

# Nanosciences et chimie inorganique moléculaire dans l'enseignement supérieur

## L'exemple de l'université Pierre et Marie Curie

Émérence Marcoux

A l'université Pierre et Marie Curie (UPMC, Paris 6), une trentaine d'étudiants ont suivi en 2005 des unités d'enseignement traitant de chimie inorganique moléculaire et de nanosciences. Quelle place ces enseignements y occupent-ils et quel avenir pour ces étudiants ? Anna Proust et Jean-Pierre Jolivet, enseignants-chercheurs, répondent aux questions d'Émérence Marcoux.

### **Pouvez-vous me présenter la spécialité Molécules et matériaux inorganiques dont vous vous occupez ?**

**AP :** Elle intervient lors de la 2<sup>e</sup> année du Master de Sciences et Technologies, mention chimie de Paris 6, regroupant environ 250 étudiants l'année passée (pour l'ensemble des spécialités). C'est en quelque sorte l'adaptation du DEA de Chimie inorganique, mais les programmes ont tout de même évolué avec la mise en place du LMD. Nous y avons notamment intégré un enseignement de catalyse. Nous désirons donner à nos étudiants une idée de la nature de la chimie inorganique, de la molécule aux propriétés de volume. Nous traitons des nanomatériaux à travers les unités d'enseignement (UE) *Matériaux moléculaires et Nanomatériaux et matériaux hybrides*. Nous avons prévu un certain nombre de parcours à l'interface des autres spécialités où l'UE *Nanomatériaux et matériaux hybrides* constitue une interface, en particulier avec la mention physique.

### **Les UE dont vous parlez étaient-elles déjà présentes dans le DEA de Chimie inorganique ?**



**Jean-Pierre Jolivet**, professeur à l'UPMC, est responsable de l'unité d'enseignement *Nanomatériaux et matériaux hybrides* et dirige l'École doctorale Physique et chimie des matériaux. **Anna Proust**, elle aussi professeur à l'UPMC, est responsable de la spécialité *Molécules et matériaux inorganiques* en 2<sup>e</sup> année de Master de chimie à Paris 6 (<http://www.master.chimie.upmc.fr>).

**JPJ :** Elles y étaient dans leur totalité. Nous les avons aménagées dans le contexte du LMD.

### **Pourquoi avez-vous choisi de les y intégrer ?**

**JPJ :** Parce qu'il s'agit d'une question incontournable. A l'heure actuelle, on parle beaucoup de nanosciences, de nanomatériaux. Mais ce n'est pas une création récente ! Pour ma part, ce que je fais a toujours tourné autour des nanoparticules. On les utilise d'ailleurs depuis les temps les plus anciens. Les Égyptiens fabriquaient déjà leur encre en travaillant avec des particules de carbone de taille nanométrique, le noir de fumée mélangé avec de la gomme arabique, pour stabiliser les suspensions dans l'eau. Par ailleurs, la chimie colloïdale est apparue depuis longtemps et elle s'intéressait déjà à des objets de taille nanométrique. L'effet de mode entourant le monde du nano fait qu'aujourd'hui, on peut voir exprimée en nanomètres la taille de particules microniques pour laisser entendre qu'il s'agit de nanomatériaux, alors que celles-ci peuvent atteindre quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres. A ce stade, cela n'a vraiment plus rien à voir avec le domaine nanométrique car toutes les caractéristiques sont déjà celles du matériau massif ! La vraie nouveauté, ce sont en fait les propriétés spécifiques mises en évidence et les applications dans divers domaines, en électronique et en optique par exemple, bref, dans les domaines où la diminution de la taille des objets apporte effectivement un comportement particulier. Dans le cas des matériaux magnétiques, on recherche des densités de stockage de plus en plus importantes, mais on ne peut pas descendre en dessous d'une certaine taille de par, justement, l'existence d'effets liés aux propriétés nanométriques. Les phénomènes de relaxation de l'aimantation peuvent conduire à la perte de l'information. Ces propriétés peuvent donc dans certains cas nous avantager, et dans d'autres nous pénaliser.

### **Une formation initiale primant dans la sélection des étudiants**

### **Ce sont donc ces nouveautés qui ont provoqué l'engouement autour des nanosciences ?**

**JPJ :** Oui. L'industrialisation et son aspect emblématique ont joué aussi leurs rôles. Par exemple, les nanotubes de

carbone : ils ont fait beaucoup de bruit lors de leur arrivée dans le monde scientifique, puis ont été connus du grand public par les médias. Ce n'est donc pas la découverte, mais l'exploitation des nanosciences qui est nouvelle.

**AP :** Cela vient aussi du fait que les techniques de caractérisation ont évolué, et notamment les microscopies. On s'intéresse de plus en plus à l'adressage ou à l'utilisation d'une molécule unique. Plutôt que d'observer les propriétés macroscopiques, on va étudier les propriétés d'une molécule que l'on pourra manipuler ou utiliser pour le stockage de l'information.

**JPJ :** D'où leur importance ! C'est l'évolution des techniques qui a permis de reconnaître des objets de cette dimension, avec en particulier la microscopie à champ proche, à force atomique (AFM), à effet tunnel...

#### **A quel type d'étudiants cette spécialité s'adresse-t-elle ?**

**AP :** Des étudiants y postulent après une 1<sup>ère</sup> année de Master de chimie, de Paris et d'ailleurs. En DEA, la démarche de l'étudiant s'effectuait en fin de maîtrise ; avec le LMD, elle s'effectue en 1<sup>ère</sup> année de Master avec un choix d'UE déterminantes pour la 2<sup>e</sup> année.

**JPJ :** Les étudiants qui s'inscrivent dans un Master Recherche ont en tête l'idée de préparer une thèse et d'entrer ensuite dans un organisme public ou dans une entreprise privée.

#### **Sur quels critères les choisissez-vous ?**

**AP :** Leur adéquation avec la formation proposée, et bien évidemment sur un certain nombre de prérequis en chimie inorganique leur permettant de suivre les enseignements. La formation initiale est donc importante. Sans parler de résultat scolaire, ce sont les choix antérieurs de l'étudiant qui priment.

#### **Un véritable travail de symbiose entre le chimiste et le physicien**

#### **Pour quelles raisons les étudiants décident-ils de s'orienter vers les nanosciences et la chimie inorganique moléculaire ?**

**AP :** Notre spécialité n'est pas une formation en chimie inorganique moléculaire et nanosciences, mais traite des matériaux inorganiques dans leur ensemble, des aspects moléculaires aux aspects de propriétés de volume, en passant par l'échelle intermédiaire, celle des nanomètres.

**JPJ :** Parce que c'est un domaine actuellement médiatisé et porteur dans lequel la chimie joue un rôle clé. Un enseignement basé uniquement sur les nanosciences relèverait davantage de la physique. Il en existe d'ailleurs un de ce type dans la spécialité de Master Physique *Science des matériaux et nano-objets* à l'UPMC.

#### **Et vous êtes en interaction avec eux ?**

**JPJ :** Effectivement. Ces deux spécialités de master forment des étudiants qui entrent dans la même école doctorale (Physique et chimie des matériaux, dirigée par Jean-Pierre Jolivet, ndlr). Dans le secteur de la recherche que les étudiants abordent durant leur doctorat, il existe de nombreuses et fructueuses collaborations avec des physiciens, en particulier ceux appartenant aux deux Instituts nouvellement créés à l'UPMC : l'Institut des Nanosciences de Paris<sup>1</sup> (INSP) et l'Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés (IMPMC).

#### **Quelques exemples d'autres formations abordant les nanosciences et la chimie inorganique moléculaire**

- Certificat d'université *Introduction aux nanotechnologies, élaboration de nano-objets*  
Université Joseph Fournier, Grenoble<sup>2</sup>  
[http://www.ujf-grenoble.fr/PHY/DOCT/cours\\_ed/CUnano.html](http://www.ujf-grenoble.fr/PHY/DOCT/cours_ed/CUnano.html)
- Master professionnel Sciences de la matière *Molécules, Matériaux, Surfaces (MMS), spécialité Surfaces, couches minces et nanomatériaux (SCMN)*  
Universités de Paris 7 et d'Évry, UFR de Chimie  
<http://www.sigu7.jussieu.fr/formation/Specialite.php?NS=669>
- Master recherche Chimie inorganique *Des nanosystèmes à la biologie*  
Faculté de sciences d'Orsay, cohabilitations : ENS Cachan, INSTN  
<http://www.u-psud.fr/Orsay/Formations.nsf/Entite/M2RChimieInorgaNanosystBio>
- Master recherche Chimie, *spécialité Chimie moléculaire et supramoléculaire*  
Université Louis Pasteur de Strasbourg  
[http://www-ulp.u-strasbg.fr/article.php/0/13/1-080-311-331/faculte-de-chimie#i\\_154318632\\_130](http://www-ulp.u-strasbg.fr/article.php/0/13/1-080-311-331/faculte-de-chimie#i_154318632_130)
- Master *Chimie et physico-chimie des matériaux* (UMII, ENSCM)  
École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier  
[http://www.enscm.fr/masters\\_recherche.htm#master3\\*](http://www.enscm.fr/masters_recherche.htm#master3*)
- Master recherche Sciences et Technologies *mention Chimie spécialités Chimie moléculaire*  
École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes  
<http://www.gaylussac.net/francais/fiches/ENSCR.htm>

#### **Avez-vous des étudiants de votre spécialité effectuant leur stage de Master à l'INSP ?**

**JPJ :** Ce n'est pas le cas, mais c'est tout à fait envisageable. A l'inverse, une étudiante de physique est venue faire un stage dans mon laboratoire cette année pour se familiariser avec les techniques d'élaboration de nanoparticules d'oxydes métalliques.

**AP :** Tout dépend des propositions de sujets de stages.

#### **Des étudiants au profil recherche, et des postes ouverts pour eux tant dans l'industrie que le public**

#### **Quel est l'avenir professionnel de ces étudiants ?**

**AP :** Ils ont un profil recherche et à côté des carrières académiques, les carrières de l'industrie leur sont ouvertes, comme des postes d'ingénieur R & D.

**JPJ :** Les thésards issus de notre laboratoire sont actuellement en poste aussi bien dans l'industrie que dans le secteur public (recherche et enseignement). Il faut préciser que le diplôme d'ingénieur de ces étudiants est très apprécié et ouvre des portes un peu plus grandes dans le secteur industriel.

#### **Comment voyez-vous leur arrivée sur le marché de l'emploi ?**

**JPJ :** Je suis à peu près convaincu que dans la spécialité qui nous intéresse, les matériaux, le problème de l'emploi ne se pose pas trop. Nous arrivons à placer convenablement nos docteurs car c'est vraisemblablement une des spécialités en sciences dures où les offres d'emploi sont les plus importantes.

#### **Un Master professionnel va-t-il voir le jour ?**

**AP :** Nous y avons songé. Deux interfaces sont envisageables : l'une avec les matériaux massifs concernant leurs propriétés physiques, et l'autre vers les matériaux

utilisés en catalyse pour leurs propriétés chimiques, vers la réactivité. Le Master professionnel pourrait se rapprocher de cette dernière, avec un enseignement tournant davantage autour de l'UE *Interface et catalyse*. Nous ne prévoyons pas sa mise en place pour la rentrée 2006.

**Parle-t-on de nanosciences et de chimie inorganique moléculaire dans les écoles d'ingénieurs ?**

**JPJ** : Dans toutes les formations au goût du jour, c'est incontournable, à des degrés et des aspects divers.

**« Il faudrait former des étudiants avec les deux facettes, physique et chimie. »**

**Quand on s'approche de l'échelle nano, la frontière avec la physique s'amenuise. Qu'en pensez-vous ?**

**AP** : Le problème le plus important, ce sont les nanosystèmes. Les chimistes les créent, mais ce sont les physiciens qui les étudient la plupart du temps. Nous devons donc travailler ensemble. Comme nous vous l'avons dit, nous accueillons des étudiants aux parcours partagés en physique. Des étudiants chimistes n'ont pas rejoint des UE de physique car, bien qu'il y ait eu des tentatives, ceux ayant fait l'expérience n'avaient pas acquis les bases nécessaires

pour suivre ce type d'enseignement. Nous avons donc deux soucis : la formation initiale et une séparation rapide entre la physique et la chimie.

**JPJ** : Il faudrait former des étudiants avec les deux facettes, physique et chimie. Ce n'est pas encore le cas, mais le Master est de toute façon susceptible d'évoluer. Selon moi, on ne peut pas continuer à former des gens avec une formation unique, monocolor, au moins dans le domaine des matériaux.

<sup>1</sup> En Ile-de-France, une action fédérative sur les nanosciences se met en place, autour des centres de compétences de la région (CNanoldF). On y retrouve cinq axes thématiques : trois de physique, un de biophysique et le dernier de chimie.

<sup>2</sup> Grenoble est le plus grand pôle de recherche sur les nanosciences en France avec l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG).



**Émérance Marcoux**

est journaliste scientifique à *L'Actualité Chimique*\*

\* 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris.  
Tél. : 01 40 46 71 64. Fax : 01 40 46 71 61.  
Courriel : marcoux@sfc.fr

**La verrerie hermétiquement étanche sans graisse et ultra propre**  
**Bagues d'étanchéité PTFE Glindemann®** 

Informations techniques : [www.glindemann.net](http://www.glindemann.net), Echantillons libres : [dglinde@aol.com](mailto:dglinde@aol.com).

Une alternative économique et étonnamment efficace aux manchons et bouchons en PTFE pour joints coniques en verre. Les fuites sont extraordinairement faibles : Taux de fuite d'air < 10<sup>-8</sup>...10<sup>-6</sup> mBar \* Litre / sec. Taux de fuite de solvant < 0.1...0.03 mg/jour. Température -200...+300 °C. Utiles pour le stockage hermétique de produits chimiques et d'échantillons dans des pots en verre ou bien des appareils. S'adaptent aux pinces en plastique pour joints. La verrerie chimique pharmaceutique et organo-métallique et l'échantillonnage de chimie environnementale sont quelques-unes des nombreuses applications.



50 bagues en PTFE sur un tube pour un joint de 29 mm.  
L'anneau ne se déforme pas et est réutilisable.  
Prix : environ 25 Euros par paquet de 50 bagues PTFE.

Distributeurs et numéros de catalogue : **(Aldrich, Carl Roth (Roth-Sochiel), Fisher Scientific, Quadrolab (Sodipro), VWR)**  
[www.glindemann.net](http://www.glindemann.net)  
GLINDEMANN cherche un distributeur français en France.

