

“Sur la route  
des **NANOTECHNOLOGIES**”

**UB**  
UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE

MOYENS ET FINANCEMENTS

PAGE 3

VOIR ET CONCEVOIR  
À L'ÉCHELLE DU NANOMÈTRE

PAGE 4

MASTER EN NANOTECHNOLOGIES  
ET NANOBIOSCIENCES

PAGE 5

AUTOUR D'ARCEN  
LE PARCOURS DES NANOTECHNOLOGIES

LE DÉPARTEMENT NANOSCIENCE  
DU LABORATOIRE ICB

PAGES 6 ET 7

VERS UN PÔLE NANOBIOSCIENCE  
SUR LE CAMPUS

PAGE 8

## ARCEN,

### LA PLATE-FORME D'APPLICATIONS, DE RECHERCHE ET DE CARACTÉRISATION À L'ÉCHELLE NANOMÉTRIQUE

Le développement des nanosciences et nanotechnologies à l'uB est le fruit d'une stratégie continue d'investissements, soutenue principalement par le Conseil Régional de Bourgogne et le CPER. Un jalon majeur de cette stratégie est le bâtiment de la plate-forme technologique ARCEN (Applications, Recherches et Caractérisation à l'Echelle Nanométrique) inauguré en 2009. Adossé à l'UMR CNRS 5209 «Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne» (ICB) et plateau technique de la FR 2604 (FRM3) Mathématiques, Matière, Matériaux et appuyé par le CNRS et le CEA, le projet ARCEN a doté le campus de l'uB à Dijon d'une part de moyens très performants de caractérisation de la matière condensée et d'autre part de capacités autonomes de micro/nano-fabrication.

## HISTORIQUE

La réflexion lancée en octobre 1998 pour un « pôle bourguignon de microscopie » intéresse le CEA qui s'engage en novembre 1999. Le projet devenant plus explicitement dédié à l'échelle nanométrique (nanotechnologie pour les applications en optique, physicochimie et biologie) est inscrit au CPER 2001-2006. La Région prend la maîtrise d'ouvrage. L'architecte est désigné (Cabinet Bethgnies) en avril 2004. Suite à plusieurs appels d'offres infructueux, les travaux ne débutent finalement qu'en avril 2007.



### LE BÂTIMENT

Le coût global de l'infrastructure est de 2,44 M€ (financement CPER Région) (initialement : 1,43M€), pour une surface SHON de 1000 m<sup>2</sup> (485 m<sup>2</sup> utiles, compte tenu d'espaces techniques nécessaires), répartie entre la nanocaractérisation et les nanotechnologies. Les crédits d'équipements pour le bâtiment se montent à environ 0,6 M€ (CRB).

### LES ÉQUIPEMENTS

La plate-forme est en liaison directe avec l'aile de Physique de la Faculté des Sciences Mirande. Elle est construite sur un seul étage, partiellement enterré pour garantir la stabilité mécanique des appareillages (anti-vibration) et isolé pour la stabilité électromagnétique. Une salle blanche permet des fabrications dans un environnement contrôlé de propreté.

La plate-forme est dotée d'équipements mi-lourds dédiés aux nanosciences :

- en 2002 : un microscope électronique à balayage (MEB-FEG), pour la lithographie et les nanofabrications : 305 K€ (CPER – CEA),
- en 2005 : un microscope électronique en transmission à haut tilt (MET-LaB<sub>6</sub>-HT : JEOL – JEM 2100) : 250 K€ (CRB et CNRS), (grandissement maximal x1,2 million, résolution point à point 0,25 nm), doté de l'analyse chimique par EDS : 82 K€ (CRB, CEA et CNRS)
- en 2006 : un microscope électronique en transmission, à haute résolution (MET-FEG-UHR : JEOL – JEM 2100 F) : 820 K€ (CPER et CEA), (grandissement x1,5 million, résolution

- point à point 0,12 nm), doté de l'analyse chimique par EELS (GATAN – GIF Triditem) : 424 K€ (CPER, autofinancement),
- en 2008 un microscope à champ proche (AFM) : 185 K€ (CPER Etat),
- en 2009 (acquisition en cours) : renouvellement d'un microscope électronique à balayage, par un appareil de nouvelle génération avec analyseurs chimiques (EDS, WDS, EBSD) : 760 K€ (CPER Etat-CRB, FEDER, CNRS, CEA), (grandissement maximal x1 million, résolution 0,8-1nm)

Coût total des équipements mi-lourds : 2,82M€ :

- Etat (DRRT) : 944 K€,
- Région : 815 K€,
- CEA : 415 K€,
- FEDER : 297 K€,
- Autofinancement uB et labos : 258 M€,
- CNRS : 100 K€.

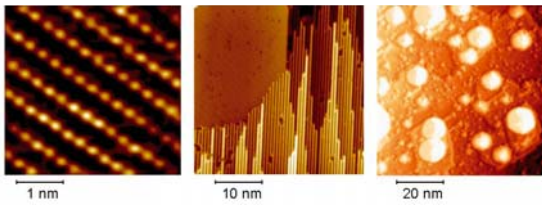
Des espaces sont réservés dans Arcen pour de prochaines acquisitions.

### LES MOYENS HUMAINS

Des ressources humaines ont été également affectées à cette plate-forme :

- pour les nanocaractérisations : 1 ingénieur d'études (uB) et 1 ingénieur de recherche (uB),
- pour les nanofabrications : 1 ingénieur de recherche (CNRS), 1 assistant-ingénieur (CNRS) et 1 ingénieur d'études (uB).

Plusieurs recrutements d'enseignants-chercheurs ou chercheurs se sont concrétisés sur des profils associés aux capacités de la plate-forme : 2 MCF (uB) et 2 CR (CNRS).



## VOIR ET CONCEVOIR À L'ECHELLE DU NANOMÈTRE

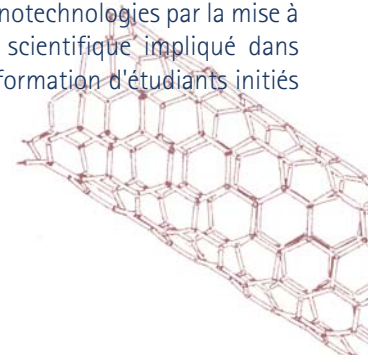
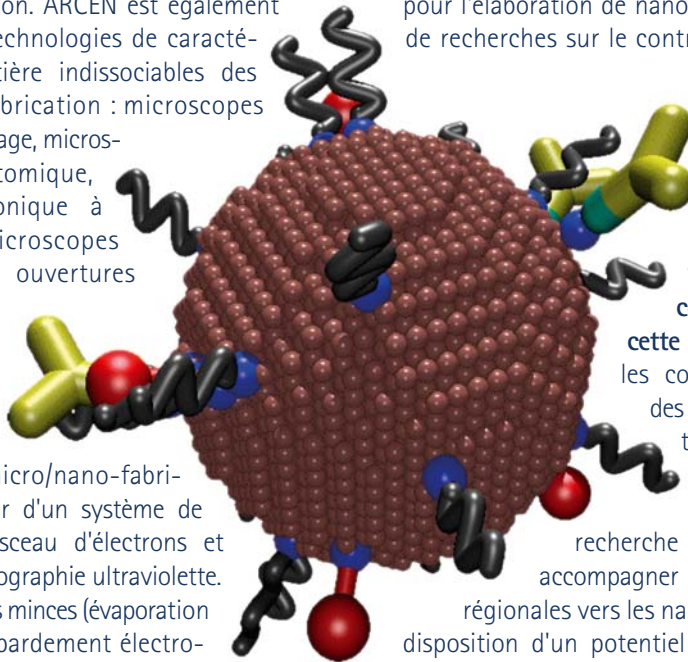
Les microscopes électroniques à transmission (MET) et à balayage (MEB) à très hautes performances forment le coeur du dispositif de caractérisation de la matière à très haute résolution. ARCEN est également équipé des autres technologies de caractérisation de la matière indissociables des méthodes de nanofabrication : microscopes électroniques à balayage, microscopes à force atomique, microscope électronique à effet tunnel, microscopes optiques à hautes ouvertures numériques et microscopes optiques de champ proche à balayage.

La technologie de micro/nano-fabrication gravite autour d'un système de lithographie par faisceau d'électrons et d'un dispositif de lithographie ultraviolette. Des dépôts de couches minces (évaporation thermique, par bombardement électronique, pulvérisation cathodique à magnétron, déposition moléculaire en phase vapeur et épitaxie par jet moléculaire) ainsi que des chambres de gravure

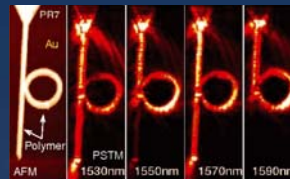
ionique réactive constituent les autres éléments de la chaîne technologique. L'activité de nanofabrication est principalement centrée sur la mise au point de procédures pour l'élaboration de nanostructures utiles aux projets de recherches sur le contrôle des processus optiques à l'échelle sub-longueur d'onde et aux applications de type nanocapteurs chimiques ou biologiques.

**Offrant les moyens de voir au nanomètre pour concevoir des applications à cette échelle,** ARCEN réunit ainsi les conditions du développement des nanosciences et des nanotechnologies en Bourgogne.

En plus de l'établissement d'un contexte favorable à la recherche scientifique, ARCEN pourra accompagner l'évolution des industries régionales vers les nanotechnologies par la mise à disposition d'un potentiel scientifique impliqué dans les nanosciences et par la formation d'étudiants initiés aux nanotechnologies.



ARCEN est en effet la structure d'accueil des activités pratiques des étudiants du Master en Nanotechnologies et Nanobiosciences de l'uB dont la pluridisciplinarité constitue l'une des principales originalités. La formation couvre tant les aspects fondamentaux des nanosciences (physique, chimie, biophysique) que les aspects pratiques des méthodes de caractérisation ou de micro/nano-fabrication. Au cours de leurs stages, les étudiants participent aux développements d'applications utiles aux domaines de l'opto-électronique, de la chimie, des matériaux, de la biologie, de la pharmacie ou de la médecine.



### AUTOUR D'ARCEN

## LE PARCOURS DES NANOTECHNOLOGIES

La dynamique engagée dans les études de Nanoscience trouve également à se concrétiser dans d'autres secteurs scientifiques et innovants. Ainsi a été conçu un espace plus global, au rez de jardin des ailes C et D de la Faculté des Sciences, dédié au nanoscience,

- une salle d'accueil des chercheurs extérieurs, venus pour des campagnes d'expérimentations, est en cours de réalisation à proximité immédiate et en lien direct avec ARCEN
- un équipement de microscopie à effet tunnel à température variable (STM) doté d'un ensemble de préparations et de caractérisations de surface associé à un dispositif d'épitaxie pour des synthèses nouvelles d'édifices nanostructurés (bottom-up, lithographie électronique)

- le renouvellement d'une installation de spectrométrie par un système couplé de spectrométrie de photoélectrons (XPS) et d'électrons Auger à balayage (SAM) à haute résolution.

- une presse de frittage SPS (Spark Plasma Sintering) est en cours d'installation. Elle vise à développer des recherches, des innovations et des transferts sur différents matériaux denses et nanostructurés (métaux et céramique – partenariat avec uB filiale).

Enfin a été installé dans un local du laboratoire ICB, un pilote mis à disposition, par convention avec l'uB, de la jeune entreprise NAXAGORAS-Technology (spin off), créée par un docteur de l'uB, pour développer et commercialiser des bases actives nanométriques.

Ce département scientifique de l'UMR 5209 – ICB rassemble une grande part des activités dédiées aux nanosciences sur le campus de Dijon.

Il compte actuellement 37 enseignants-chercheurs, chercheurs CNRS et ingénieurs, techniciens, et de l'ordre de 40 personnels temporaires (thésards, CDD, post-doc, invités étrangers).

Sa contribution n'épuise pas les approches de nanoscience faites dans les autres départements de l'ICB (IRM (*consortium européen NaNoCem : Nanoscale Research on Cement and Concrete*) – OMR (optique à champ proche)) ou d'autres laboratoires (ICMUB notamment).

#### LA NANOPHOTONIQUE

L'optique exploitant les plasmons de surface, dite aussi plasmonique, est une des activités majeures mise en oeuvre dans ARCEN, par l'équipe Optique Submicronique et Nanocapteurs (OSNC).

De 2004 à 2008, le réseau d'excellence (*Network of Excellence, NoE*) *FP6-IST-NoE Plasm Nano-Devices* était coordonné par l'uB. Il a rassemblé des équipes de recherche de 17 instituts. Il s'agit de tester la faisabilité des dispositifs optiques miniaturisés exploitant des plasmons de surface. De tels composants sont utiles aux technologies de l'information et au développement de nouveaux types de capteurs chimiques ou biologiques.

#### *Plusieurs projets européens font suite à ce réseau*

- *FP7-ERA-Nanosci+ E2-Plas*. De 2009 à 2012, E2-Plas explore des phénomènes fondamentaux afin d'exciter des plasmons de surfaces à l'aide d'électrons émis par un nanotube de carbone isolé.
- *FP6-ICT-STREP Plasmocom*. De 2006 à 2010, Plasmocom a développé des composants photoniques miniaturisés dont les éléments de base sont des structures en polymère déposés sur des films métalliques.
- *FP7-IST-STREP PLATON*. De 2010 à 2012, PLATON tente l'intégration de la technologie plasmonique et de la technologie photonique-silicium aux fins d'applications de routage de signaux à la cadence Terabit/seconde dans des interconnexions optiques.
- *FP7-IST-STREP SPEDOC*. De 2010 à 2012, SPEDOC tente d'appliquer les progrès de la plasmonique à une stratégie de détection de protéines identifiées comme cruciales en oncologie. SPEDOC contribue au développement d'un projet intégré associant les secteurs « Santé » et « Sciences de la Matière » sur le Campus de l'uB.

## LES NANOCAPTEURS

Des techniques de nanofabrication par lithographies UV et par faisceau d'électrons, diverses applications sont élaborées dans des domaines pluridisciplinaires que sont l'optique atomique, la biophysique et la physico-chimie des surfaces. L'orientation principale imprimée aux applications concerne cependant le développement de nanocapteurs. Dans ce contexte, divers contrats de recherche et Action Concertées Incitatives (ACI) initiées par le MENRT ont été exécutés ou sont encore en cours :

- nanocapteurs spécifiques à l'étude des ciments (Lafarge : contrat d'étude et bourse de thèse; projet CNRS sur les liants hydrauliques)
- nanocapteurs spécifiques aux problèmes de sécurité liés aux techniques de physique nucléaire (CEA Valduc : trois thèses et divers contrats d'études)
- nanocapteurs spécifiques à l'étude de produits pharmaceutiques (Glaxo-SmithKline : contrat d'étude et bourse de thèse)
- nanocapteurs spécifiques à la détection de protéines (ACI 2003).



## LES NANOMATÉRIAUX

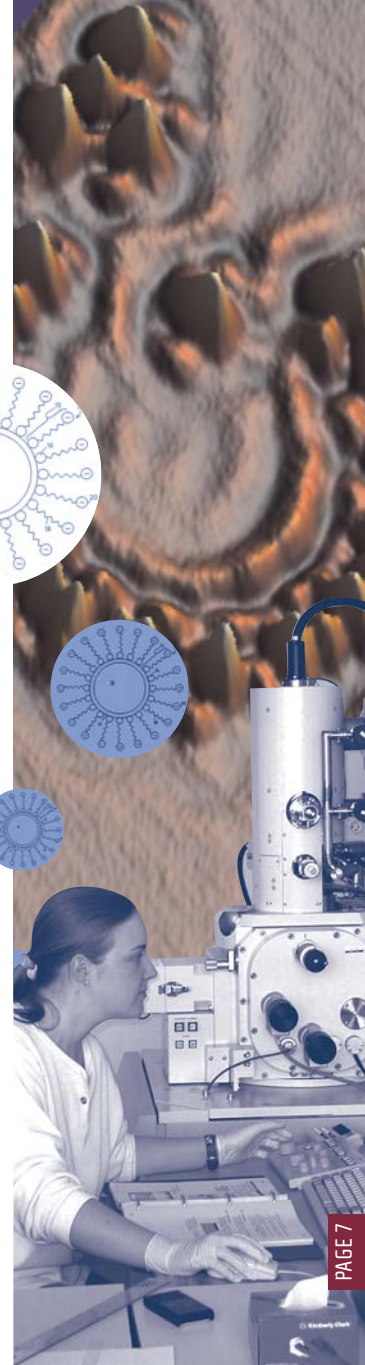
■ Un des thèmes porte sur l'étude de phénomène à l'interface de nano-objets, l'étude des mécanismes de consolidation et de croissance des grains lors d'un frittage flash et de l'influence de la nanostructure sur les propriétés physicochimique (équipe MaNaPI). Applications à la santé, à l'énergie, à la métallurgie.

■ Réacteur microondes et nanomatériaux pour l'énergétique et l'environnement, caractérisation des propriétés diélectriques des matériaux, nanosiffers électromagnétiques, élaboration de nanomatériaux (oxydes et métaux, sols et poudres), nano matériaux hybrides, nanocouches sur substrats par dip- et spin-coating (équipes GERM).

■ La recherche sur la réactivité métal-oxyde amène à l'obtention et à l'analyse des nanostructures supportées par les surfaces ainsi que de couches ultraminces ou minces (équipe SIOM).

Ainsi le domaine des films nanométriques conduit à des recherches sur la réactivité notamment les propriétés catalytiques et de capteurs de gaz (*projet européen FP6 – STREP Nanostructure for Chemical Sensors*) ou à des études sur l'élaboration de films minces d'oxyde ou d'oxynitride de titane à fort potentiel technologique.

Une restructuration des locaux prévue dans le cadre des projets de « Campus Innovant » va prochainement être engagée pour rapprocher les équipes de nanosciences de la plateforme ARCEN.





## VERS UN PÔLE NANOBIOSCIENCE SUR LE CAMPUS

Dès à présent se concrétisent les activités de caractérisation et de fabrication à l'échelle nanométrique ainsi que des activités de recherche et de production de particules nanométriques par un projet scientifique et technique de haut niveau dans le domaine des nanosciences appliquées au domaine bio-médical. Il s'agit ici de créer une synergie avec les laboratoires de recherches du secteur bio-médical fortement représentés sur le campus de l'uB dont les axes se déclinent comme suit :

- Développement de nouvelles générations de capteurs miniaturisés pour le diagnostic médical ou la détection de produits toxiques.
  - Développement de nouvelles stratégies de traitement médical ou de désintoxication à l'aide de nanoparticules fonctionnalisées.
- Le terrain est particulièrement propice à l'établissement de projets intégrés entre les secteurs nanosciences et bio-médical de l'uB.

### STRATÉGIE NATIONALE DE RECHERCHE ET D'INNOVATION

*"Réussir la 4<sup>e</sup> révolution industrielle, la révolution des nanotechnologies aussi bien dans les domaines de l'électronique, des matériaux, des technologies pour la santé que des énergies renouvelables."*

*document stratégique présenté par Valérie Pécresse en juillet 2009.*

### CONTACTS

**Gilles BERTRAND**

Directeur du Laboratoire ICB et de la FR2604  
gilles.bertrand@u-bourgogne.fr

**Alain DEREUX et Sylvie BOURGEOIS**

alain.dereux@u-bourgogne.fr  
sylvie.bourgeois@u-bourgogne.fr  
Coresponsables du Département Nanosciences ICB

**Vincent VIGNAL**

Responsable du Département DAI - ICB  
vincent.vignal@u-bourgogne.fr