
SCIENCES DES
MATÉRIAUX



SCIENCES DES MATÉRIAUX

Responsable
Thierry Gacoin
thierry.gacoin@
polytechnique.edu

Objectifs

Le monde des sciences des matériaux, un domaine éminemment pluridisciplinaire où la recherche fondamentale s'oriente en fonction des applications. La qualité et l'originalité d'un produit sont souvent liées aux matériaux qui le composent. La mise au point de matériaux aux propriétés nouvelles est donc un enjeu important, tant en termes économiques, que du point de vue de l'innovation ou d'un développement durable et maîtrisé. Une telle mise au point est de plus en plus associée à l'élaboration de systèmes complexes où les interactions entre structure et propriétés permettent d'obtenir des matériaux aux propriétés optimisées ou totalement nouvelles.

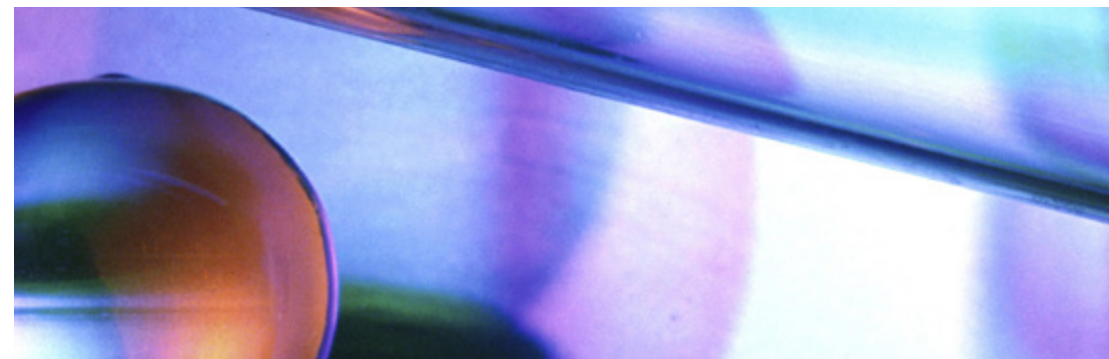
Le programme d'approfondissement en sciences des matériaux s'adresse donc à tous les élèves ingénieurs ayant décidé d'orienter leur carrière soit dans le monde industriel soit dans le monde académique en s'appuyant sur des connaissances techniques concernant les propriétés structurales et électroniques des matériaux ainsi que leur élaboration et leur caractérisation. Cette base technique largement pluridisciplinaire confère à cette formation une grande valeur ajoutée exploitable

dans la plupart des domaines de la haute technologie.

Pour tenir compte des ouvertures nécessaires sur les autres disciplines importantes pour les sciences des matériaux, le parcours chimie des matériaux propose avec de nombreux cours et des enseignements d'approfondissement en commun avec les départements de physique et de mécanique. Ce choix illustre à la fois l'importance des matériaux dans un grand nombre de débouchés, et la possibilité de construire un parcours diversifié mais cohérent.

Pendant la seconde période, plusieurs cours permettent la visite de centres industriels (recherche ou production). De même, plusieurs cours font participer des intervenants extérieurs en provenance du monde académique ou du monde industriel suivant leur domaine de spécialisation. Enfin, tant pendant la première période que pendant la seconde, plusieurs enseignements d'approfondissement ont une dimension expérimentale clairement affichée.

Pour les élèves souhaitant acquérir une double compétence élargie en physique et chimie des matériaux, des choix de cours



supplémentaires sont offerts en substitution au projet de 3e année.

Période 1

La première partie du programme d'approfondissement Sciences des Matériaux comprend des cours de base qui approfondissent des aspects de la chimie des matériaux introduits en année 2 (chimie de la matière condensée) et abordent de nouveaux aspects comme la physico-chimie de la matière molle, en particulier pour les systèmes présentant un grand rapport surface/volume. Un cours commun avec le parcours de chimie moléculaire est consacré à l'étude des moyens d'analyse comme la spectroscopie RMN et d'autres techniques permettant d'élucider la plupart des structures moléculaires ou condensées.

Dans le cadre des enseignements d'approfondissement, il est offert soit d'effectuer un projet expérimental (PREX), soit de découvrir différents aspects dans les domaines de la matière molle ou des maté-

riaux actifs ou fonctionnels à propriétés mécaniques ou physiques remarquables. Au cours du PREX, chaque élève effectue un travail de recherche avec un chercheur référent sur un thème de recherche en développement. Ce thème de recherche peut être issu d'une collaboration avec un partenaire industriel ou des thématiques de recherche du laboratoire concerné. Les approches projets sont également présentes dans les autres enseignements d'approfondissement.

Période 2

L'enseignement dispensé dans la deuxième période s'inscrit dans la suite logique de celui présenté au premier trimestre en ouvrant à différents domaines importants. Sont ainsi proposés un cours de chimie inorganique, introduisant aux briques de base présentes dans de nombreux matériaux ou nano-objets, un cours sur la chimie des polymères, un cours de chimie industriel présentant les différents procédés et techniques utilisées dans le monde de l'industrie chimique, ainsi



Technische Universiteit Delft

que des cours introduisant aux applications des matériaux dans les domaines de l'énergie et des nanomatériaux.

Dans le cadre des enseignements d'approfondissement, le module chimie aux frontières permet soit effectuer un PREX (sur le même principe qu'en première période), soit une recherche bibliographique en rapport avec un chercheur référent sur un domaine d'actualité.

Parmi les enseignements proposés figurent également un module d'introduction aux problématiques actuelles en sciences des matériaux (exposés d'orateurs invités) et un cours expérimental introduisant aux matériaux pour la conversion photovoltaïque de l'énergie.

Débouchés

En France

Ecoles:

Chimie ParisTech, ENSTA ParisTech (génie des procédés – environnement), IFP School (Advanced Technology in Petrochemicals – Polymers and Plastics), Mines ParisTech (développement industriel des procédés avancés)

Master 2

Dans le domaine de la science des matériaux:

- Sciences des Matériaux et Nano-Objets (SMNO) – Université Paris 6, l'ESPCI Chimie ParisTech et les écoles Normales Supérieures (Ulm et Cachan).
- Master Advanced Materials Engineering de Paris-Saclay

Dans le domaine de la chimie des matériaux:

- Chimie Inorganique – Molécules, Surfaces et Nano-objets, Master de Paris-Saclay.

Dans le domaine de la physique des matériaux (pour les élèves ayant acquis une compétence élargie en physique):

- Nanosciences – nanophysique/nanodispositifs, Master de Paris-Saclay
- ICFP – Concepts fondamentaux de la physique – Quantum physics: From atoms to solids, Master de Paris-Saclay/ENS

M2 (autres universités):

- Chimie des matériaux, chimie du solide, nanomatériaux, matériaux fonctionnels

A l'étranger

De nombreux programmes Masters sont accessibles dans différents domaines. Parfois, des compétences élargies sont nécessaires, notamment en physique. Des exemples représentatifs sont donnés ci-dessous:

- Material Science and Engineering: TU Delft (Pays Bas), Nanyang Technological University, National University Singapor (Singapour), EPFL (Suisse), Cambridge, Imperial College (Grande Bretagne), Berkeley, Cornell, Stanford, North Western University, MIT (USA)...
- Chemical Engineering: Caltech, Berkeley, Columbia (USA)
- Biomedical Engineering: Ecole Polytechnique de Montréal (Canada), Imperial College (Grande Bretagne), Berkeley (USA)

- Physics: FU Berlin, KIT, LMU Munich (Allemagne), ETH Zurich (Suisse)

Le programme d'approfondissement de chimie des matériaux vise, au delà d'une formation de base, à sensibiliser les élèves à des problématiques industrielles concrètes telles qu'abordées par des grandes entreprises, PME ou startups.

La Chaire Sciences des Matériaux et Surfaces Actives est une opération commune avec Saint-Gobain, entreprise de référence dans le domaine des matériaux au sens large (chimie, physique des matériaux, polymères, céramiques, verres, procédés, dispositifs en couches minces...). Les étudiants intéressés pourront bénéficier de bourses complémentaires pour partir en stage dans des laboratoires académiques à l'étranger, et avoir des contacts privilégiés avec des ingénieurs (rencontres, propositions de stage R&D, informations sur les carrières...).

Métiers

Ce programme vise à donner une culture de base dans le domaine des matériaux, et prépare à des carrières très diverses.

- Corps de l'État
- Cabinets de conseil et d'ingénierie
- Cadre de l'industrie, PME, grandes entreprises publiques ou privées
- R&D industrielle

- Entreprenariat, Start-ups
- Recherche académique en université et organismes de recherche fondamentale ou appliquée
- ...

Projet 3A

Les projets peuvent prendre des formes variées et seront discutés au cas par cas avec les élèves en fonction de leurs centres d'intérêt. Le but est que ceux-ci acquièrent des connaissances d'ouverture dans des domaines complémentaires à ceux abordés dans le cas du PA.

Les élèves peuvent proposer de suivre un EA ou un cours supplémentaire, ou bien aborder des techniques expérimentales dans le cadre de travaux expérimentaux encadrés dans un laboratoire. Certains élèves peuvent se voir proposer un projet en lien avec une problématique académique ou industrielle qu'ils pourront aborder un peu dans l'esprit de certains PSC.

Prérequis

CHI431 – Fondations de la chimie moléculaire et de la chimie des matériaux
ou
PHY430 – Physique quantique avancée.

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1*3 cours au choix*

- CHI551 – Chemistry and Magnetism: from MRI to quantum computers
- ou
- PHY552A Quantum physics of electrons in solids
- CHI554 – Oxide materials for emerging technologies
- PHY557 – Surfaces molles

1 EA au choix

- CHI572 – Experimental Project
- MEC576 – Design des technologies innovantes
- MEC577 – Milieux poreux
- PHY570 – Materials design

Périodes 1 et 2

- CHI512 – Projet de Sciences des matériaux

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 2*3 cours au choix*

- CHI562 – Advanced macromolecular engineering
- CHI564 – Chemical engineering
- CHI565 – Chemistry and Light: from electronic structure to sustainable energy
- PHY563 – Material science for energy conversion and storage
- PHY564B – Nanomaterials and electronic applications

1 EA au choix

- CHI583 – Frontiers in Chemistry
- MEC588 – Matériaux complexes
- MEC589 – Matériaux intelligents: modélisation multiéchelle et applications
- PHY582 – Current Trends in Materials Science
- PHY589 – Laboratory course in Photovoltaic

Période 3*Stage de recherche*

- CHI594 – Matériaux fonctionnels