

# PRIVACY HORIZONS: TERRA INCOGNITA

29<sup>th</sup> International Conference of  
Data Protection and Privacy Commissioners

September 25 to 28, 2007  
Montreal, Canada



## LES HORIZONS DE LA PROTECTION DE LA VIE PRIVÉE : TERRA INCOGNITA

29<sup>e</sup> Conférence internationale des commissaires  
à la protection des données et de la vie privée

du 25 au 28 septembre 2007  
Montréal, Canada

# Nanotechnologie

- **Yves Poulet**, Docteur en droit et licencié en philosophie, est professeur à la Faculté de droit des FUNDP et de l'Université de Liège (Ulg).
- **Peter Grutter**, Professeur à l'Université McGill, Montréal

# NANOTECHNOLOGY

- De grands espaces à petite échelle!

Dr. D. David  
Département de physique  
Université McGill

**SHAPING THE WORLD  
ATOM BY ATOM**

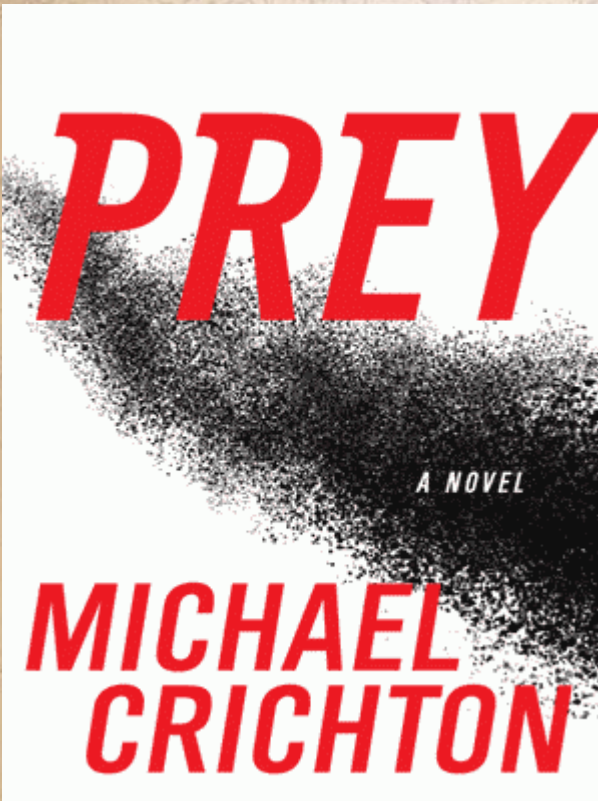
# La nanotechnologie : Défis associés à une nouvelle frontière



104. *Nauita Erythraeum pauidus qui nauigat æquor,  
In prora et puppis summo resonantia pendet*

*Tintinnabula : eo sonitu prægrandia Cete,  
Balenas, et Monstra marina à nauibus arret . s*

# Science-fiction :



Convergence :

OGM, IA et  
nanotechnologies

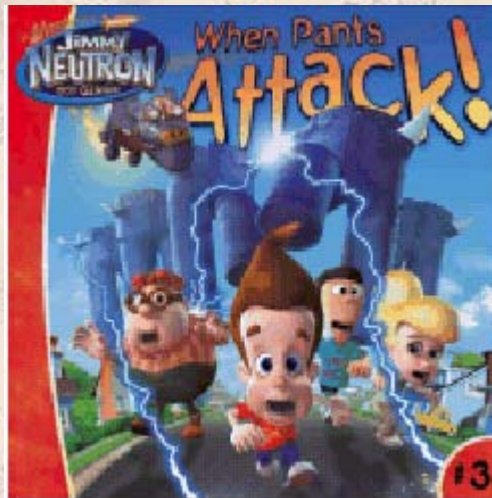
7 de 9 dans Star Trek

Dr Octopuss (Spiderman)

# La popularité de la « nano »!



Nanopantalons



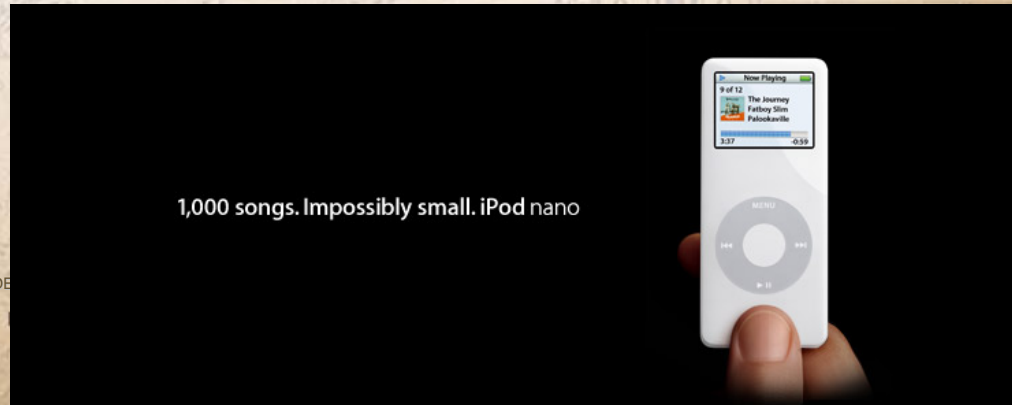
L'attaque des nanopantalons



Guess : Nano (brevet jaune/rose)



Nanocube

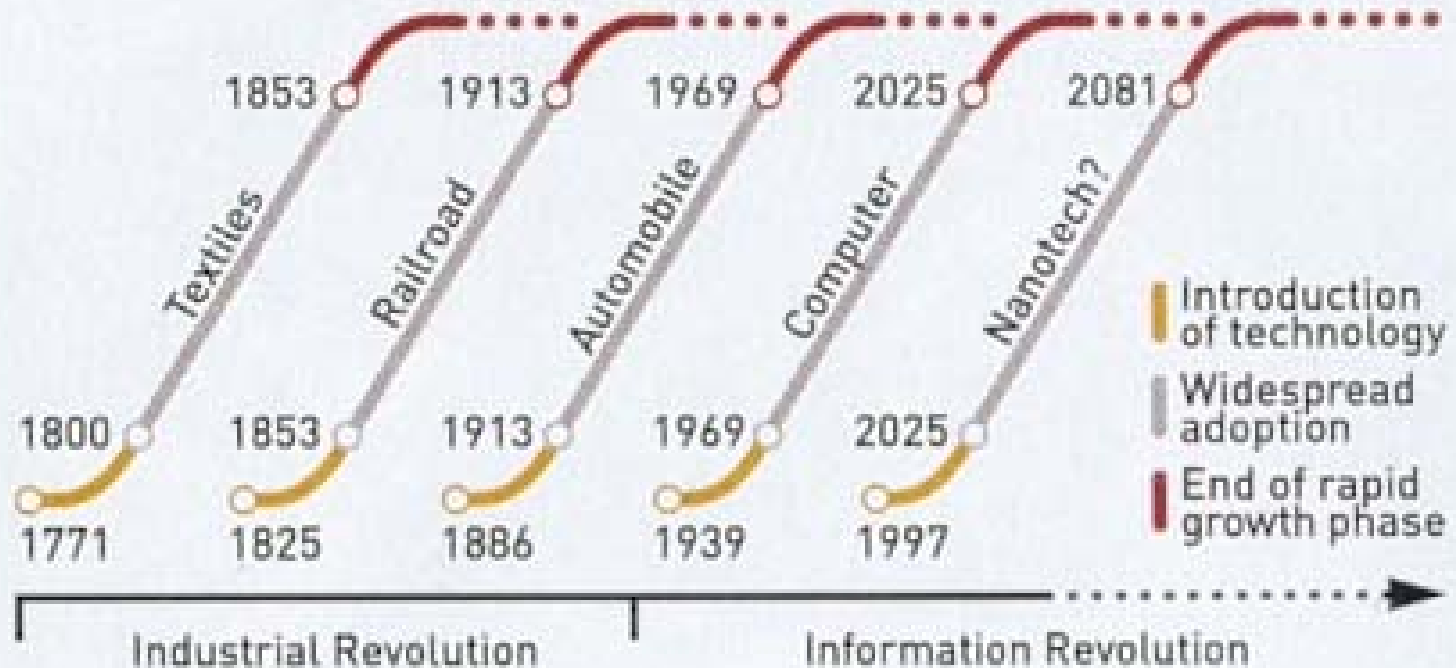


1,000 songs. Impossibly small. iPod nano



# REVOLUTIONARY FORCES

Basic advancements in science and technology come about twice a century and lead to massive wealth creation.



SOURCE: Norman Poire, Merrill Lynch

# Image d'une pointe de tungstène obtenue par microscopie ionique à effet de champ

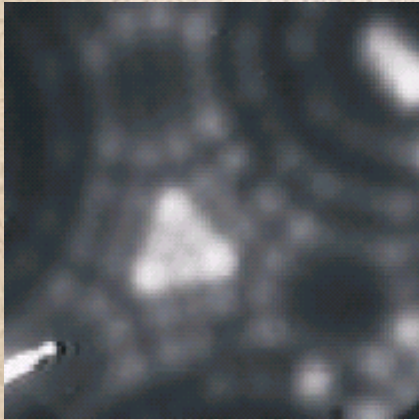


Image à 5,0 kV

Manipulation à 6,0 kV



# Image d'une pointe de tungstène obtenue par microscopie ionique à effet de champ

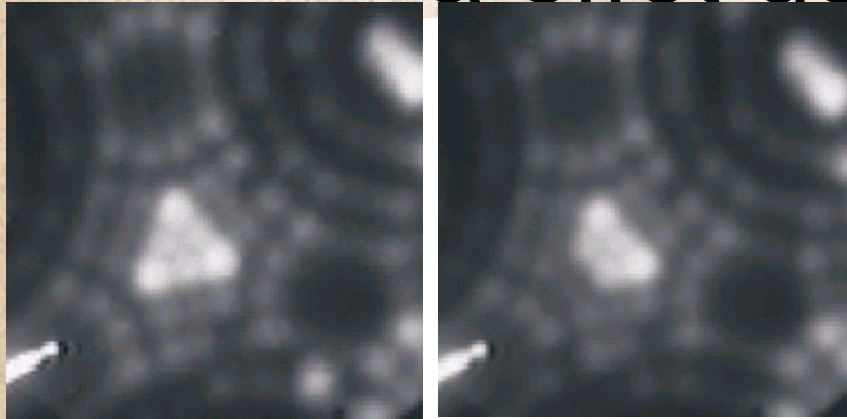


Image à 5,0 kV

Manipulation à 6,0 kV

# Image d'une pointe de tungstène obtenue par microscopie ionique à effet de champ

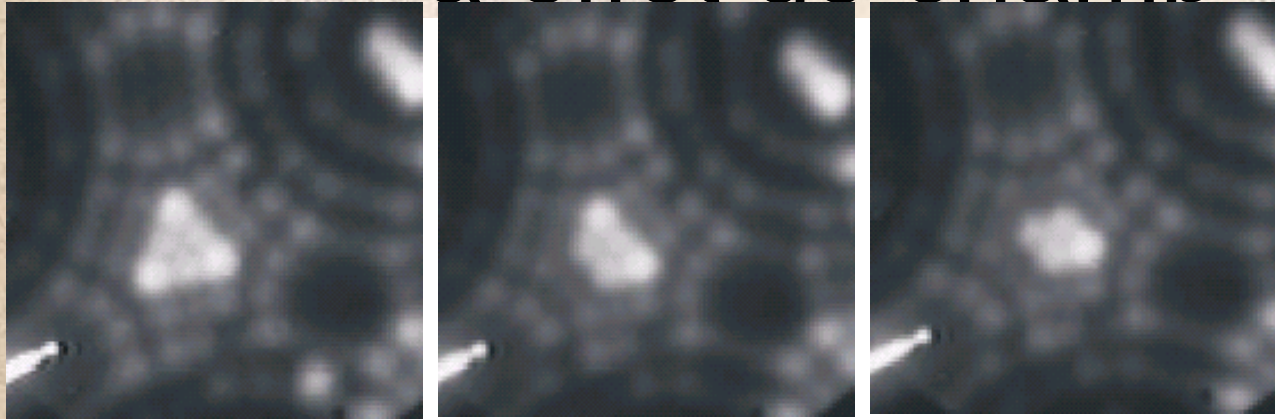


Image à 5,0 kV

Manipulation à 6,0 kV

# Image d'une pointe de tungstène obtenue par microscopie ionique à effet de champ

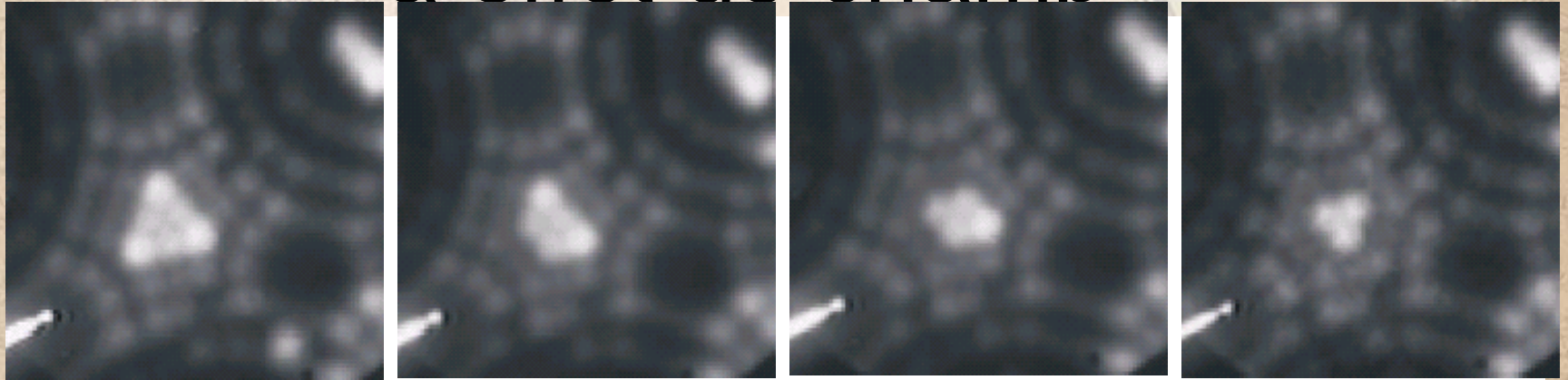


Image à 5,0 kV

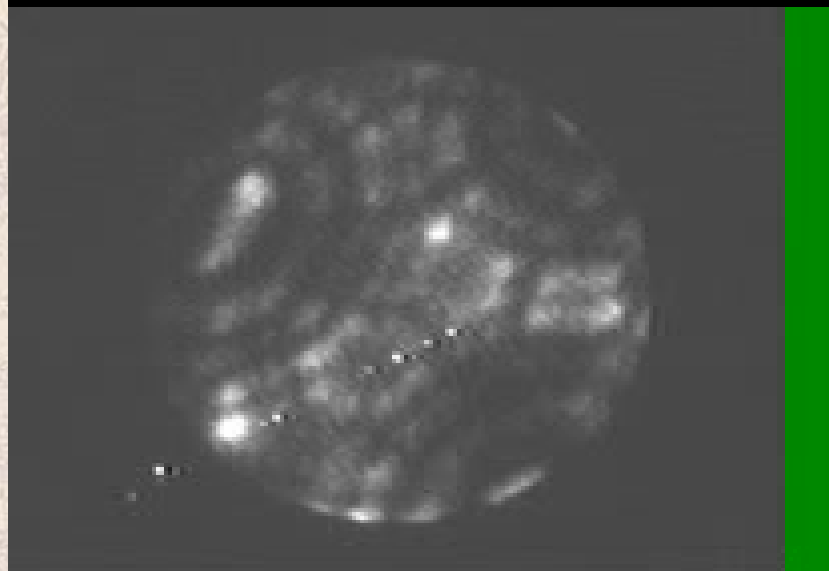
Manipulation à 6,0 kV

# Atome unique sur une pointe de tungstène



Image obtenue à  
2,1 kV

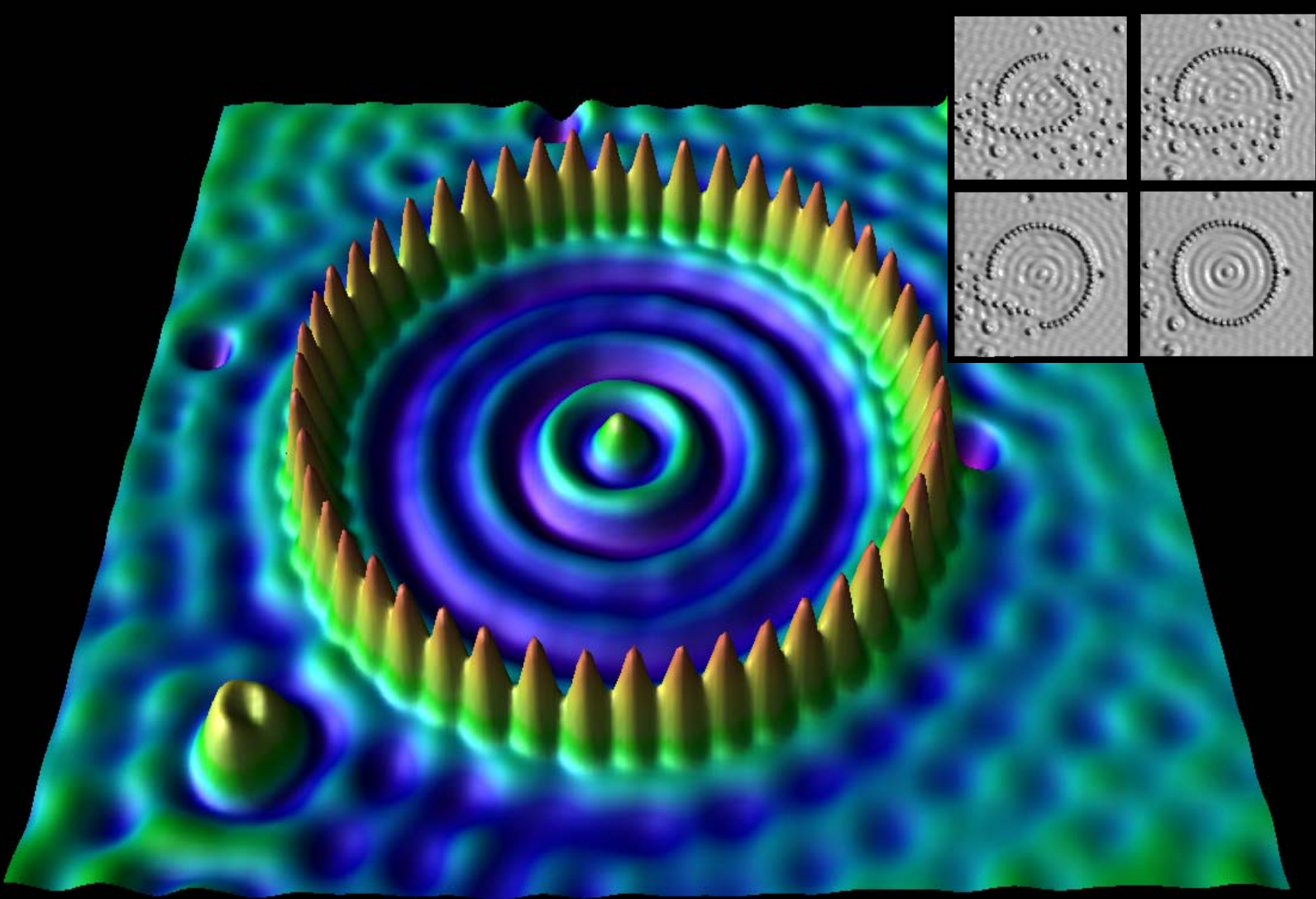
# Dynamique d'une pointe de tungstène: Séquence de microscopie ionique à effet de champ à 30 images par seconde



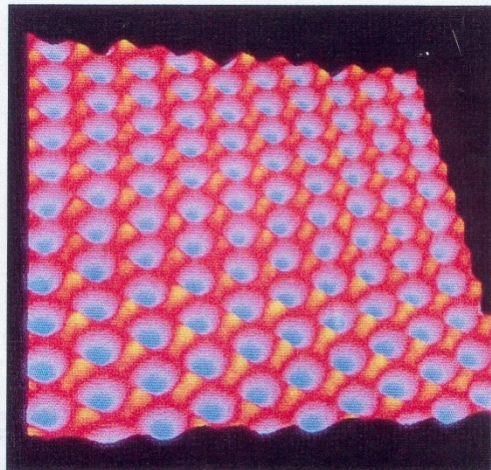
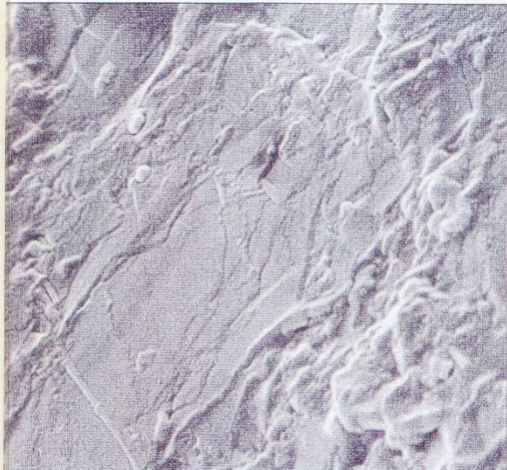
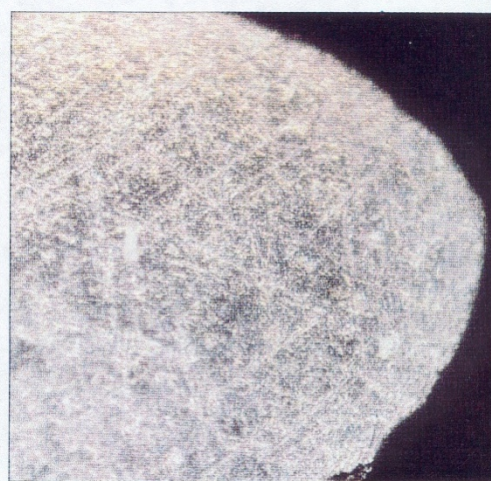
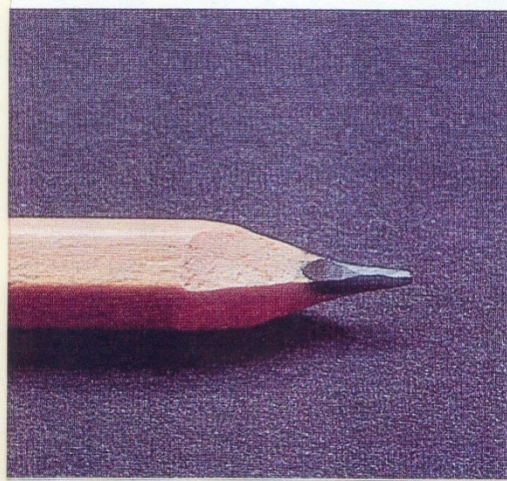
FIM on W(111)

Engineering the tip atom by atom

McGill, 07/09/03



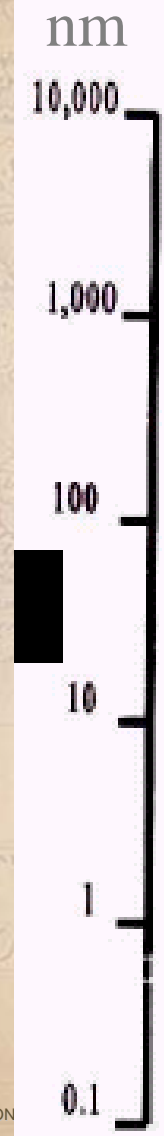
# Quelle est la taille d'un nanomètre?



# Biological

# Synthetic

# Microfabricated



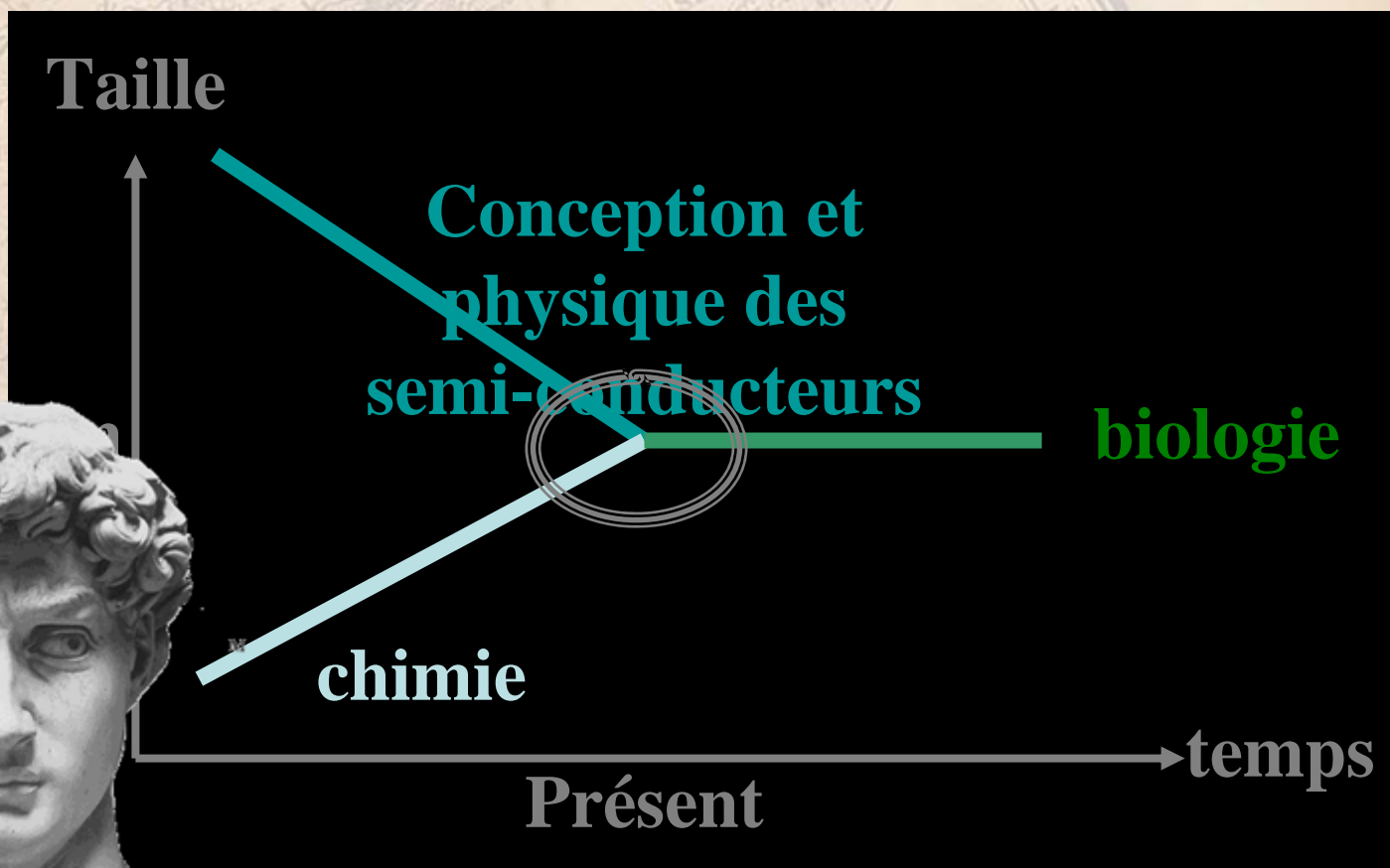
- █ Erythrocyte
- █ Bacterium
- █ Nuclei of mammalian cell
- Length of Tobacco Mosaic Virus
- Ribosome
- Hemoglobin
- Insulin

- Polymer
- Polytoxin
- Cholesterol
- Benzene
- Length of C-C bond

- █ Transistor
- █ Wire
- █ Current limit of resolution for photolithography
- █ Quantum dots
- █ Current limit of resolution for electron-beam lithography
- █ Width of tunneling barrier in a Josephson junction



# Nanotechnologies : Science de la renaissance!



# Définition de la nanoscience

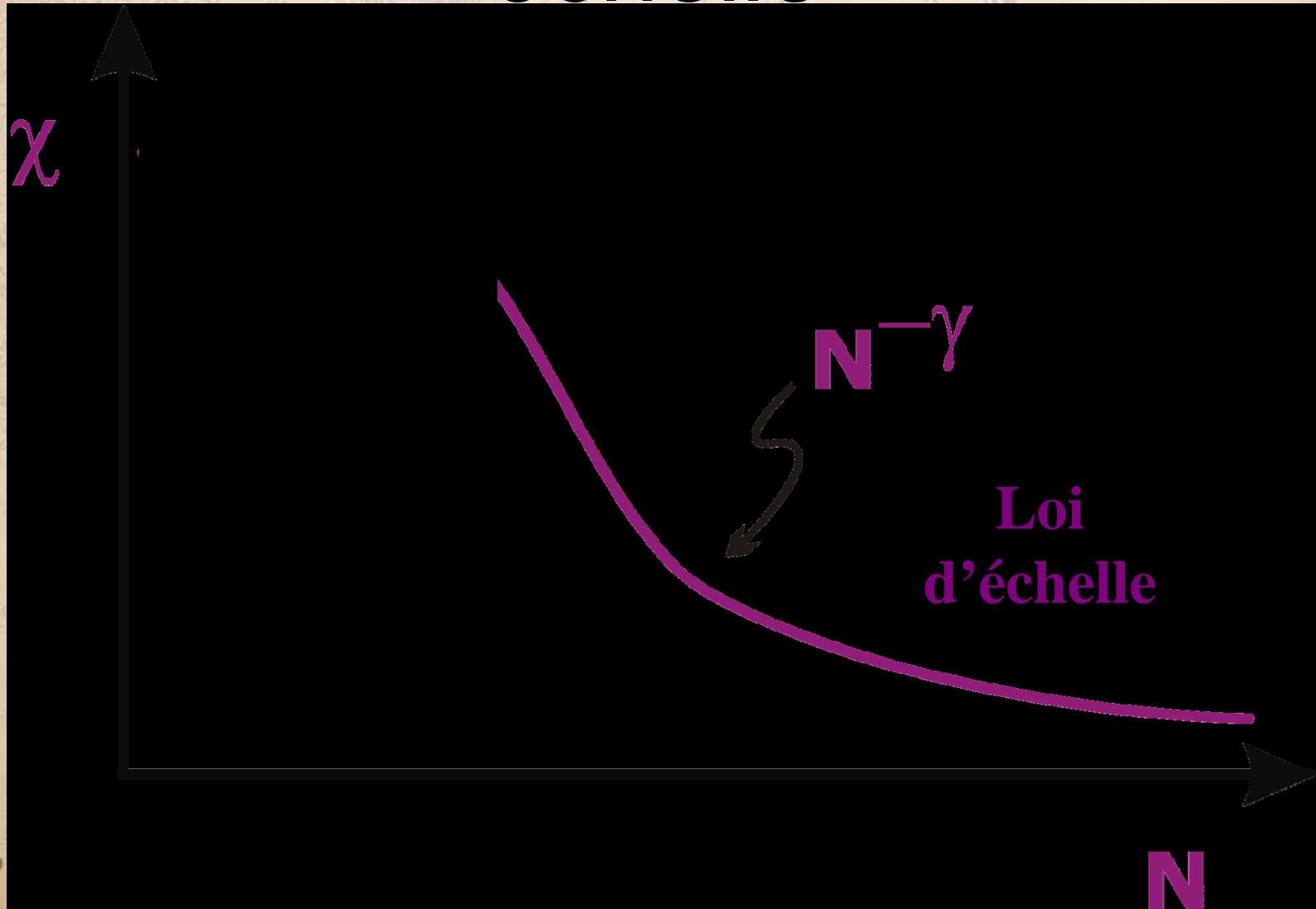
Les nanosciences et les nanotechnologies sont axées sur l'étude et l'application de phénomènes, de systèmes et de structures où :

1. Au moins **une dimension**  $l_c$  mesure quelques **nm**

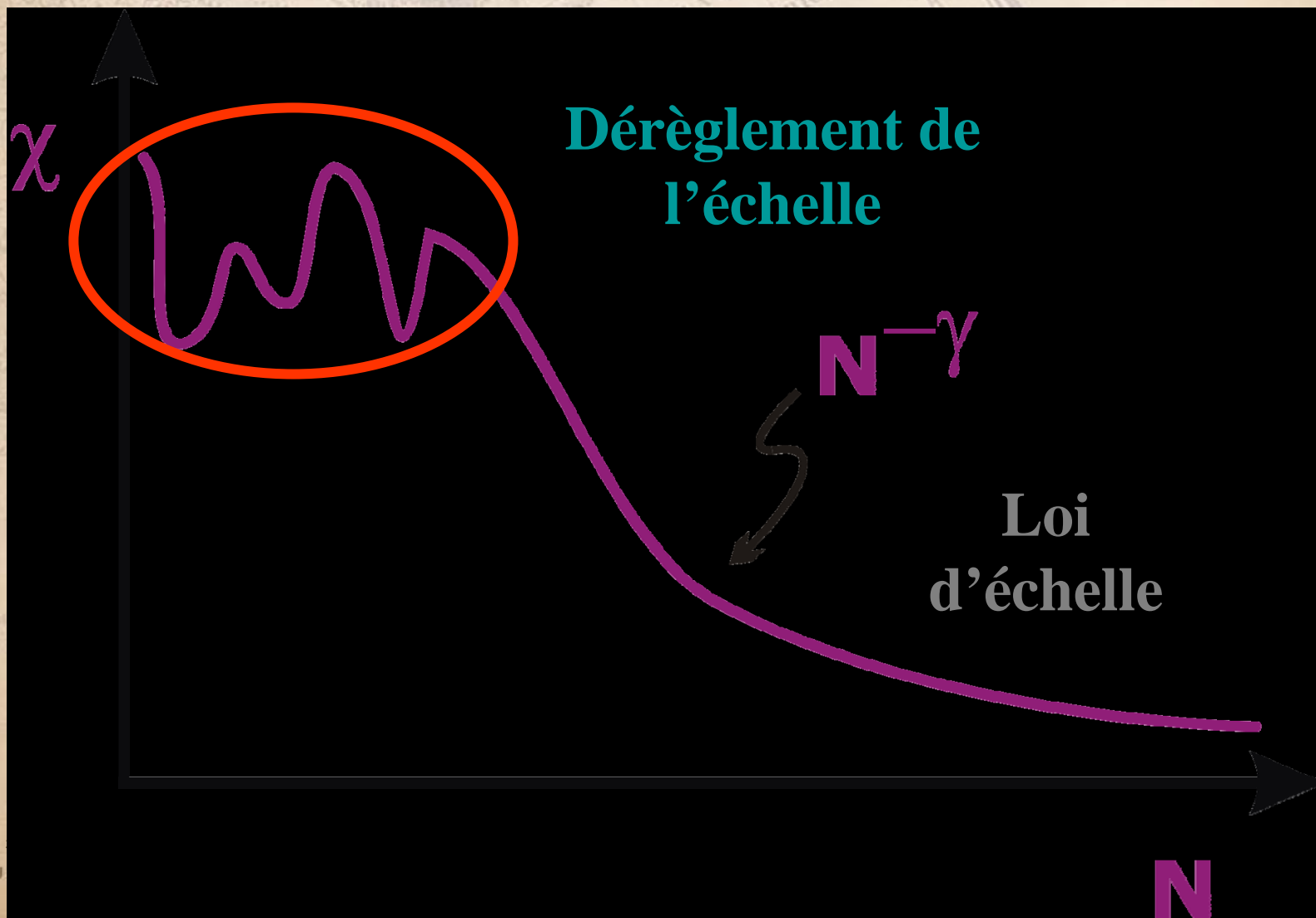
2. Les propriétés sont **qualitativement différentes** parce que  $l < l_c$

Le point 2 permet de faire la distinction entre « *nano* » et « *micro* », « *chimie macromoléculaire* » ou « *biologie* »

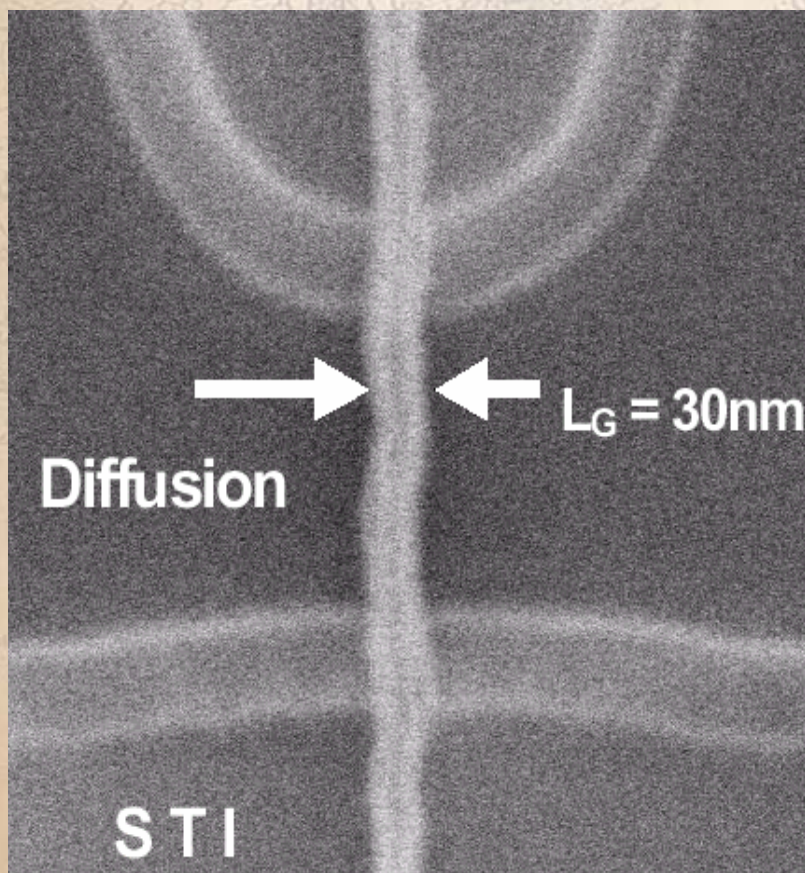
# La différence à petite échelle



# Petit et différent



# Submicronique n'est pas synonyme de nanométrieque!



« Nanotechnologies sur produits de silicone : Intel est un chef de file en matière de production et de recherche »  
(Wall Street Journal)

# Que sont les nanosciences et les nanotechnologies?

**Nanosciences** – Étude de phénomènes et manipulation de matériaux aux échelles atomique, moléculaire et macromoléculaire, où les propriétés diffèrent grandement de celles aux échelles plus grandes.

**Nanotechnologies** – Conception, caractérisation, production et mise en œuvre de structures, de dispositifs et de systèmes par le contrôle de la forme et de la taille des éléments à l'échelle nanométrique.

# La coupe de Lycurgus (verre; British Museum; 4<sup>e</sup> siècle après

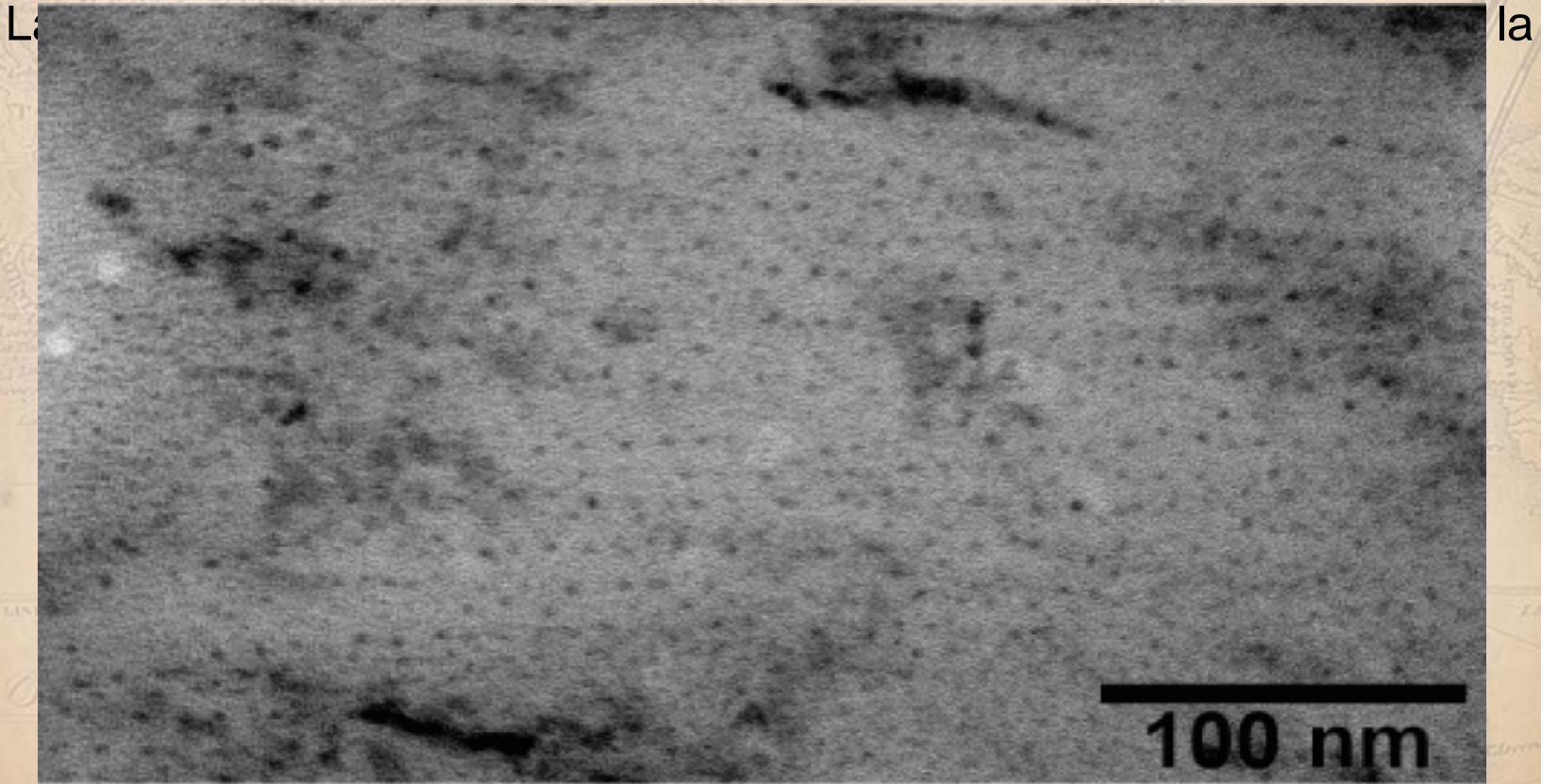


Lorsqu'elle est éclairée de l'extérieur, la coupe apparaît verte. Par contre, lorsqu'elle est éclairée de l'intérieur, elle devient rouge. On attribue la teinte rouge à la présence d'une petite quantité de poudre d'or dans la coupe (environ 40 parties par million).

# L'art de teindre les cheveux gris -

## Il y a 4000 ans

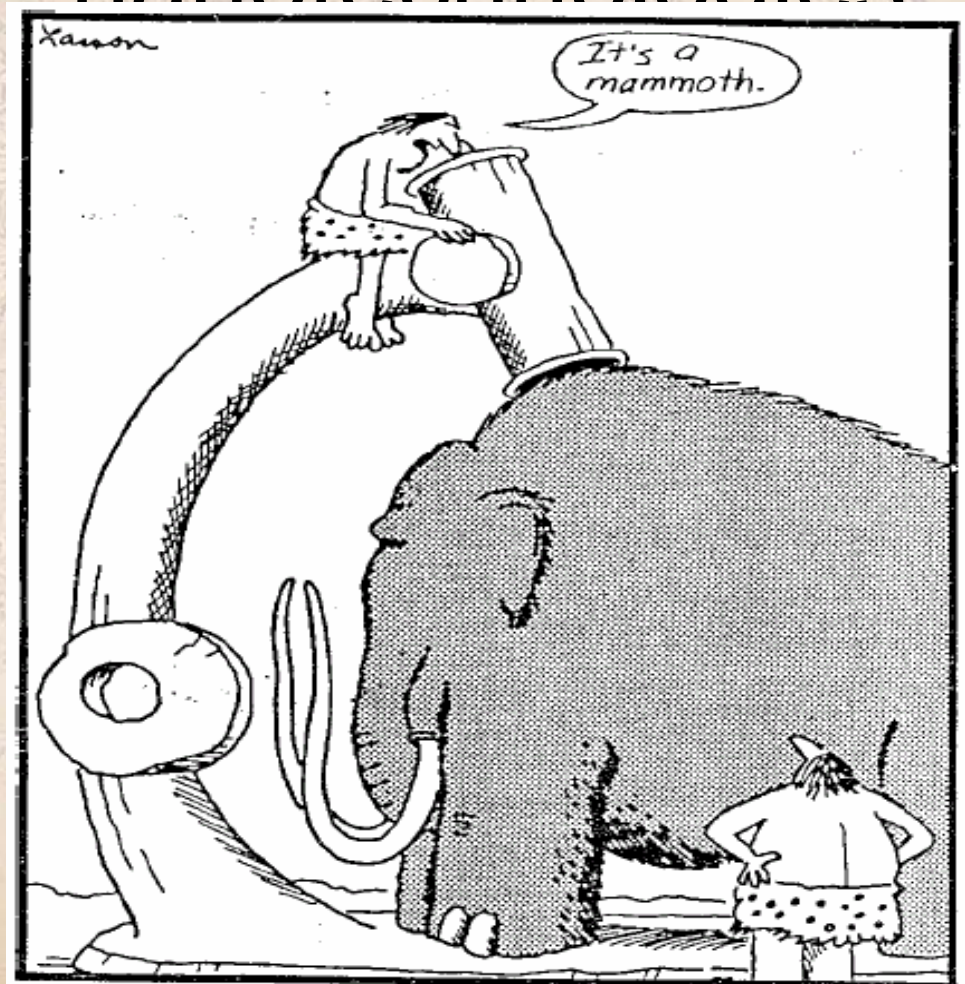
Mélange de  $\text{PbO}$  et de  $\text{Ca(OH)}_2$  dilué dans de l'eau pour former une pâte



Centre de recherche et de restauration des Musées de France (NanoLetters 6, 2215 (2006))



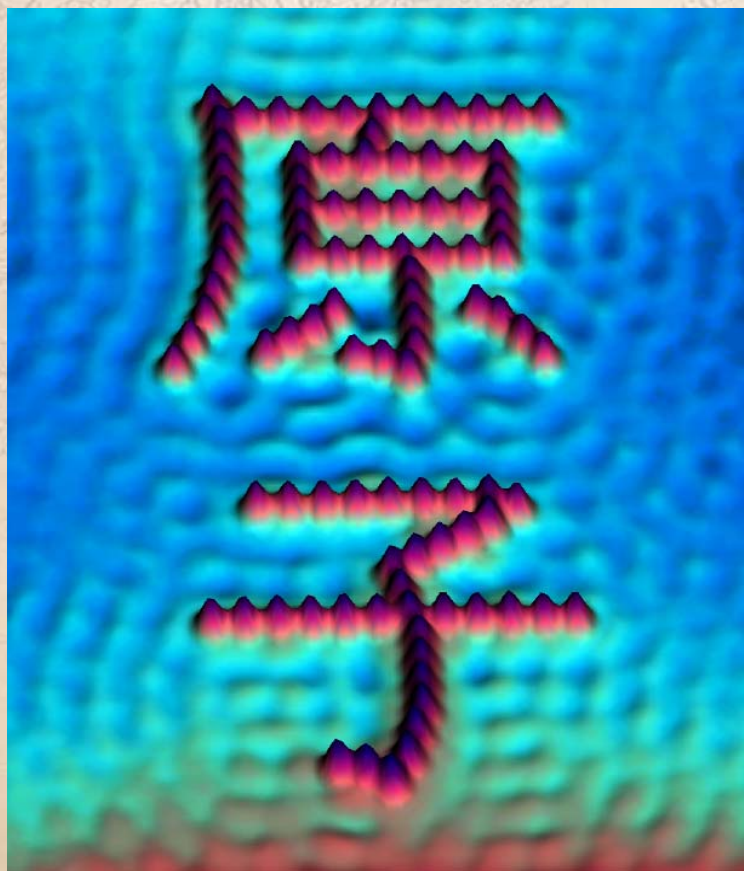
# Qu'est-ce qui rend possible les nanosciences et les nanotechnologies?



Early microscope

**Les nouveaux outils!!!**

# Microscopie à effet tunnel : pas de la simple imagerie!



**Très haute densité**  
(toute la Bibliothèque du Congrès sur une tête d'épingle)

**Très lente** (l'écriture nécessite plusieurs milliards d'années)

**Empreinte énorme**

(UE, IBM, STM) Figure 4. IBM maden

# Principaux moteurs de la nanotechnologie

## Secteurs économiques (1 000 G\$/an)

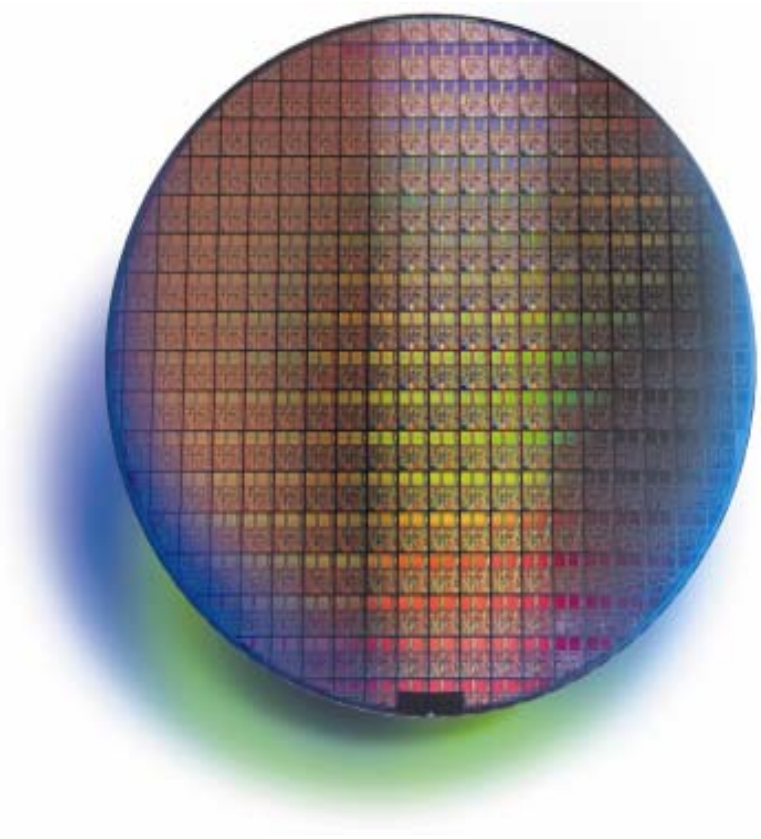
- Optoélectronique
- Microélectronique
- Industries chimiques
- Matériaux
- Médecine et produits pharmaceutiques

## Convergence scientifique

- Éclatement des barrières traditionnelles

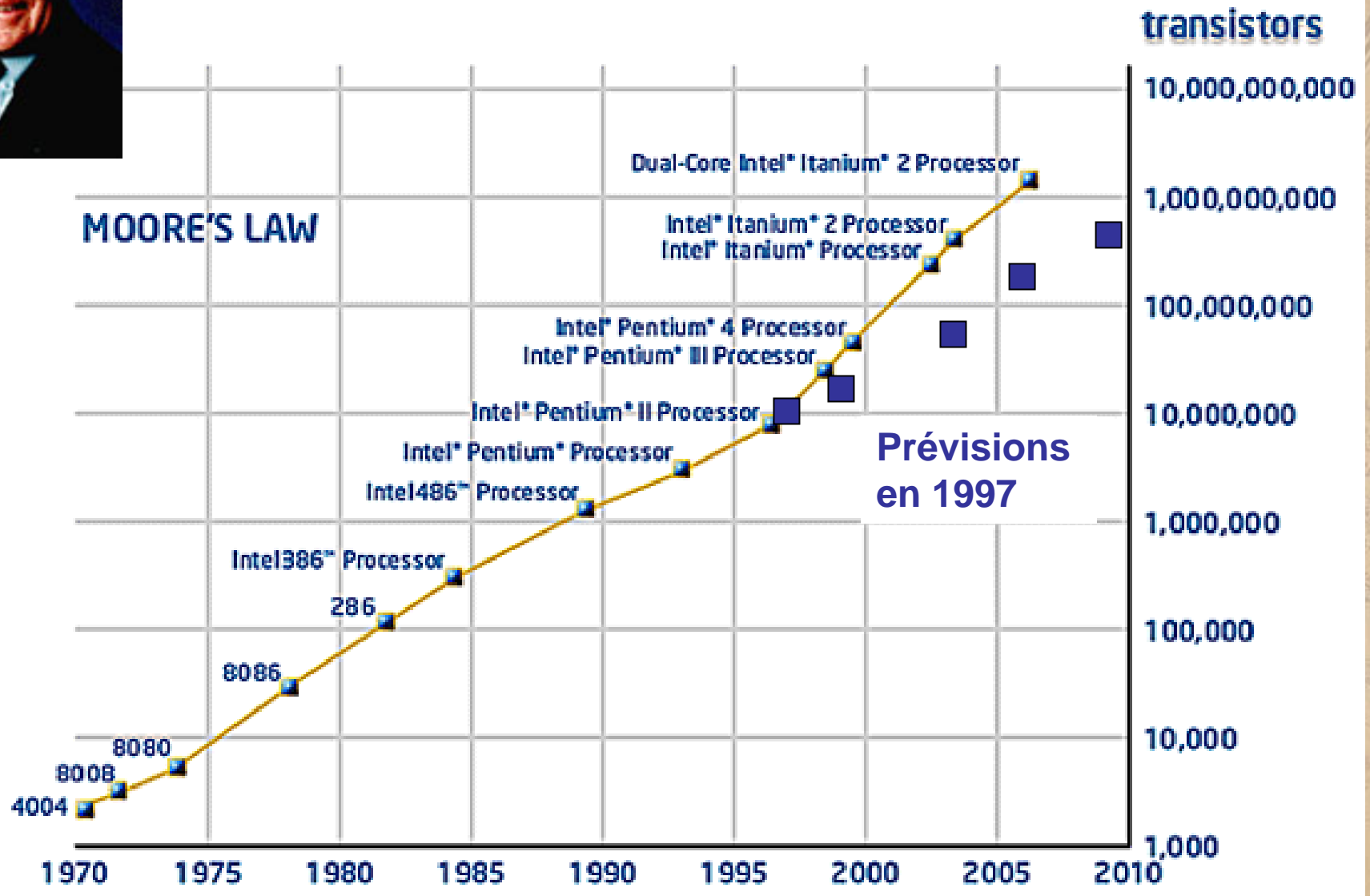
## Nouveaux outils

- Outils expérimentaux
- Outils de calcul





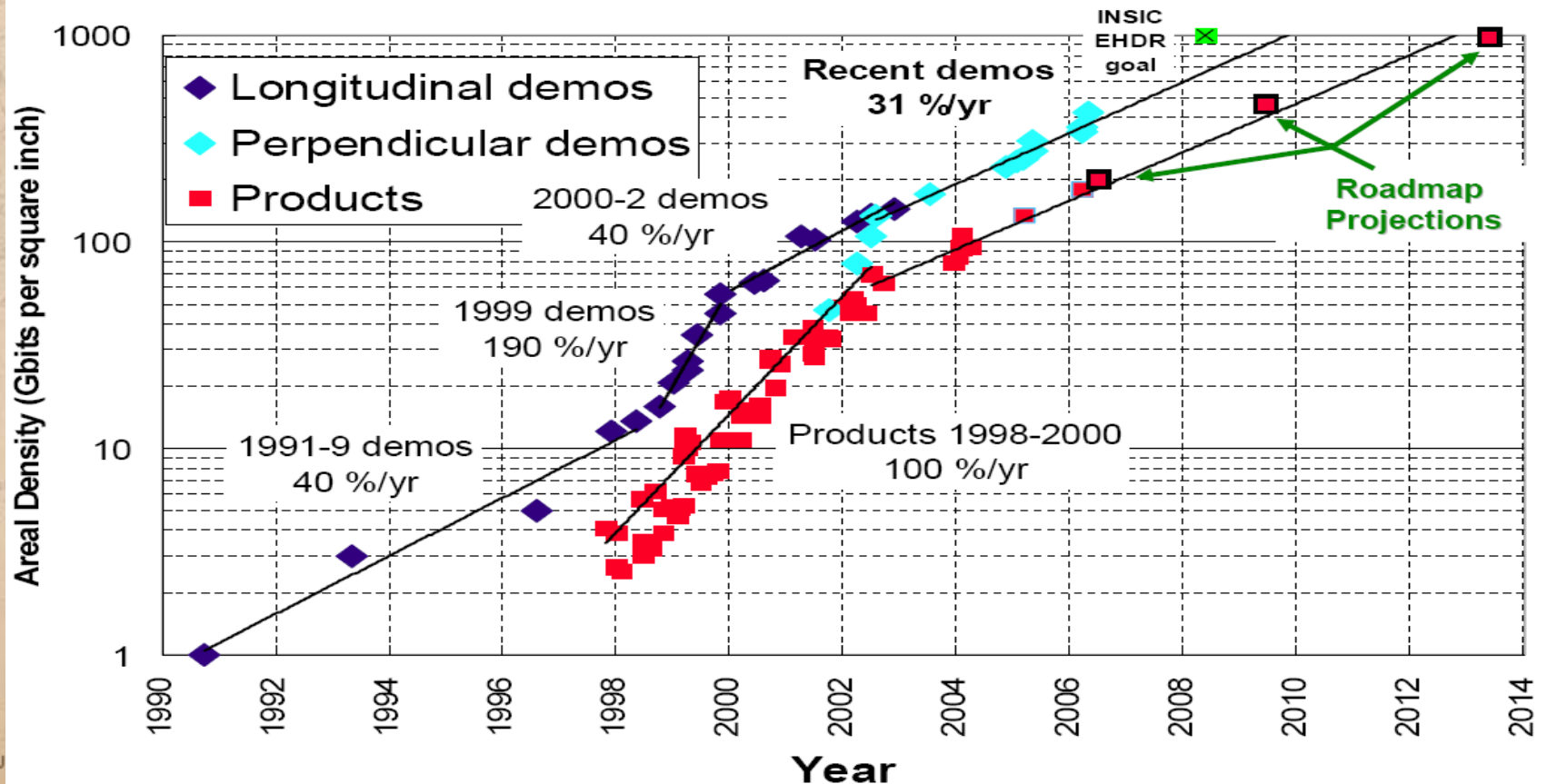
# MOORE'S LAW



Prévisions en 1997

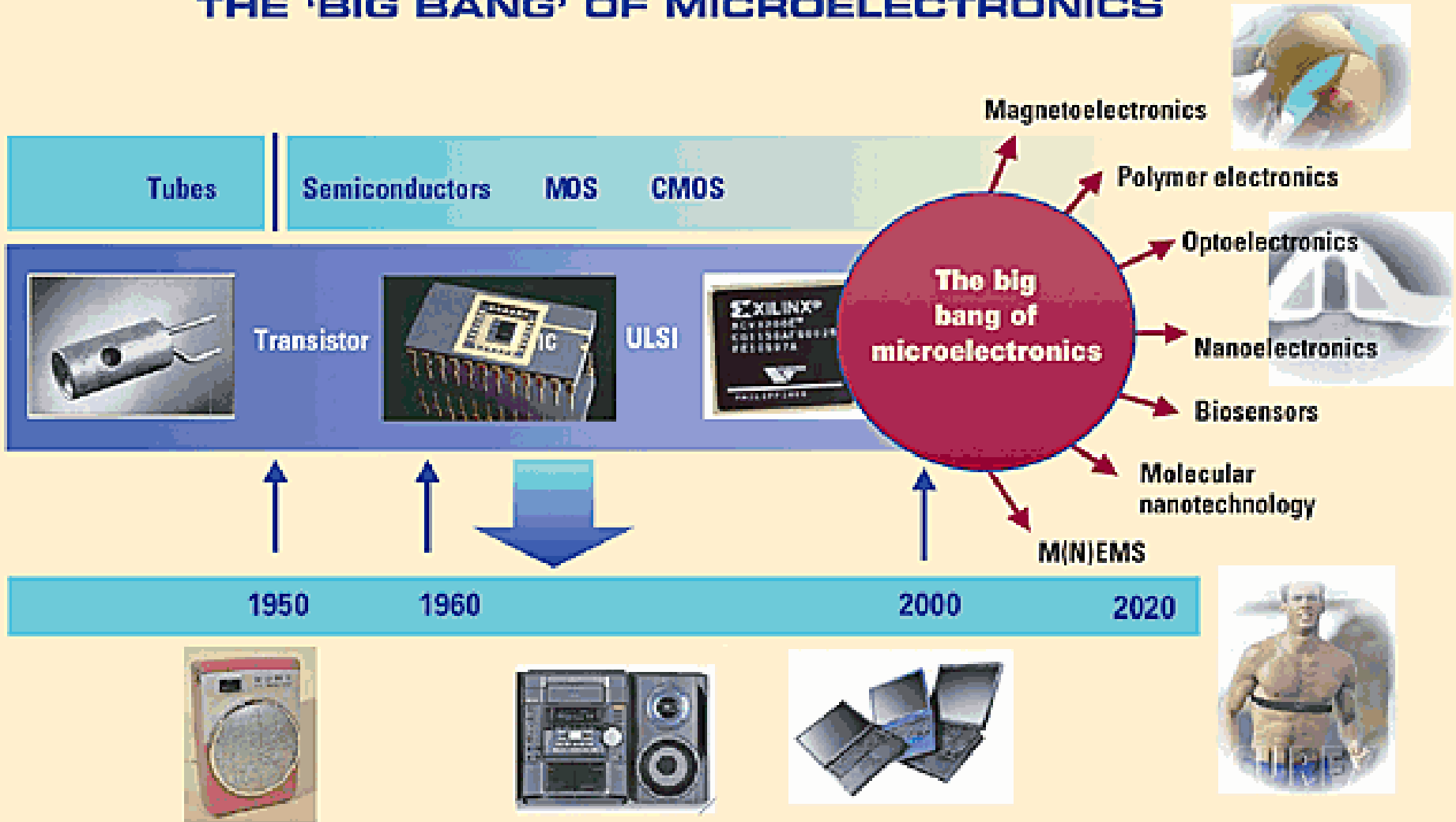
# Stockage de données : Le taux de croissance composé est plus important que prévu!

## *HDD Areal Density Trends vs. Roadmap*

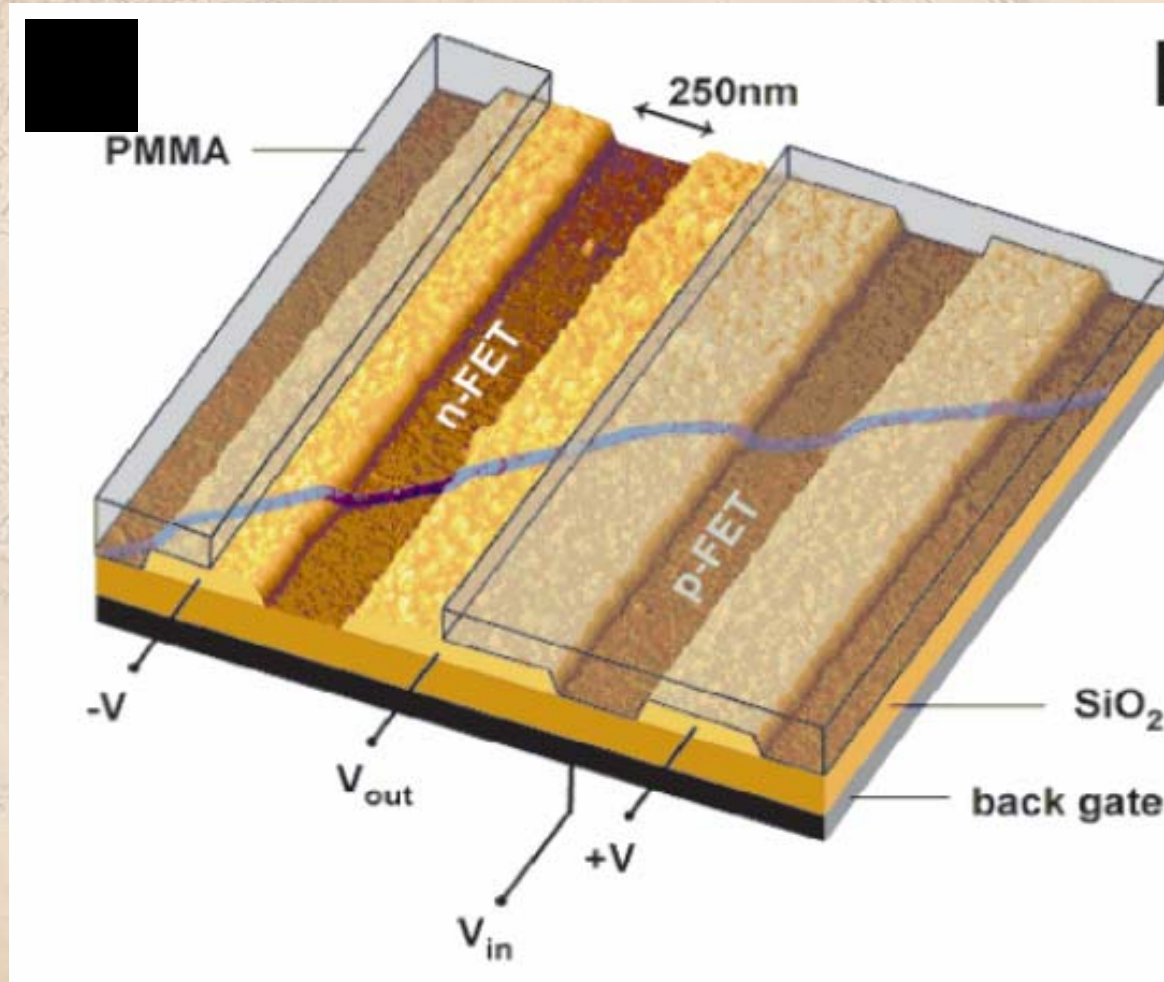


# L'avenir de l'électronique

## THE 'BIG BANG' OF MICROELECTRONICS



# Nanoélectronique : Nanotubes de carbone



Éléments logiques intermoléculaires et intramoléculaires à nanotube de carbone

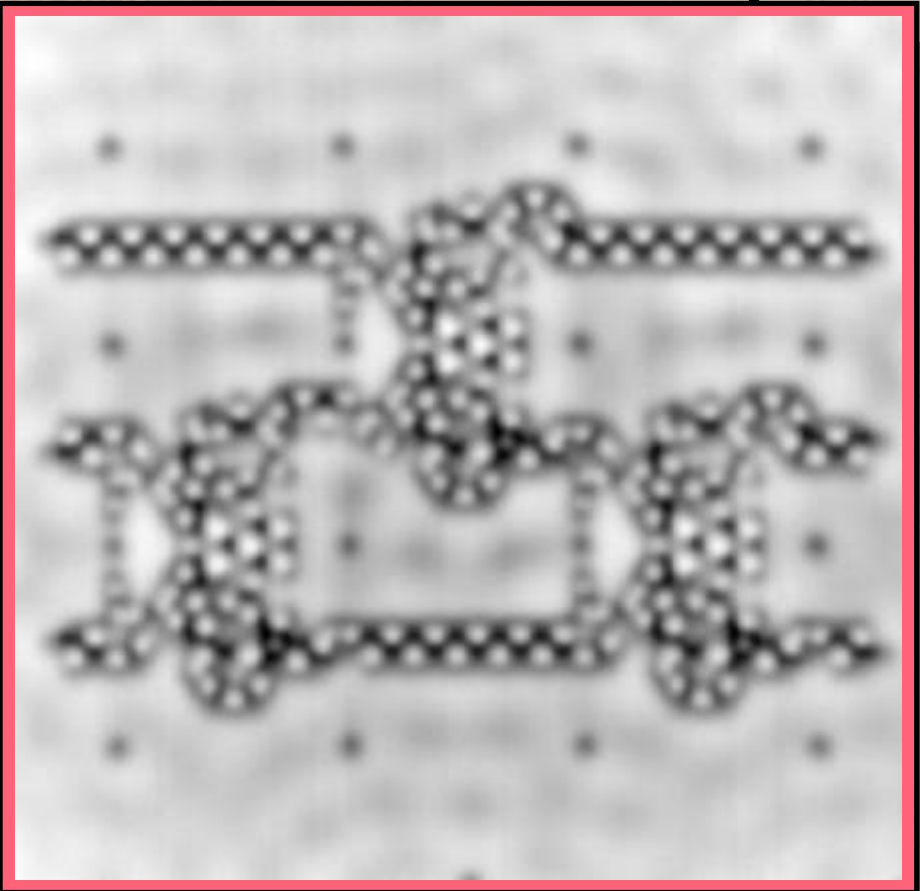
V. Derycke, R. Martel, J. Appenzeller et Ph. Avouris\*

Division de la recherche de IBM, T. J. Watson Research Center

# Le plus petit des circuits informatiques

Entrées

Sorties



C

B

A

$$O_3 = A + B + C$$

$$O_2 = (A * B) + (B * C) + (C * A)$$

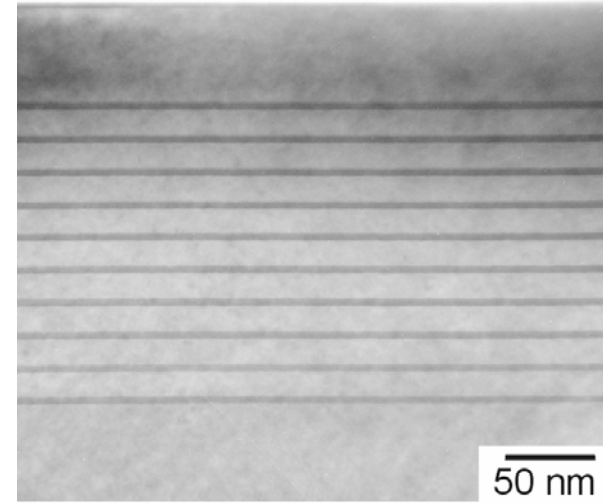
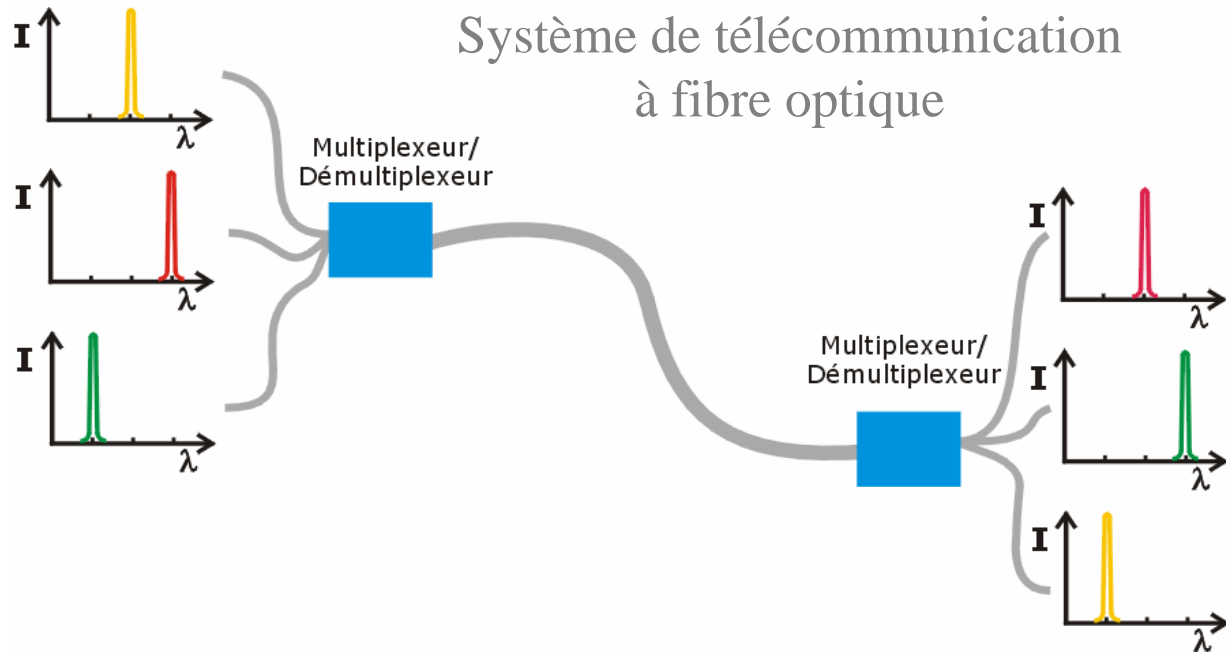
$$O_1 = A * B * C$$

Dimensions du circuit : 12 nm x 17 nm

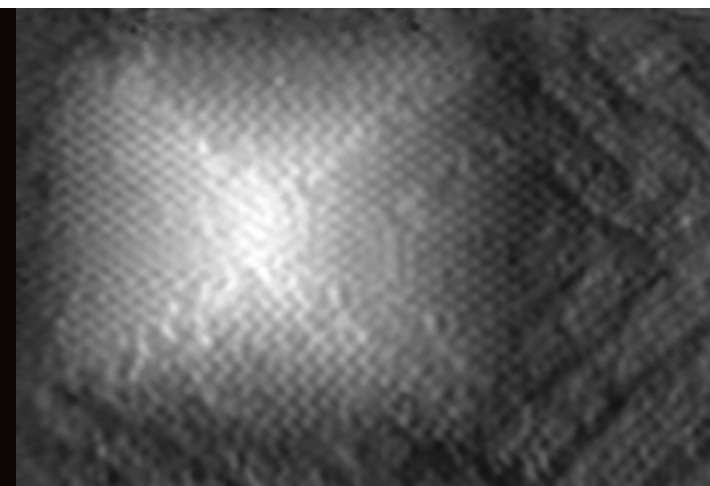
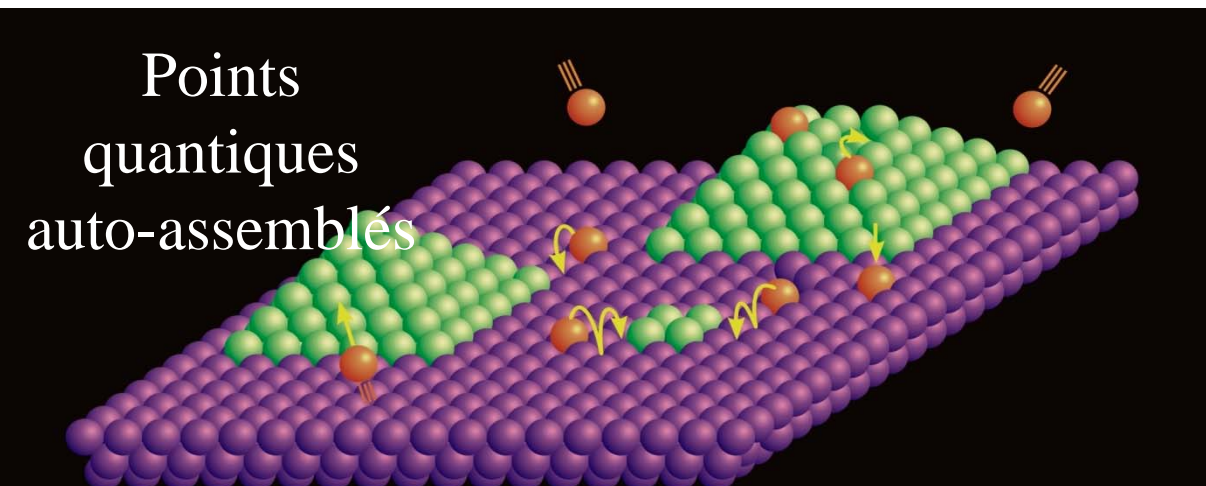
Fait à partir de 541 molécules de monoxyde de carbone



# Optoélectronique fondée sur les points quantiques

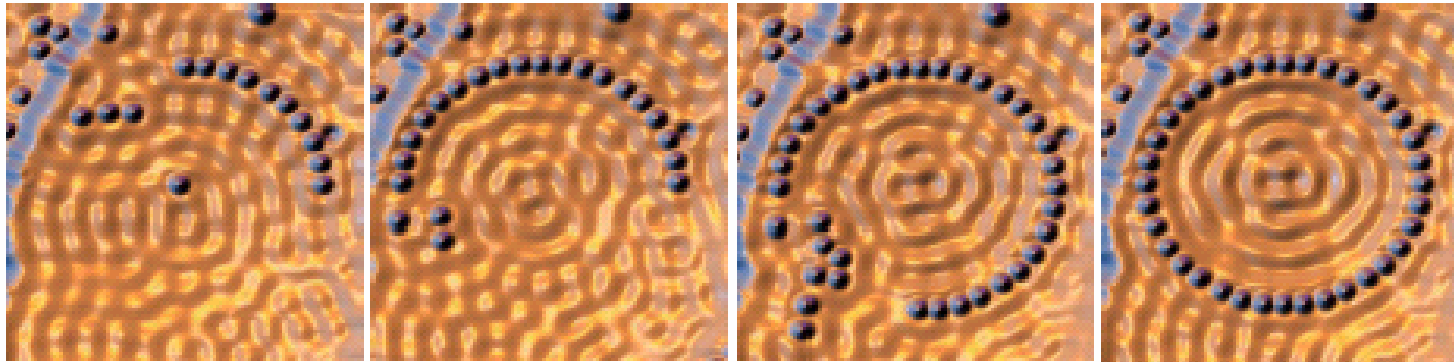


Longueur d'onde laser déterminée par la composition, l'espacement et l'épaisseur des couches

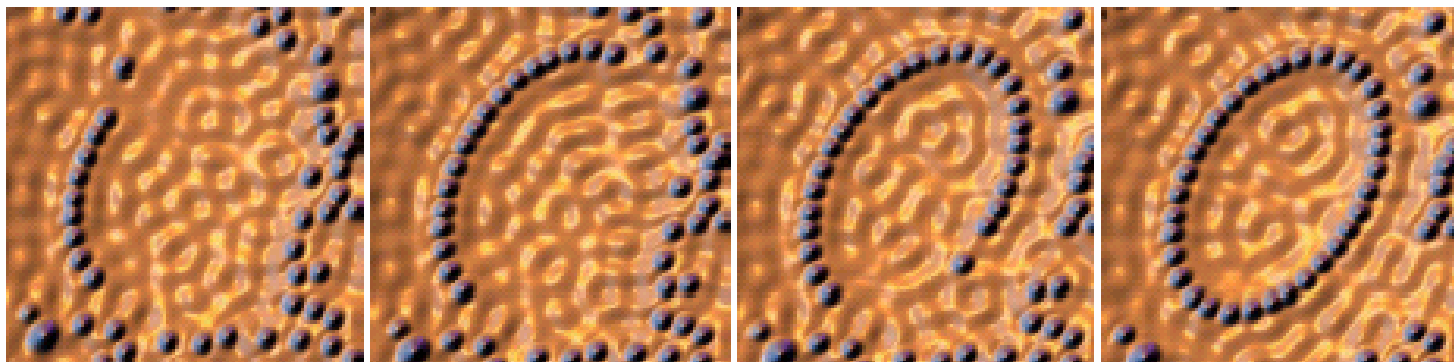


# Assemblage de résonateurs elliptiques

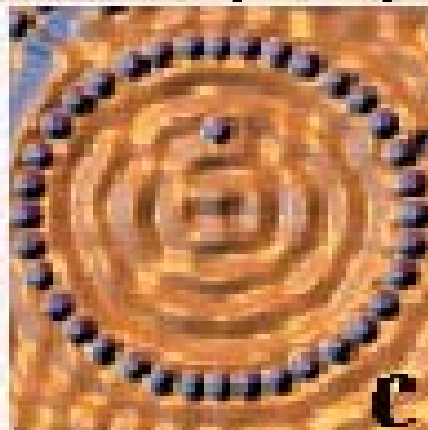
$e = 0.500, a = 71.3 \text{ \AA}$  elliptical electron resonator



$e = 0.786, a = 71.3 \text{ \AA}$  elliptical electron resonator

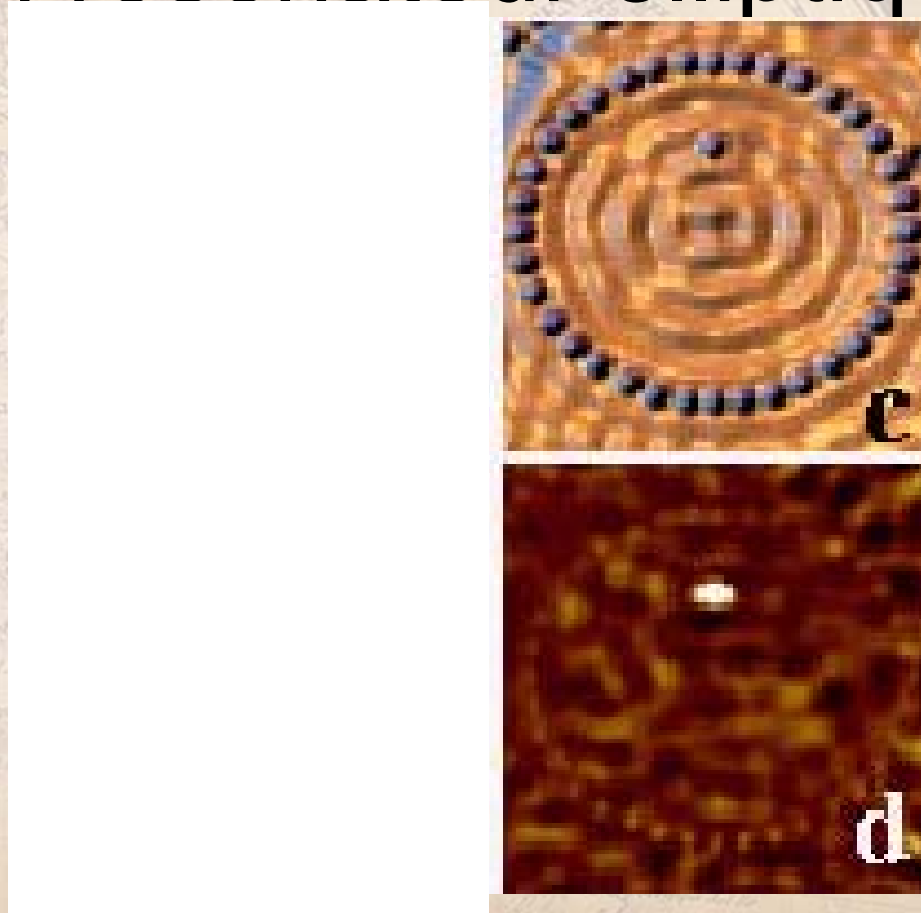


# Déplacement d'un atome dans un résonateur elliptique



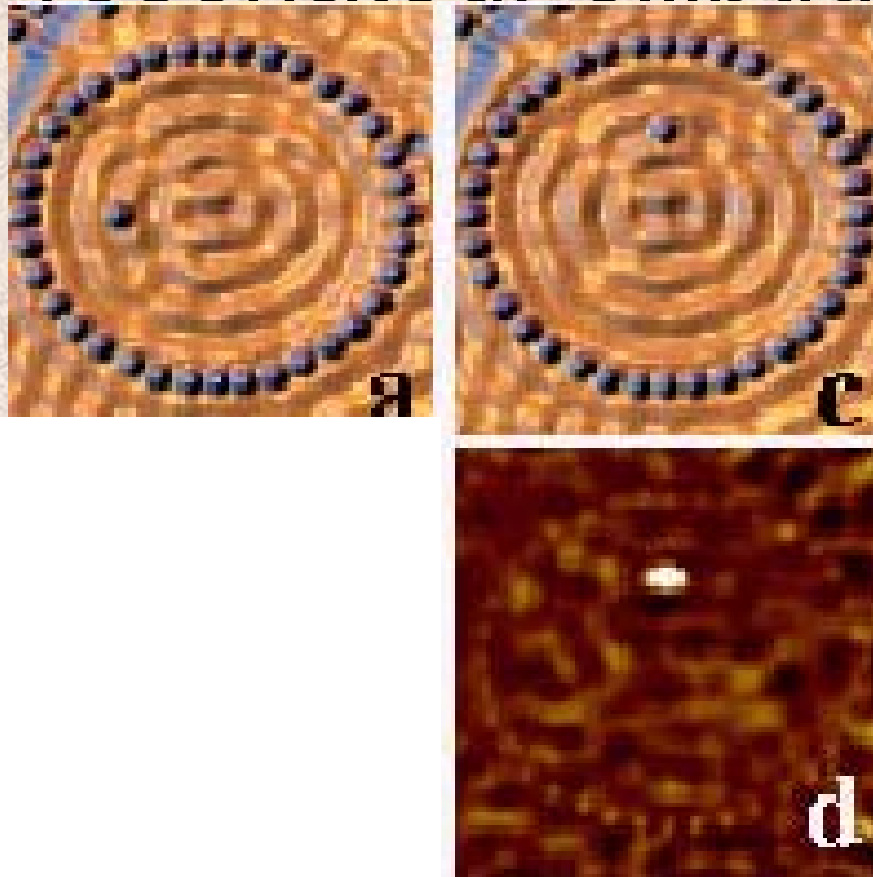
Manoharan, Lutz et Eigler, *Nature* 403, 512-515 (2000)

# Déplacement d'un atome dans un résonateur elliptique



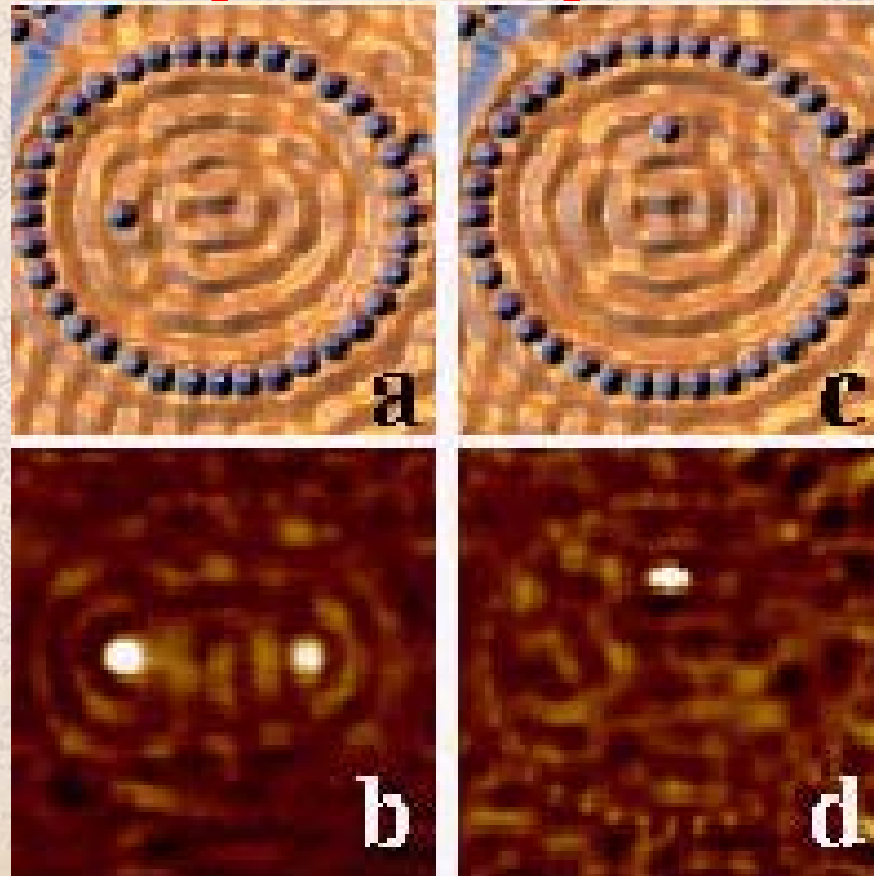
Manoharan, Lutz et Eigler, *Nature* 403, 512-515 (2000)

# Déplacement d'un atome dans un résonateur elliptique



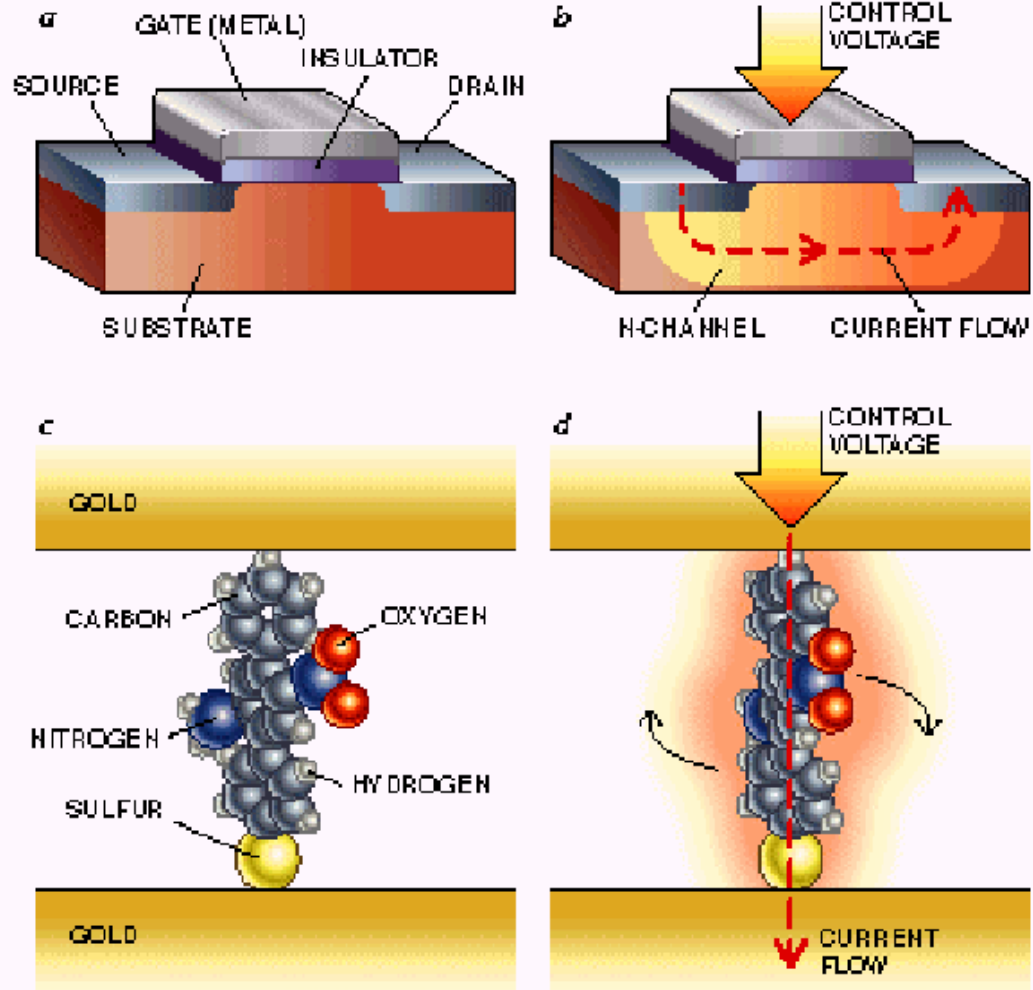
Manoharan, Lutz et Eigler, *Nature* 403, 512-515 (2000)

# Détection d'un mirage quantique

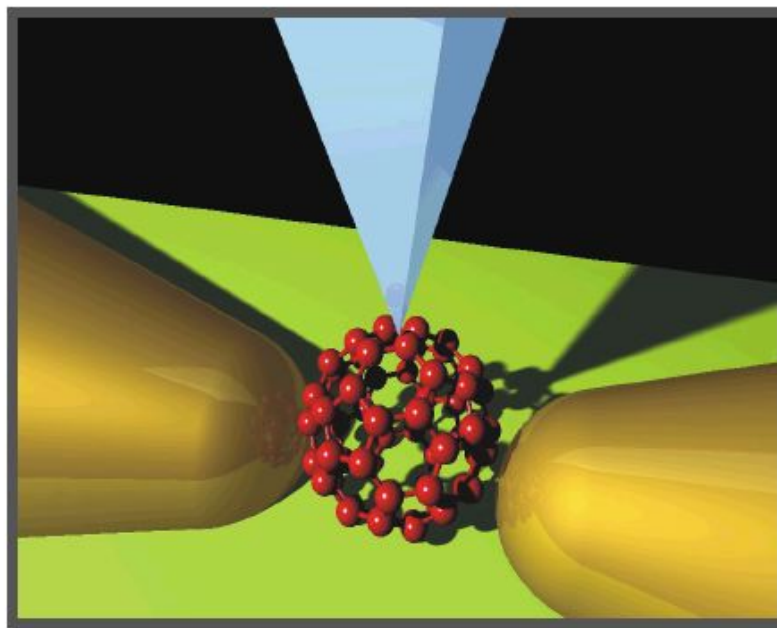


Manoharan, Lutz et Eigler, *Nature* 403, 512-515 (2000)

# Un transistor moléculaire

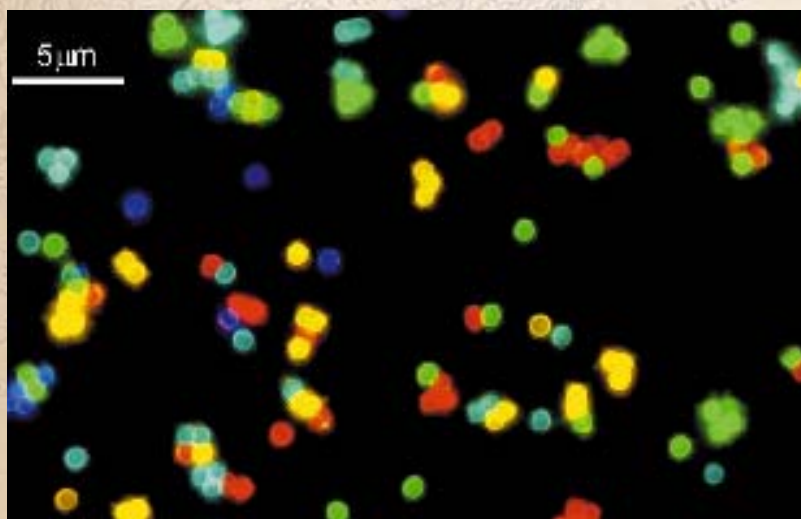


# Attention à la science PowerPoint ou à l'ingénierie des dessins animés!!!





# Les nanomatériaux et la détection biomoléculaire



**Principe : Nanoparticules de CdSe encapsulées par du ZnS dont l'émission de couleur est dépendante de la taille des particules**

- Analyses multiplexes aux capacités accrues (« code à barres nanométriques »)
- Suivi optique à l'échelle cellulaire au moyen de points quantiques de CdSe : quels gènes sont actifs?



# nanotechnologie : Cancérothérapie et

## Nanocapsules d'or

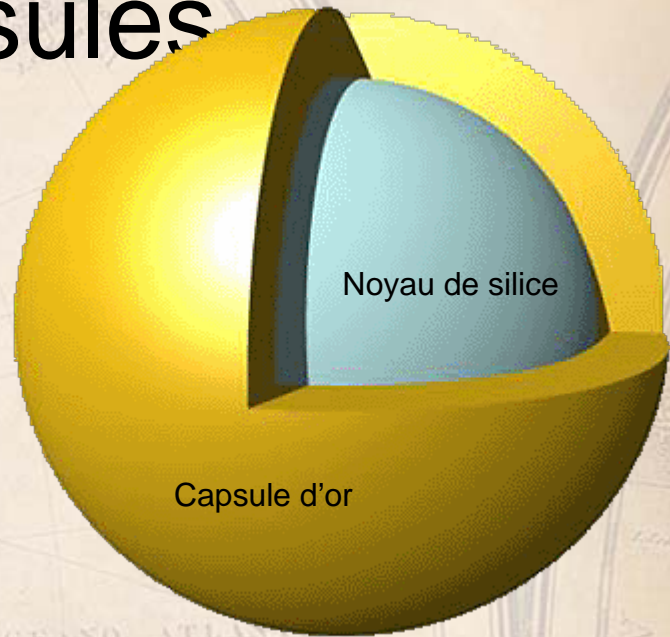
Biocompatibles

Suffisamment petites pour passer  
dans l'appareil circulatoire



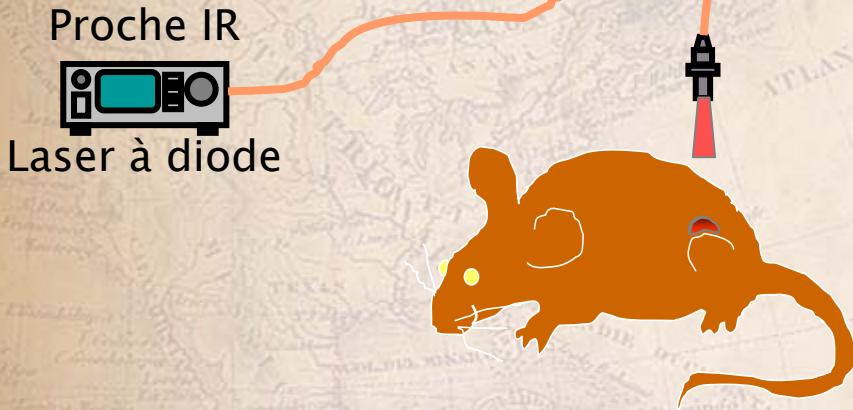
Se fixent facilement aux anticorps  
pour un ciblage cellulaire précis

Absorbent fortement la lumière dans le  
proche infrarouge, plage où la lumière peut  
pénétrer jusqu'à 7 cm sous la peau

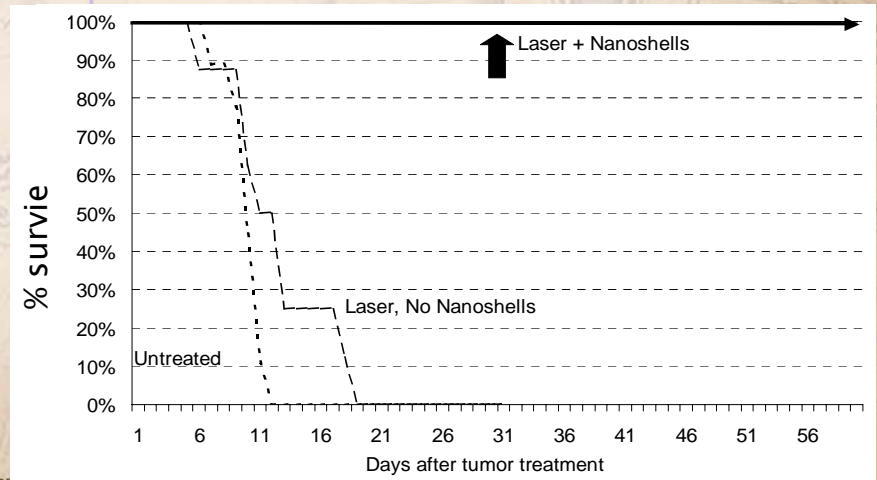
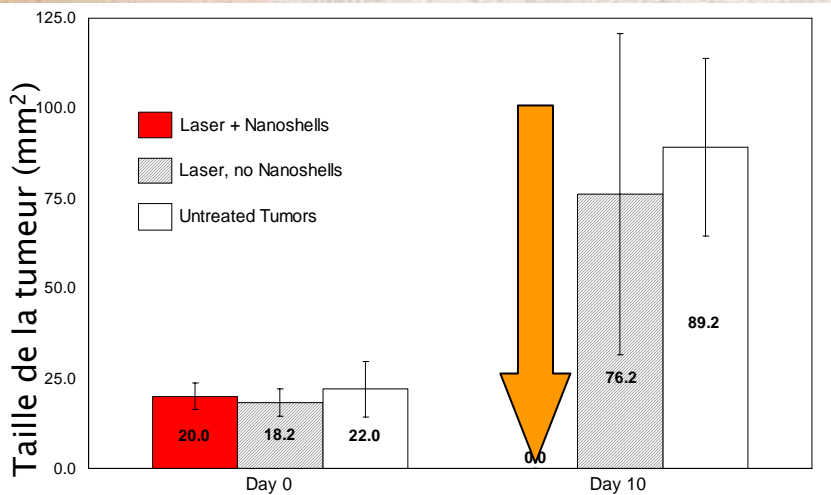


Diamètre de 10 à 300 nm

# nanotechnologie : Cancérothérapie et nanocapsules



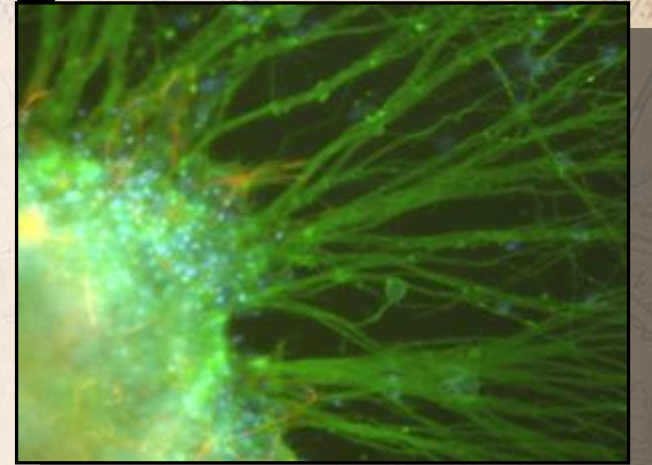
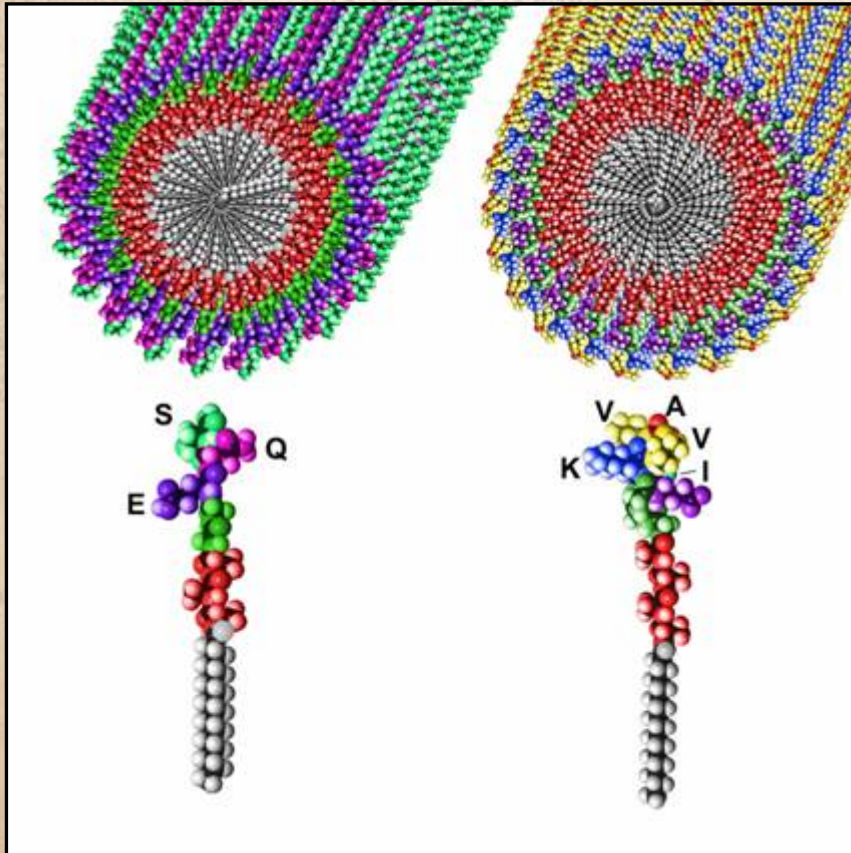
- Inoculation de souris BALB/c avec des cellules de cancer du colon CT26.wt
- Administration systématique de nanocapsules péglées par injection dans la veine de la queue
- 6 heures après l'injection, on a irradié les tumeurs au travers de la peau pendant 3 min au moyen d'un laser à diode de  $4 \text{ W/cm}^2$  à  $810 \text{ nm}$
- Surveillance de la temp. en surface de la tumeur
- Surveillance de la taille de la tumeur pendant deux mois



DE LA VIE PR

# nanotechnologie : Médecine régénérative par nanofibres

Nanofibres de neurogenèse



## GUÉRISON DE LA PARALYSIE

Régénération à l'aide de nanofibres de neurones sectionnés (essais en laboratoires)

# Il y a véritablement beaucoup d'espace à très petite échelle!

D'immenses progrès ont été réalisés sur le plan de la compréhension de la nanotechnologie et de la création d'objets nanométriques au cours des 15 dernières années

Ère d'exploration et de découverte

Le potentiel est énorme

# Trois types de nanotechnologies

## La nanotechnologie évolutionnaire

Technologies historiquement plus volumineuses réduites à l'échelle nanométrique

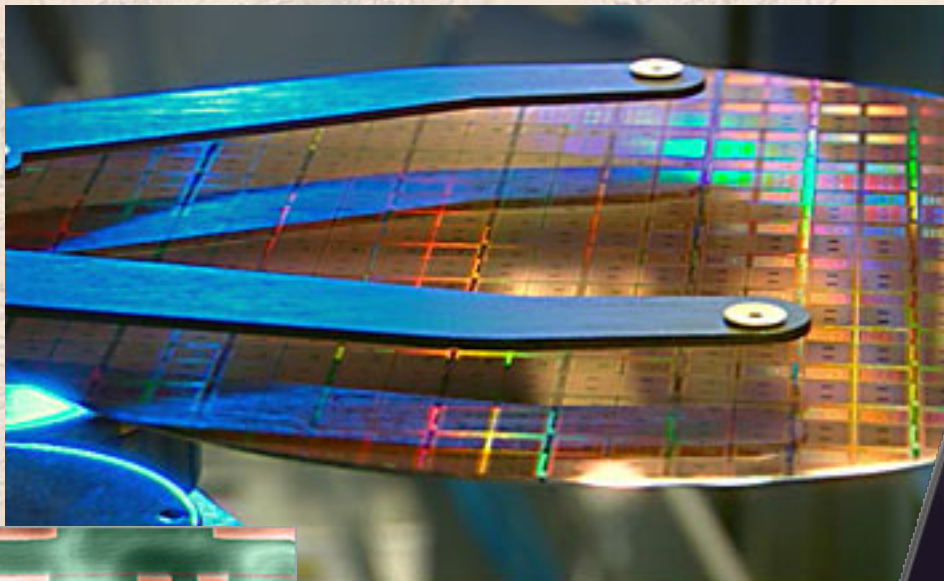
## La nanotechnologie révolutionnaire

Nouvelles technologies à l'échelle nanométrique

## La nanotechnologie naturelle

Structures fonctionnelles nanométriques présentes dans la nature

# La nanotechnologie évolutionnaire



# La nanotechnologie évolutionnaire

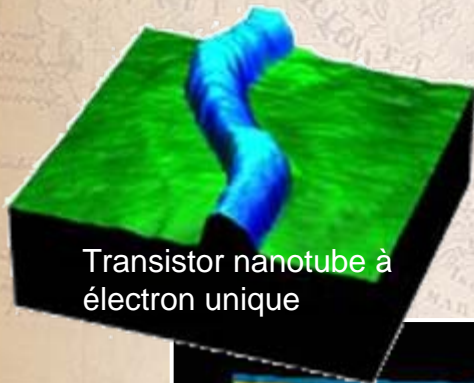
Nanoparticules dans les écrans solaires et les produits cosmétiques



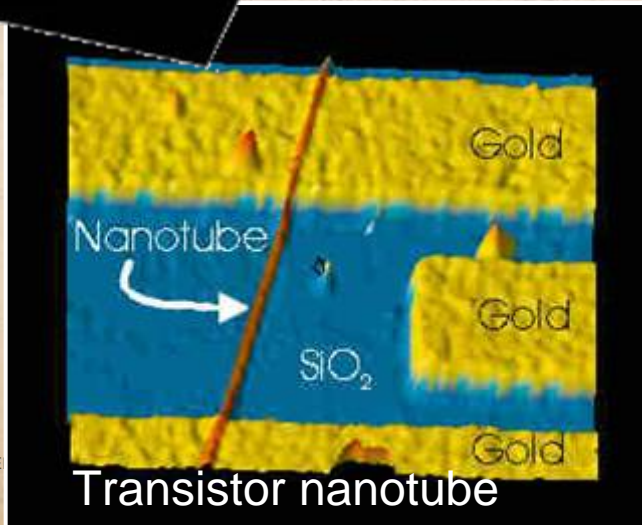


# Nanotechnologie révolutionnaire

## Nanotubes de carbone



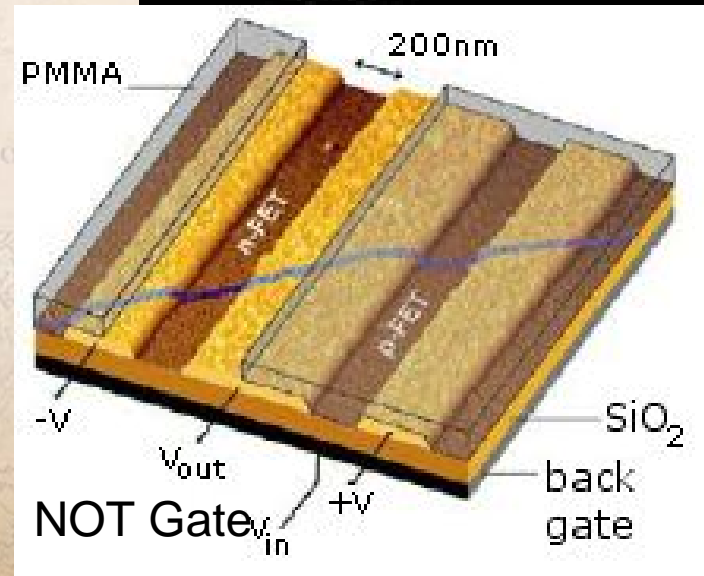
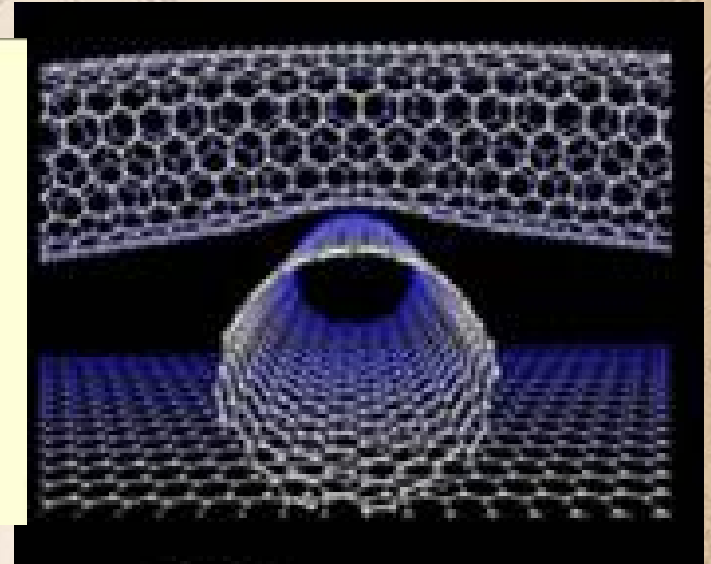
Transistor nanotube à électron unique



Transistor nanotube

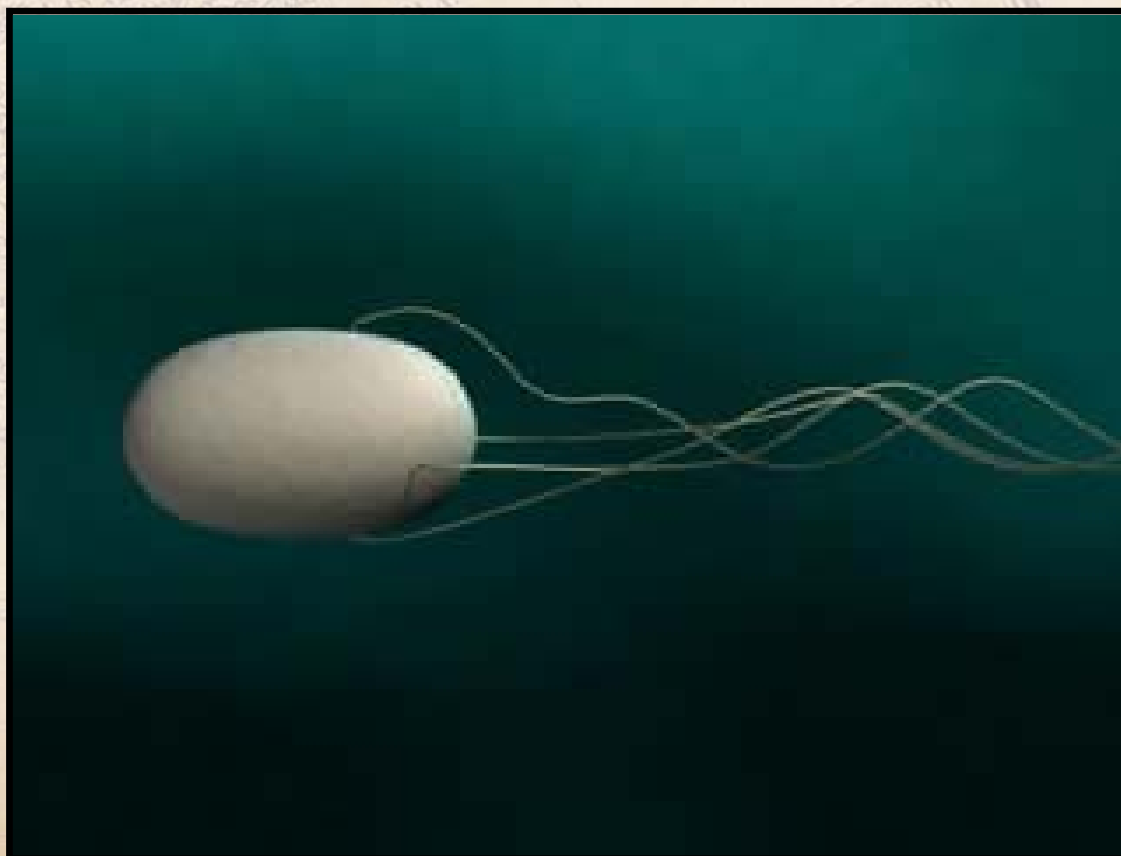
### MOLECULAR PERFECTION: THE FULLERENE IDEAL

1. The strongest fiber that will be ever made
2. Electrical Conductivity of Copper or Silicon
3. Thermal Conductivity of Diamond
4. The Chemistry of Carbon
5. The size and perfection of DNA



# Nanotechnologie naturelle

## Flagelles de la bactérie Salmonelle



# Les risques associés à la nanotechnologie

Le VRAI risque : Utiliser la nanotechnologie sans en évaluer les conséquences

Exemple : L'introduction répandue de nanoparticules dans la biosphère sans connaître l'impact toxicologique de ces dernières

# Comment prendre des décisions éclairées à propos des nanotechnologies?



- Éliminer les concepts fantaisistes
- Comprendre les motivations
- Évaluer adéquatement les risques et les avantages

PRIVACY HORIZONS TERRA INCOGNITA LES HORIZONS DE LA PROTECTION DE LA VIE PRIVÉE

# Quelques aspects sociaux de la nanotechnologie

## La nano-folie

29<sup>e</sup> CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES COMMISSAIRES À LA PROTECTION DES DONNÉES ET DE LA VIE PRIVÉE

29<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE OF DATA PROTECTION AND PRIVACY COMMISSIONERS

DU 25 AU 28 SEPTEMBRE 2007 MONTREAL, CANADA SEPTEMBER 25 TO 28, 2007

## La nano-folie de type I

« Exubérance irrationnelle » motivée par l'avidité

La nanotechnologie « transformera tout »

La nanotechnologie est le « prochain grand phénomène »

*“FORBES/WOLFE Nanotech Weekly Insider” par Josh Wolfe*

L'erreur :  
L'absence de pensée  
critique

## La nano-folie de type 2

### La « paranoïa irrationnelle » motivée par la peur

Le scénario apocalyptique (masse grise) : Des nanorobots ou des assembleurs moléculaires autoreproducteurs hors contrôle

Superweapon #3



L'erreur :  
L'absence de pensée  
critique

# Comment savoir si une chose est sécuritaire?

Je devrais vraiment creuser la question à fond...





## Le dilemme de Colomb

Il est pratiquement impossible de prouver que quelque chose est totalement sécuritaire

Comment fonctionner dans un monde où les risques sont omniprésents?



# Les monstres existent-ils?



104. *Nauta Erythreum pauidus qui nauigat aequor,  
In prora et puppis summo resonantia pendet*

*Tintinnabula: eo sonitu prægrandia Cete,  
Balenas, et Monstra marina à nauibus arceat. 6*

PRIVACY HORIZONS TERRA INCOGNITA LES HORIZONS DE LA PROTECTION DE LA VIE PRIVÉE

Bien sûr!



29<sup>e</sup> CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES COMMISSAIRES À LA PROTECTION DES DONNÉES ET DE LA VIE PRIVÉE

29<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE OF DATA PROTECTION AND PRIVACY COMMISSIONERS

DU 25 AU 28 SEPTEMBRE 2007 MONTREAL, CANADA SEPTEMBER 25 TO 28, 2007

Et ce sont des vedettes d'Hollywood

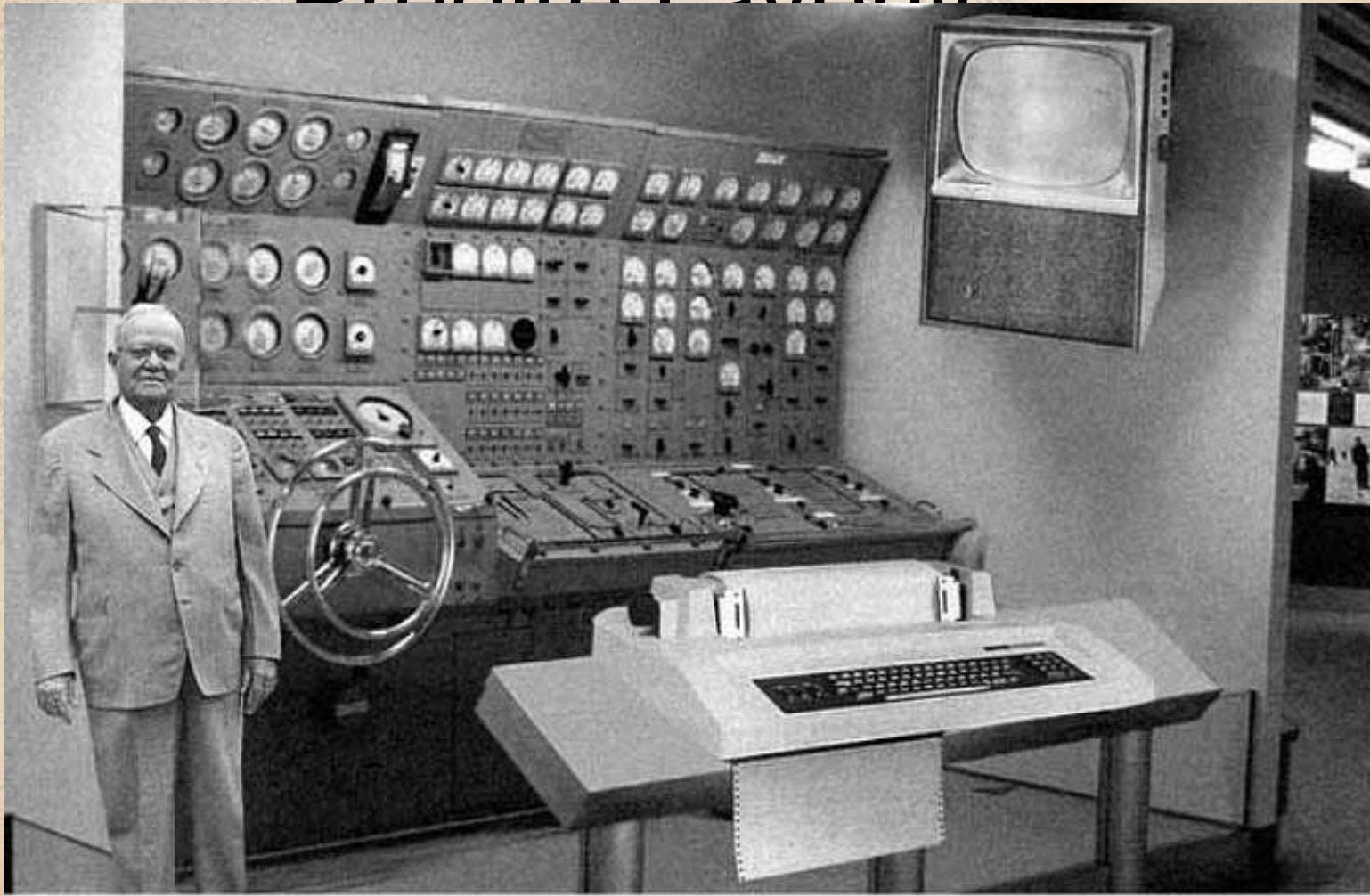
# Enfin – Quand la nanotechnologie aura-t-elle un impact sur nos vies?

# Nanosciences -> nanotechnologies

## Ce que dit la boule de cristal

Nouveaux outils :	Maintenant
Nanomatériaux :	0-5 ans
Nanoélectronique :	10-15 ans
Nanobiologie/ Nanomédecine :	15-25 ans

# Prédire l'avenir



*Scientists from the RAND Corporation have created this model to illustrate how a "home computer" could look like in the year 2004. However the needed technology will not be economically feasible for the average home. Also the scientists readily admit that the computer will require not yet invented technology to actually work, but 50 years from now scientific progress is expected to solve these problems. With teletype interface and the Fortran language, the computer will be easy to use.*

**Merci à :**

16 étudiants diplômés et à 7  
détenteurs d'une bourse de  
perfectionnement post-doctoral



Appuyé par :

CRSNG, FQRNT, CIAR,  
NanoQuébec

FCI, IBM, U. Basel, Génome Québec,

IRSC, bourse James McGill