

# Objectifs du MASTER PSM / Parcours MF

- **Produire des cadres de haut niveau** ayant acquis une formation de base pluridisciplinaire et qui maîtrisent parfaitement les aspects scientifiques et technologiques de l'élaboration, de la mise en œuvre, de la caractérisation high-tech, du contrôle et du suivi des matériaux fonctionnels avec une ouverture sur leurs applications.
- **Préparer les étudiants :**
  - à effectuer une thèse dans laboratoire local, national ou international
  - au recrutement dans le **monde académique ou dans le milieu industriel**, sur des **fonctions de chef de projet ou d'ingénieur d'étude**.

## Secteurs d'activités

Tous les secteurs d'activités liés

- **aux matériaux fonctionnels** : aéronautique, aérospatiale (systèmes embarqués), photovoltaïque, actuateurs (magnétisme, ...), matériaux innovants, R&D.

## Première année (M1)

### S1 :

Culture générale : 4 ECTS

Harmonisation : 8 ECTS

Techniques numériques : 6 ECTS

Méthodes de caractérisations et de mesures : 6 ECTS

Propriétés mécaniques, électromagnétiques et photoniques de la matière : 6 ECTS

### S2 :

Culture générale : 4 ECTS

Introduction aux nanotechnologies et à la micromécanique : 4 ECTS

Modélisation et expérimentation en physique et mécanique : 6 ECTS

**Suivant le M2 envisagé, l'étudiant suit 4 UE dans la liste suivante (4ECTS par UE) :**

	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
<b>Photonique et nanotechnologies</b>	Optique et lasers	Physique des composants	Mécanique quantique	Traitement du signal (CNAM)
<b>Modélisation et simulations en mécanique</b>	Modélisation numérique multiphysique	Comportement des matériaux	Modélisation et simulation des structures élastiques	Modélisation et simulation des structures inélastiques
<b>Matériaux de structure</b>	Tribologie et traitements thermo-mécaniques (SupMéca)	Comportement des matériaux	Choix des matériaux pour les matériaux de structure (SupMéca)	Caractérisation avancée des matériaux
<b>Matériaux fonctionnels</b>	Modélisation numérique multiphysique	Physique des composants	Matière condensée	Caractérisation avancée des matériaux



# M2: Matériaux fonctionnels

Convention avec l'Université Paris Diderot (Paris 7)

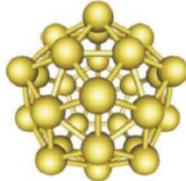
- **Culture générale : 4 ECTS**
- **Procédés et matériaux avancés et leurs applications : 4 ECTS**
- **Simulations, modélisations et applications aux matériaux : 4 ECTS**  
Cours communs MS et MF
- **Propriétés multi-échelles : 4 ECTS**  
Cours commun (MS, MF, MSM)
- **Imaging of nano-objects : 3 ECTS (UP7)**
- **Nanomaterials for nanomedecine : 2 ECTS (UP7)**
- **Magnétisme et Propriétés Electromagnétiques : 6 ECTS (UP13)**
- **Spintronique et nanophotonique : 3 ECTS (UP13)**

# Classes de Nanomatériaux

0-D



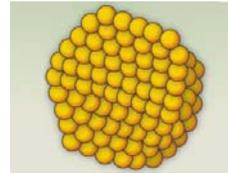
$C_{60}$



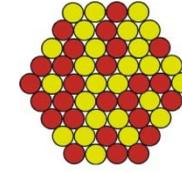
$Au_{32}$

## Nanoclusters

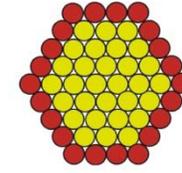
Nombre magique d'atomes  
< 1 nm size



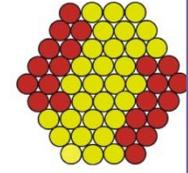
nanoparticle



Alloy



Core-Shell

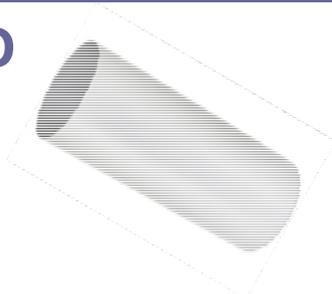


Cluster-in-Cluster

## Nanoparticules

100-1000's atoms  
< 100 nm size

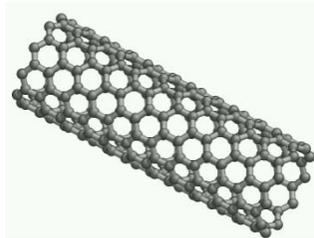
1-D



## Nanofils

Cylindres pleins

Diamètre < 100 nm

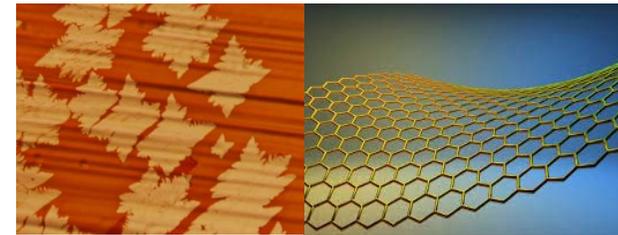


## Nanotubes

Cylindres creux

Longueur jusqu'à 1 mm

2-D

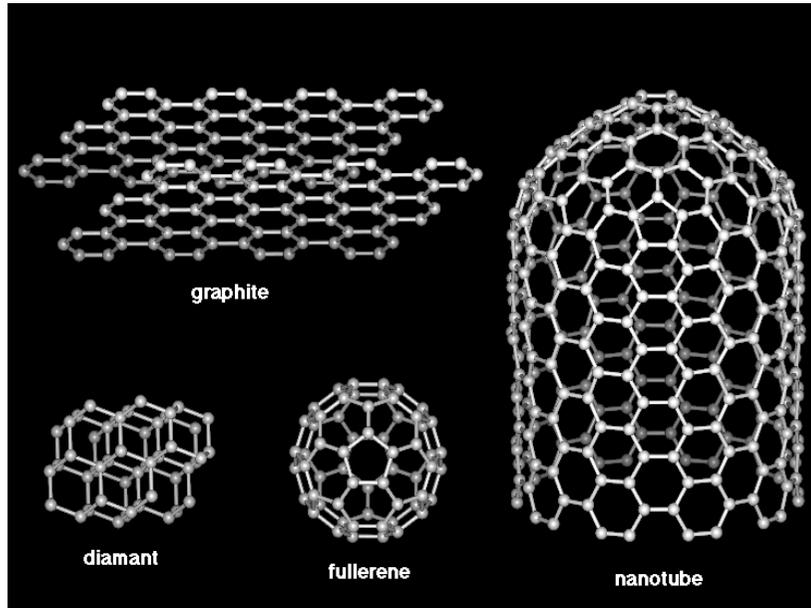


## Graphène

~1 atom thick



# Nanomatériaux à base de Carbone



## Plan du cours

Structures (chiralité, hybridation, polymorphisme du carbone)

Synthèse et mécanismes de croissance des nanotubes du diamant polycristallin, monocristallin et nanocristallin (arc, ablation laser, CVD)

Applications

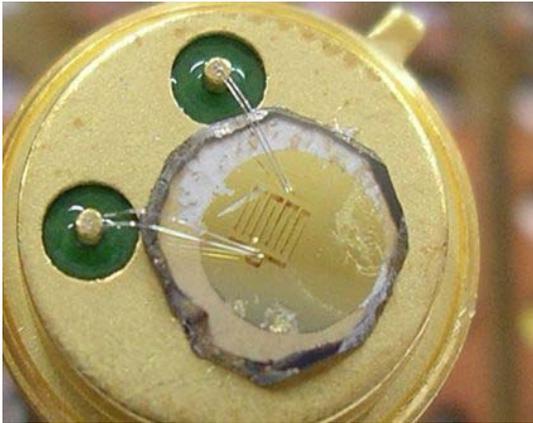
## Travaux Pratiques

-Elaboration et études des propriétés d'un film polycristallin de diamant

-(caracterisations in et ex situ)

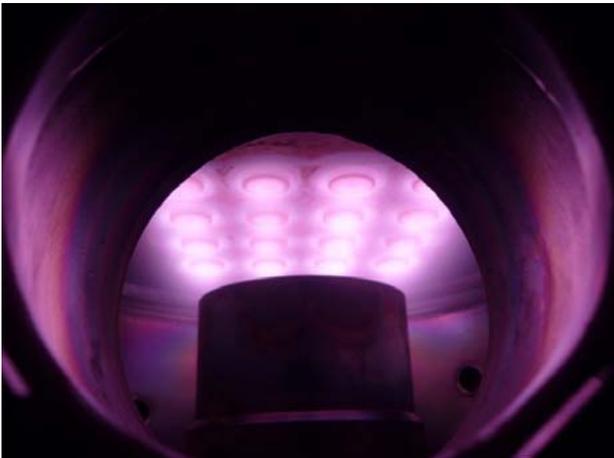
-Etude Raman et MEB FEG de nanotubes élaborés par arc et CVD

# Couches minces



## Cours

- Propriétés et applications des couches minces
- Mécanismes de croissance
- Techniques de caractérisation in situ et ex situ
- Bases physiques et chimiques de l'élaboration des couches minces
- Plasmas et décharges électriques dans les gaz
- Sources et réacteurs plasmas
- Procédés physiques d'élaboration des couches minces
- Procédés chimiques d'élaboration des couches minces



## TP

Synthèse d'un film de diamant nanocristallin : procédé de croissance et caractérisation

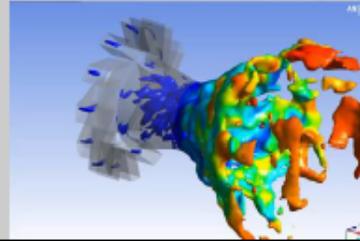
# Logiciels de simulation

**ANSYS**

## Reaction Design Complements ANSYS CFD

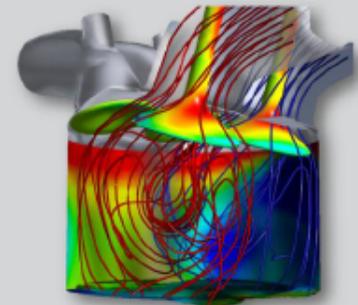
### **ANSYS CFD**

- Flow simulation (Turbulent flows, steady/unsteady)
- Solid or liquid fuels (droplet, coal particles, etc.)
- Full range of combustion capabilities (premixed, partially premixed, non-premixed)
- Pollutant modeling
- Radiation modeling
- Real Gas modeling



### **FORTÉ CFD**

- IC Engine 3-D Simulation



### **CHEMKIN-CFD/API**

- Advanced chemistry computation for use in CFD

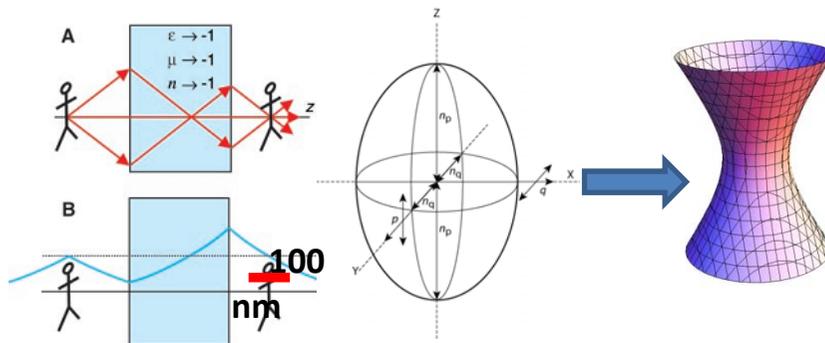
### **CHEMKIN-PRO**

- Advanced chemistry for 0-D, 1-D reactor and flames (flame speeds, flamelets)

# Magnétisme des couches minces et nanobjets

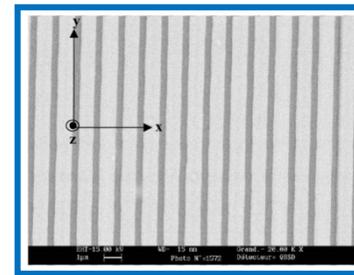
## Propriétés Electromagnétiques (é/m) des Matériaux.

- **Comportement ondulatoire** des ondes électromagnétiques (é/m) dans divers matériaux : effet de peau et plasmonique dans des métaux.
- **Applications:** nos portables et les radars de contrôle routier.
- Partie finale du cours : les **métamatériaux**: matériaux artificiels, comme en « science fiction », sont capables de transformer une simple lame en une lentille hyper-efficace (réfraction négative), rendre la vitesse de la lumière égale à zéro (milieux hyperboliques) et les objets invisibles (l'effet « cloaking »)...

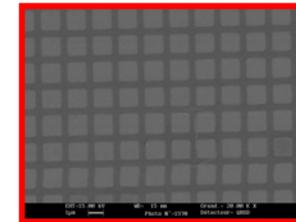


## Magnétisme des matériaux

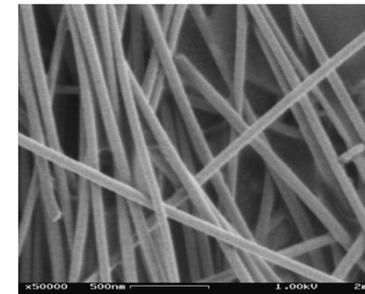
- Concepts de base du magnétisme dans les matériaux
- Familles des matériaux magnétiques
- Propriétés Magnétiques et Applications
- Effets de taille: important dans le contexte de la miniaturisation des dispositifs



pistes



plots

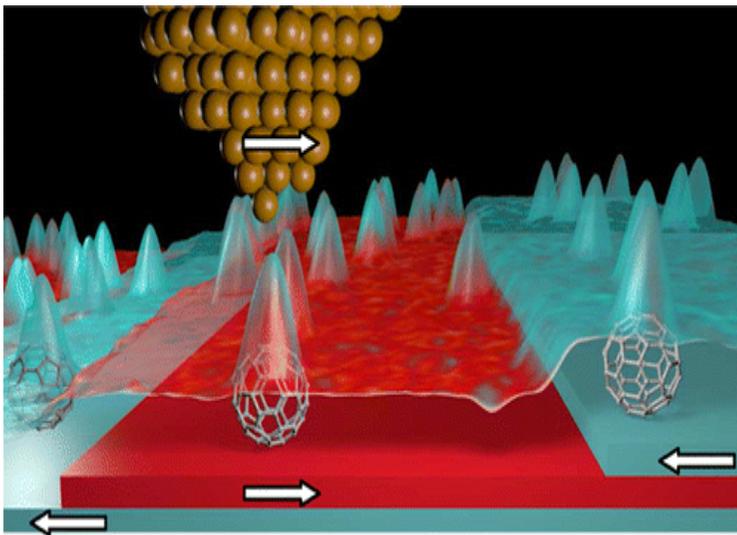


nanofils

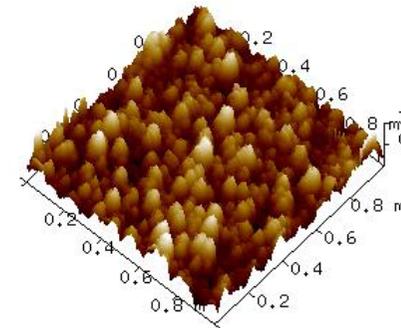
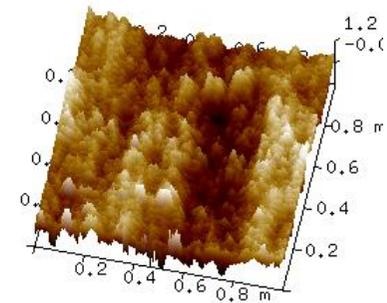
# Imagerie de nanobjets par Microscopies en champ proche

## Microscopies à force atomique, à force magnétique, à effet tunnel : Université Paris Diderot P7

Molécule unique sur une surface (effet tunnel)  
(ex.:  $C_{60}$ /Cr)

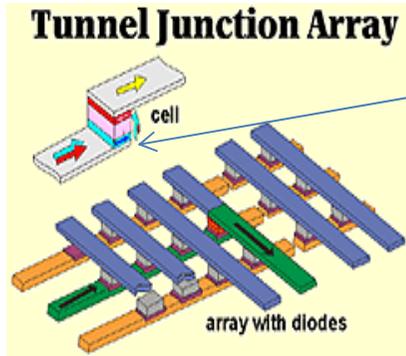


Rugosité d'une surface par AFM



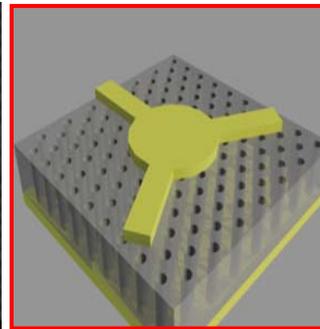
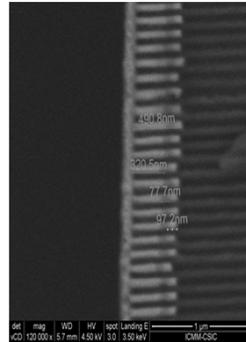
# Spintronique et Nanophotonique

## Matériaux magnétiques pour les applications en électronique de spin



chaque bit d'information est formé de deux couches magnétiques séparées par une couche non magnétique

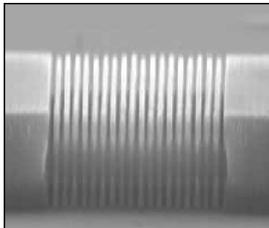
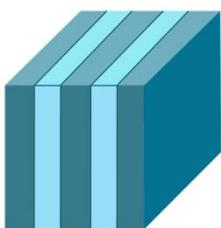
Enregistrement magnétique: Mémoires magnétiques à accès aléatoire (MRAM)



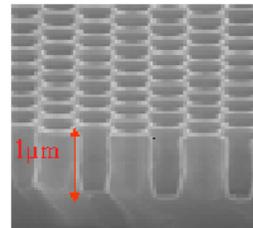
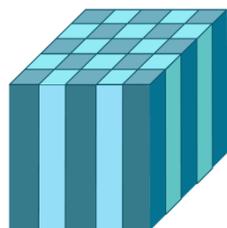
Circulateur microonde à base de nanofils magnétiques dans une matrice oxyde

## Cristaux photoniques pour des applications en optique non linéaire

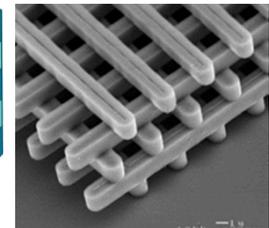
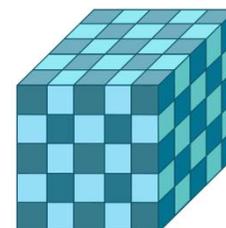
1D



2D

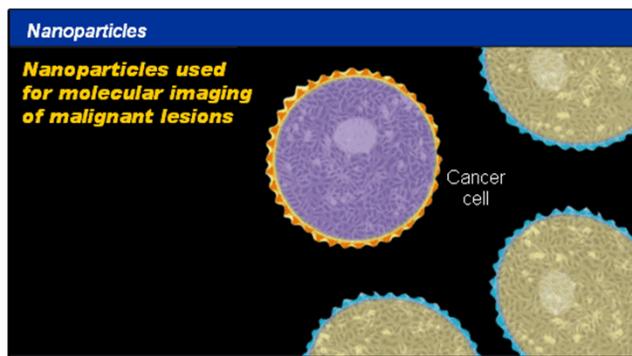


3D

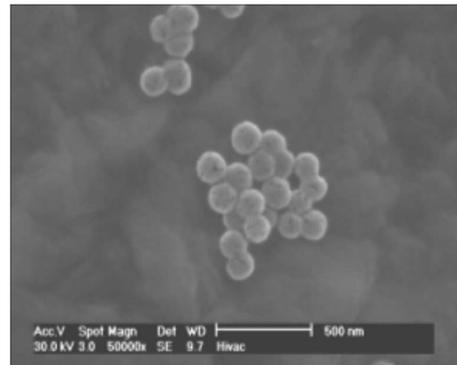


# Nanomatériaux pour la Nanomédecine

## Université Paris Diderot: Paris 7



Nanoparticules fonctionnalisées pour l'imagerie de lésions cancéreuses



Nanobilles pour des applications en thérapie photothermique



Nanotubes de carbone pour la délivrance localisée d'un médicament encapsulé

# Diamant et Nanotubes

Alix Gicquel et Samir Farhat

## **Plan du cours**

Structures (chiralité, hybridation, polymorphisme du carbone)

Synthèse et mécanismes de croissance des nanotubes du diamant polycristallin, monocristallin et nanocristallin (arc, ablation laser, CVD)

Applications

## **Travaux Pratiques**

-Elaboration et études des propriétés d'un film polycristallin de diamant

-(caractérisations in et ex situ)

-Etude Raman et MEB FEG de nanotubes élaborés par arc et CVD