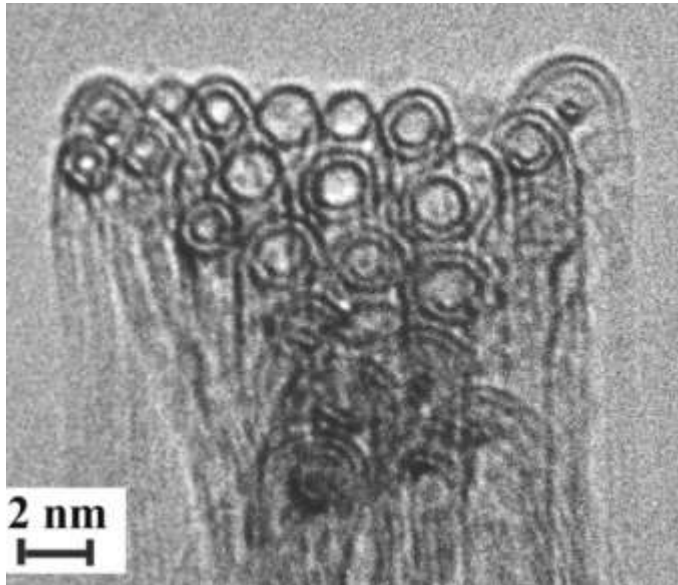
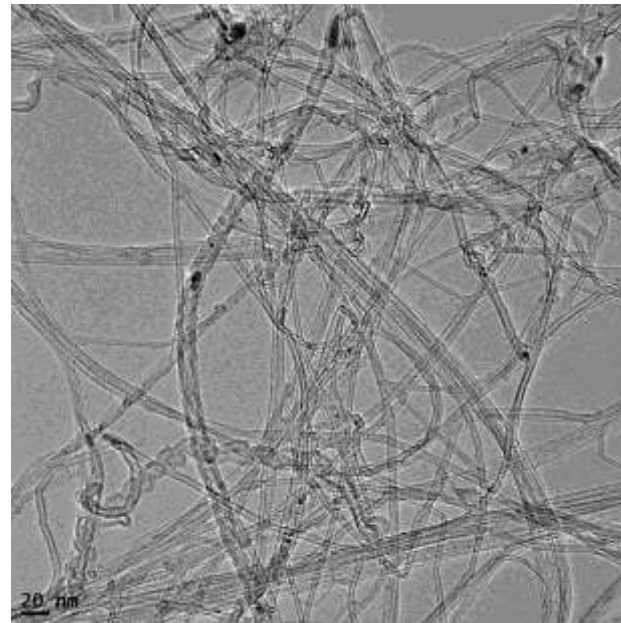
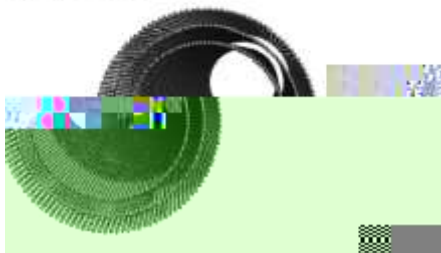
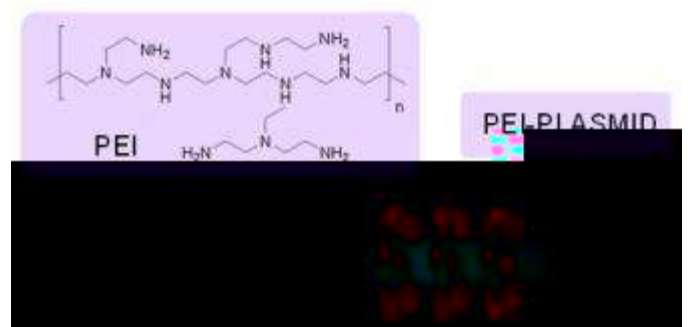
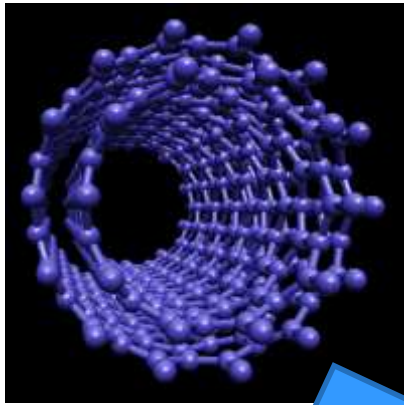


Figure 3.1a Schematic of a single-walled carbon nanotube (SWNT)

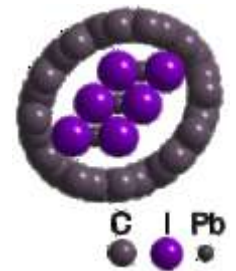
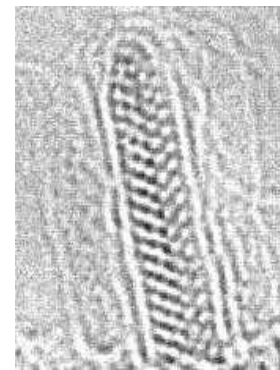
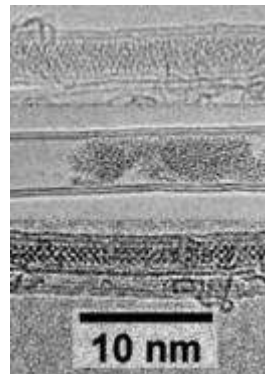
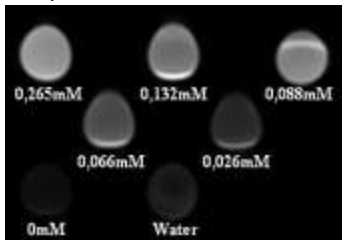


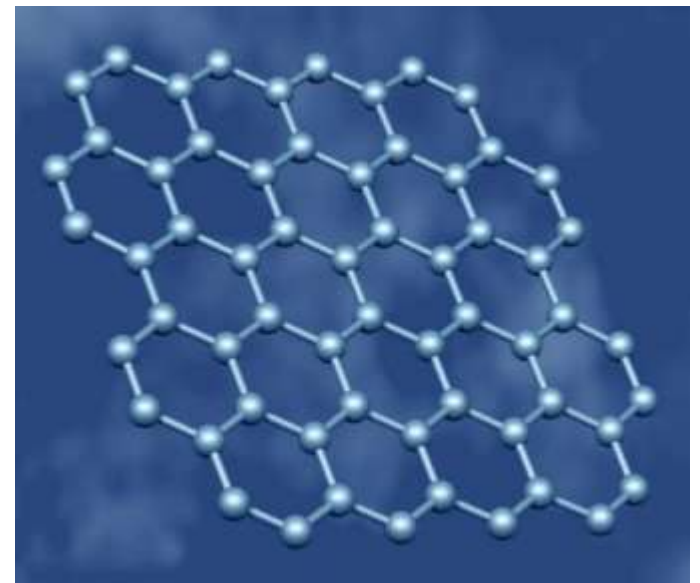
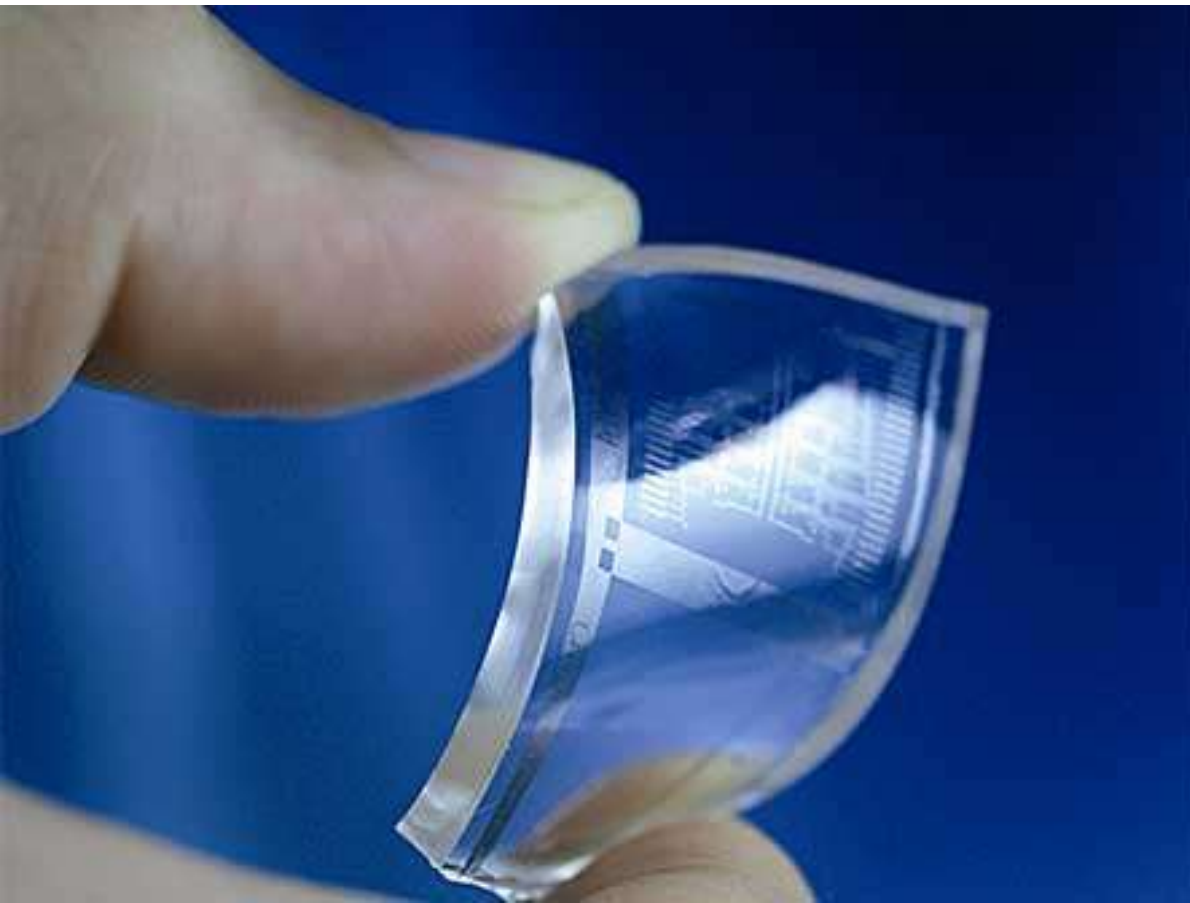
Figure 3.1b Schematic of a multi-walled carbon nanotube (MWCNT)





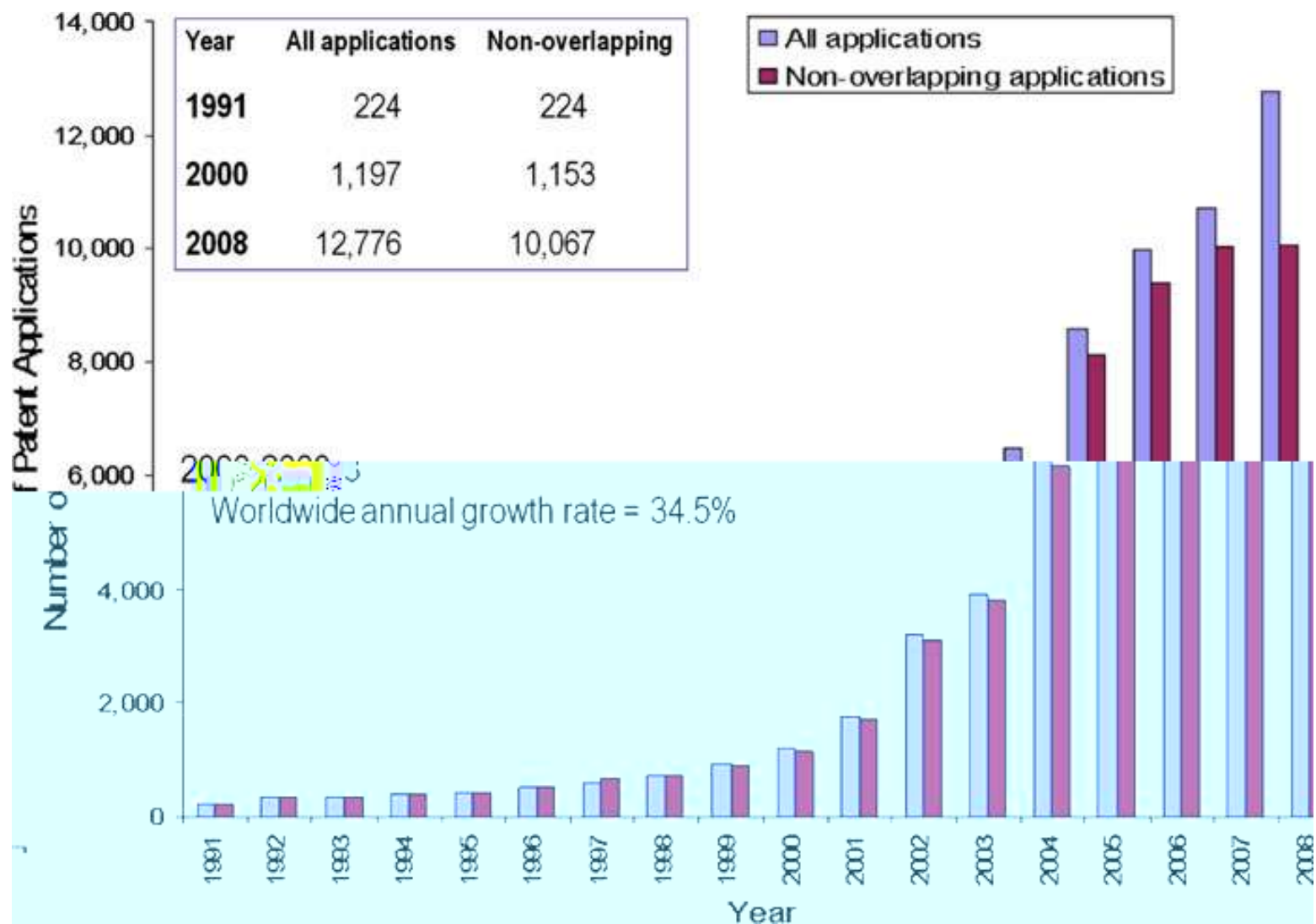
GADONANOTUBES :
SE T₁ avec TR/TE = 100 ms/15 ms





the US

2000 (actual)	<i>(25 000)</i>	<i>(5 342)</i>	<i>(405)</i>	<i>(13 B\$)</i>	<i>0,37 B\$</i>	<i>0,17 B\$</i>
2008 (actual)	<i>150 000</i>	<i>15 000</i>	<i>3729</i>	<i>80 B\$</i>	<i>3,7 B\$</i>	<i>1,17 B\$</i>
2000-2008 (average growth)						
2015 (estimate)	<i>800 000</i>					
2020 (extrapolation)	<i>2 000 000</i>			<i>1 000 B \$</i>		



Rotterdam, 9 January 2012

Construction	Matériaux légers et stables	OLED	Additifs anti-feu, isolants thermiques et sonores	Peintures anti-bactériennes, auto nettoyante
Energie environnement	Photo-synthèse artificielle	Cellules photo-voltaiques	de grande surface	Revetements anti-corrosion, anti-usure
Textiles	Suivi des fonctions vitales. Soutien des mouvements actifs	Vêtements intégrant des dispositifs électroniques	Textiles super-isolant thermiques	Textiles anti-odeurs et salissures
Agro-alimentaire	Label RFID indicateur de fraîcheur et sécurité des aliments	Emballages biodégradable et barrière	Plastiques anti-microbiens, indicateurs de pathogènes	Barrière au gaz pour les boissons gazeuses
Chimie	Matériaux auto-cicatrisants	NTC; Adhésifs réutilisables	Semi-conducteurs organiques. Puits quantiques	Noir de C; SiO ₂ , CeO ₂ , TiO ₂
Transport	Vernis adaptatifs	Cellules photovoltaïques pour véhicules	Capteurs électromagnétiques	Revetements anti réfléchissants, anti-buée. Injecteur. Renforts de pneumatiques
Electronique	Processeur ADN	Spintronique; Electronique moléculaire	Mémoire Ferro-électrique; Ecran à base de NTC	Disques durs magnéto résistance géante
Optique	Processeur tout optique	Cryptographie quantique	Cristaux photoniques OLED Microscope optique à résolution nm	LEDs blanches; Verres résistants à la rayure
Médecine	Ingénierie tissulaire. Reconnaissance précoce du cancer	Interface neuronale	Implants bio-compatibles; traitements cancer; Hyperthermie	Revetements anti-bactériens; nano marqueurs; agents de contraste
	10 à 15 ans Concept	5-10 ans Prototype	0- 5ans Mise sur le Marché	Distribution