

**IngÃ©nieur**

**IngÃ©nieur ESPCI**

**Langue du programme:** Français

## Objectifs:

L'ESPCI forme des ingénieurs possédant une large culture scientifique pour l'innovation et la recherche industrielles.

## Contenu:

Les deux premières années de l'École sont destinées à donner aux élèves une solide formation de base aussi bien en physique qu'en chimie et en biologie, et à acquérir la maîtrise des méthodes mathématiques, informatiques et numériques nécessaires à l'ingénieur.

La troisième année, qui est une année de perfectionnement, de stages industriels et de projets de recherche en laboratoire, débute par le stage industriel obligatoire, d'une durée de 4 à 6 mois, dans de grandes entreprises ou en PME/PMI. Plus de la moitié de ces stages se déroulent à l'étranger, dans les pays européens, mais aussi aux Etats-Unis, au Japon, en Australie. A leur retour de stage, les élèves choisissent entre trois dominantes physique, chimie ou physico-chimie. Au sein de chaque dominante, coexistent des cours communs et des cours à option, où un choix est offert (option I). Les cours d'option II, pour leur part, sont ouverts aux trois dominantes, et constituent souvent l'amorce d'une spécialisation. Les élèves mènent ensuite un projet de recherche individuel de 10 semaines à temps complet pratiquement dans un laboratoire de l'École.

En quatrième année, les élèves rejoignent les cursus universitaires classiques en France ou à l'étranger (masters, puis, éventuellement, thèse de doctorat) ou, encore, complètent leur formation dans diverses écoles d'application (masters pour ingénieurs). Cette année de spécialisation, avec une très large plage de choix possible, apporte une compétence dans un domaine particulier ou un complément de formation et peut être considérée comme un « sur-diplôme » très apprécié des futurs employeurs.

## Admission:

L'admission dans le cycle ingénieur se fait :

- par concours sur la filière PC des classes préparatoires (concours commun avec l'Ecole Polytechnique)
- par concours sur la filière BCPST des classes préparatoires
- sur titres (licence universitaire de sciences et technologie)

## Site spécifique de la formation

<http://www.espci.fr>

- [ESPCI 1<sup>ère</sup> année](#)
- [ESPCI 2<sup>ème</sup> année](#)
- [ESPCI 3<sup>ème</sup> année](#)
- [ESPCI 4<sup>ème</sup> année](#)

## Ingénieur

## ESPCI 1<sup>ère</sup> année

Langue du programme: Français

- Biochimie/Biologie cellulaire
- Physique Quantique
- Physique statistique appliquée
- Communication et relations sociales

Dernière mise à jour: mar. 15 novembre 2005

## BIO Biochimie/Biologie cellulaire

Cours : 24 h - Travaux dirigés : 8 h - Præceptorat : 8 h - Travaux pratiques : 38 h

Objectifs Notions de base de la biochimie, biologie moléculaire et cellulaire et des enjeux actuels de la recherche dans ces disciplines. Introduction aux principales classes de biomolécules (sucres, lipides, acides nucléiques et protéines), la catalyse biologique, la transduction des signaux, la transformation de l'énergie, le stockage et la réplication de l'information par les gènes, et comment les gènes codent pour les ARN (transcription) qui à leur tour codent pour les protéines (traduction). Introduction aux notions de mechanotransduction et son implication en ingénierie tissulaire.

Contenu

Biochimie

Biomolécules principales (sucres, lipides, acides nucléiques et protéines)

Catalyse biologique (enzymes)

Transduction des signaux

Transformation de l'énergie

Réplication de l'ADN, transcription et maturation de l'ARN et traduction des protéines

introduction à l'ADN recombinant et au séquençage de l'ADN

Biologie cellulaire

Evolution cellulaire

Procaryote/Eucaryote

Organisation cellulaire des eucaryotes

Propriétés des membranes biologiques

Compartmentation cellulaire

Trafic intracellulaire

Cytosquelette et mechanotransduction

Cellules souches et différenciation

Ingenierie cellulaire et tissulaire

Travaux dirigés Bioinformatique : banques de données, analyse séquence ADN et protéique.

Præceptorat Analyse d'article : dogme central de la biologie moléculaire / membranes / la cellule et son environnement / biotechnologies.

Travaux pratiques Clonage et expression du gène de la protéine fluorescente verte (GFP).

Niveau requis

Aucun.

## Modalités d'évaluation

Cours : examen écrit (questions cours + analyse article). TP compte-rendu d'expériences.

**Responsable :** Pascale Dupuis-Williams, Andrew Griffiths, Yann Verdier

**Précédent :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 78

**Crédits ECTS :** 6

**Dernière mise à jour :** mercredi 31 mai 2017

## PQ Physique Quantique

Cours : 25 h - Travaux dirigés : 7 h - Præceptorat : 8 h

Objectifs L'objectif de ce cours est d'introduire les principes fondamentaux de la physique quantique qui sont nécessaires pour comprendre les sciences et technologies modernes (science des matériaux, électronique, chimie des molécules, ingénierie quantique, nanotechnologies, photonique...). Le cours met l'accent sur la compréhension des concepts physiques tout en s'appuyant sur la dose nécessaire de formalisme mathématique essentielle à la maîtrise de la mécanique quantique. De nombreux exemples d'utilisation pratique de la mécanique quantique sont donnés pendant les cours et sont approfondis lors des séances de travaux dirigés et de præceptorats.

### Contenu

Introduction à la physique quantique

Mécanique Ondulatoire

Formalisme de la mécanique quantique

Les postulats de la mécanique quantique

Théories des perturbations stationnaires et dépendant du temps.

Oscillateur harmonique quantique

Moments cinétiques orbitaux et spins

Atome d'hydrogène

Addition de deux moments cinétiques

Statistiques quantiques

Travaux dirigés

Effet tunnel et états liés d'une particule

Opérateur Parité

La mesure en mécanique quantique

Oscillateur harmonique perturbé

Dynamique en référentiel tournant : Résonance Magnétique Nucléaire

Interaction entre deux spins

Additions de deux spins

Præceptorat

Les séances de præceptorat permettront d'aborder de nombreux domaines de la physique contemporaine (fondamentale ou appliquée) où la mécanique quantique joue un rôle majeur.

Dualité; "onde - corpuscule". Applications aux sondes de la matière et à l'optique atomique.

Centres colorés dans les cristaux ioniques (centres F).

Methode W.K.B.. Applications de l'effet tunnel et au modèle de Gamow de l'émission alpha.

Formation de l'Hydrogène moléculaire interstellaire.

Interaction de neutrons. Application de la rotation d'un spin et de l'effet gravitationnel.

Etats quantiques factorisables, états quantiques intriqués. Applications aux principes de la téléportation d'un qubit et de la cryptographie quantique.

Le MASER NH<sub>3</sub>.

Effet Zeeman et effet Stark sur l'atome d'hydrogène.

Bit quantique supraconducteur.

## Niveau requis

Physique classique et mathématiques de classes préparatoires.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit.

**Responsable** : Nicolas Bergeal, Chryl Palma

**Prériorité** : tronc commun

**Nombre d'heures** : 40

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : mercredi 31 mai 2017

## PSA Physique statistique appliquée

Cours : 30 h - Travaux dirigés : 15 h - Travaux pratiques : 45 h

Objectifs Ce cours est une introduction aux idées générales et aux méthodes de la physique statistique. On insistera particulièrement sur les concepts de base (entropie, température) et sur la pertinence des méthodes utilisées. On discutera certains exemples classiques (gaz parfait, paramagnétisme, élasticité; des polymères), ainsi que la physique des transitions de phase et des phénomènes collectifs et les statistiques quantiques. On tentera de maintenir un (difficile) équilibre entre approche intuitive des phénomènes et calculs plus rigoureux.

### Contenu

Introduction et rappels de thermodynamique

Probabilités et marches aléatoires

Physique statistique d'un système isolé: ensemble "microcanonique"

Physique statistique à température constante: Énergie libre, ensemble canonique

Physique statistique des systèmes classiques sans interactions

Gaz parfaits quantiques

Transitions de phase, champ moyen

Equation de Langevin, théorème de fluctuation-dissipation

Travaux pratiques

Emulsion

Grâce à 4 expériences distinctes, ce thème illustre les phénomènes d'interface et de métastabilité d'émulsions laboratoires pendant les séances de TP :

Diagramme de phase solide-gaz, tri par diffusion

Système maitrizable, drainage, coalescence, mûrissement d'Ostwald

Etude de l'adsorption d'un surfactant soluble à une interface liquide air

Mesure de l'activité chimique d'une solution d'eau salée

Modélisation : simulation et étude de la thermodynamique des sphères et des disques durs

Les étudiants explorent par des simulations numériques en langage python quelques-unes des conséquences de l'hypothèse atomiste, en étudiant, pour un système de sphères dures, l'équation d'état des gaz et les transitions de phase, le mouvement brownien d'une macromolécule, et l'interaction de diffusion entre deux macromolécules.

Transitions de phase par Calorimétrie Différentielle à Balayage (DSC)

Approche par l'expérience de la Transition Vitreuse des polymères

Transition de phase en milieu confiné : fusion et cristallisation d'un liquide simple

## Niveau requis

Une connaissance de la thermodynamique et des mathématiques de base sont requises pour ce cours.

## Modalités d'évaluation

Cours : examen écrit ; TP : note de participation aux séances + note pour 1 compte-rendu écrit remis 15 jours après la fin du module de TP.

**Responsable :** Annie Colin, Anthony Maggs, Hélène Montes

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 90

**Crédits ECTS :** 7,5

**Dernière mise à jour :** mercredi 06 septembre 2017

## CRS1 Communication et relations sociales

Ateliers : 15 h

Objectifs Les objectifs principaux de ce premier module sont de :

• couvrir les grandes fonctions de toute entreprise

• Asseoir son projet professionnel et mieux anticiper sur ses responsabilités comme futur manager (droits et devoirs)

• Comprendre la place des ressources humaines dans l'entreprise

Contenu

Positionnement des entreprises dans le marché économique français

Organisation des entreprises

Les différents métiers de l'ingénieur

Place des RH dans l'entreprise et lien avec l'ingénieur

Processus de recrutement

Rédaction de CV et de lettres de motivation

Le cours se déroule sous la forme d'ateliers interactifs.

## Modalités d'évaluation

assiduité, participation active au module et aux conférences d'entreprises ; questionnaire sur les notions vues au cours du module (1 heure).

**Responsable :** Brigitte Beaussart

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 15

**Crédits ECTS :** 1

**Dernière mise à jour :** vendredi 10 mars 2017

## Ingénieur

## ESPCI 2<sup>ème</sup> année

**Langue du programme:** Français

- Physiologie
- Matériaux Cristallins
- Chimie et matériaux inorganiques
- Colloïdes
- Sciences Analytiques
- Introduction à la physique des polymères
- Ondes et Acoustique
- Mécanique des solides et des matériaux II
- Projet professionnel

**Dernière mise à jour:** mar. 15 novembre 2005

## PHY Physiologie

Cours : 14 h - Præceptorat : 6 h - Travaux pratiques : 30 h

Objectifs L'objectif principal du cours et des travaux pratiques est de présenter des notions fondamentales de physiologie (telles qu'homéostasie, signalisation neuro-endocrinienne, réaction), en s'appuyant bien sûr sur les notions de biologie moléculaire et cellulaire présentées en première année. La dimension temporelle de l'organisme, contrôlée par des horloges biologiques qui rythment nos jours et nos nuits, sera évoquée brièvement. Elle sera davantage développée dans le module "Le temps" de la 2<sup>ème</sup> semaine d'échange PSL.

### Contenu

Au niveau de l'organisme, nous nous intéresserons plus en détail à quatre grands systèmes ou fonctions : le système nerveux et le système endocrinien (et leurs interactions), le système cardio-vasculaire et le sommeil.

Plan général du cours :

La physiologie : de la molécule à l'organisme dans son environnement

Introduction à la communication intercellulaire

Un exemple de voie neuro-endocrinienne : de la rétine à la synthèse de mélatonine, "l'hormone de la nuit"

Introduction au système cardio-vasculaire

Le sommeil, un état physiologique en quête d'une fonction

Préceptorat d'étude d'articles scientifiques sur les thèmes suivants :

Utilisation de techniques novatrices pour l'étude des Neurosciences (optogénétique, imagerie sensible au potentiel, imagerie ultrasonore hyper-rapide). Chaque tuteur choisit un de ces articles.

Etude des mécanismes à l'origine des alternances veille/sommeil par optogénétique.

Article de Neurosciences (portant sur les altérations cérébrales associées à la maladie d'Alzheimer) en transversalité avec la RMN

Travaux pratiques Etude de l'activité cardiaque chez l'homme par l'électrocardiogramme (ECG)

Etude de la régulation de la glycémie

Mesure de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque in vivo chez le rat anesthésié

Etude du système sensoriel auditif chez l'homme

Modélisation de l'activité électrique d'une cellule nerveuse

Interface cerveau/machine : Analyse de signaux EEG chez la souris veille/endormie.

## Niveau requis

Connaissances de base en biologie.

## Modalités d'évaluation

L'évaluation des connaissances du cours se fait par un examen écrit constitué de deux parties A et B.

Il s'agit de questions de cours (A) et d'une analyse d'article scientifique (B). L'évaluation des travaux pratiques se fait par la notation (par binôme) d'un compte rendu court (rendu en classe, coefficient 1) et d'un compte rendu long (à préparer chez soi, coefficient 2).

**Responsable :** André Klarsfeld, Sophie Pezet, Thierry Gallopin

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 50

**Crédits ECTS :** 4

**Dernière mise à jour :** jeudi 02 mars 2017

## MC Matériaux Cristallins

Cours : 17 h - Travaux dirigés : 8 h - Préceptorat : 2 h - Travaux Pratiques : 44 h

Objectifs Ce cours est destiné à fournir aux étudiants des outils de base pour décrire la structure et les propriétés des matériaux cristallins. Le cours débute par l'étude des symétries et la classification des cristaux. Il se poursuit par une description poussée des méthodes d'investigations par diffraction des rayons X. La dernière partie du cours aborde les structures des cristaux ioniques et covalents ainsi que les écarts au cristal parfait, afin d'appréhender les relations entre la structure des principaux solides cristallins et leurs propriétés physiques.

### Contenu

Cristallographie : réseaux primitifs - symétrie - groupes ponctuels et d'espace

Radiocristallographie : réseau réciproque - facteur de structure - solutions de structure - diffusion diffuse - méthodes expérimentales

Structures cristallines : cristal ionique et covalent

Défauts ponctuels - défauts étendus - non stoechiométrie - conductivité ionique

Désordre dans les cristaux

Quasi-cristaux

Relations structures - propriétés : principe de Curie

Matériaux piézoélectriques et ferroélectriques

Précepteur

Structure, propriétés et synthèses des pérovskites

Structure atomique locale dans les verres d'oxydes

Électrolytes solides

Métallurgie

Caractérisation des matériaux désordonnés par diffusion de rayons X

Travaux pratiques

Cet enseignement s'accompagne d'une partie pratique de synthèses de matériaux solides cristallins (céramiques pour l'électronique, silice mésoporeuse par procédé sol-gel, zéolites, ferrofluides, nanoparticules d'or plasmoniques et quantum dots) et de caractérisations des matériaux cristallins (diffraction des rayons X sur monocristal et poudre, microscopie électronique à balayage, BET, caractérisations électriques, magnétiques et optiques).

## Niveau requis

Théorie des groupes - Transformée de Fourier

## Modalités d'évaluation

examen écrit : QCM et un problème général

**Responsable** : Nicolas Lequeux, Sandrine Ithurria

**Période** : tronc commun

**Nombre d'heures** : 71

**Crédits ECTS** : 4.5

**Dernière mise à jour** : mardi 28 mars 2017

## CMI Chimie et matériaux inorganiques

Cours : 28 h - Travaux dirigés : 4 h - Précepteur : 8 h - Travaux Pratiques : 42 h

Objectifs Par l'étude d'applications faisant appel à des matériaux ayant des propriétés optiques, magnétiques, électroniques ou catalytiques spécifiques, les concepts fondamentaux de la chimie inorganique sont exposés. Les aspects moléculaires et collectifs sont traités parallèlement. Les progrès réalisés en chimie de synthèse et dans la compréhension des propriétés permettent le développement de nouveaux matériaux et de nouvelles applications.

Contenu

Propriétés optiques

Champ cristallin et pierres précieuses

Luminescence et lasers

Propriétés électroniques

Transfert de charge et diode électroluminescente

Défauts cristallins et photographie argentique

Semiconducteurs et jonctions p-n

Propriétés magnétiques  
Magnétisme moléculaire et bleu de Prusse  
Lanthanides  
Synthèse et réactivité;  
Chimie douce et polymérisation inorganique  
Chimie de substitution vs chimie de transfert électronique  
Isomères et caractérisations  
Chimie organometallique et cycles catalytiques  
Chimie des liaisons (F. Volatron)  
Complexes inorganiques  
Symétrie et nature des ligands  
Travaux dirigés  
Champs de ligands  
Chimie douce  
Réactivité  
Chimie organométallique  
Précepteurat  
Diagrammes de Tanabe-Sugano  
Lanthanides et luminescence  
Chimie organométallique et catalyse  
Identification des Composés Inorganiques  
Travaux pratiques

Quatre sujets sont proposés en relation directe avec le cours. Ils permettent d'approfondir les notions fondamentales tout en démontrant l'utilité de la chimie et des matériaux inorganiques dans des applications modernes et parfois quotidiennes :

Théorie du champ de ligands : arc-en-ciel de cobalt ; alcoolate complexe ; mordantage  
Gel de V2O5 : chimie douce ; cellule électrochrome ; plaque semiconductrice  
Photographie : cyanotype, bleu de Prusse, vitrage électrochrome, photographie argentique  
Fabrication d'une diode électroluminescente avec [Ru(bpy)3]2+ (OLED) et synthèse d'un luminophore

## Niveau requis

Synthèse, cristallographie, électrochimie, spectroscopies (UV, RMN, IR).

## Modalités d'évaluation

partie A (1h) : post-requis de TP, sans document (8/20), partie B (2h) : problème avec documents (12/20), chimie des liaisons (0.5h) : problème sans document (bonus 0-3 pts).

**Responsable** : Sophie Norvez, Corinne Soulié, François Volatron, Renaud Nicolaÿ

**Période** : tronc commun

**Nombre d'heures** : 82

**Crédits ECTS** : 5,5

**Dernière mise à jour** : vendredi 22 février 2019

## COL Colloques

Cours : 18 h

Objectifs Les Colloques sont des objets de taille intermédiaire (macroscopique), comprise entre 10-8 m et 10-6 m. Les colloques correspondent à un état transitoire de la matière où le rôle des

interfaces est prédominant. De tels systèmes sont très courants dans la vie de tous les jours. On peut citer les cas des aérosols liquides (brouillard) ou solides (fumées), les mousses, les émulsions comme le lait, la mayonnaise, les crèmes cosmétiques, les suspensions comme l'encre de Chine, les peintures, les boues de forage, les précurseurs de catalyseurs ou de céramiques. Le champ d'application industriel de ces systèmes est extrêmement diversifié et se caractérise par un couplage étroit entre synthèse, formulation et fonctionnalisation du produit. Les systèmes colloïdaux sont en général des systèmes relativement instables ou l'on observe un équilibre précaire entre différentes forces antagonistes. L'objectif de ce cours est d'introduire ce domaine au niveau de la 3<sup>ème</sup> année de l'option de chimie. Le but est de présenter les principales classes de colloïdes, de discuter des différentes interactions structurants ces systèmes et d'étudier les principales stratégies de stabilisation et/ou de déstabilisation de ces "phases colloïdales". Ce cours s'appuie et utilise l'acquis d'autres enseignements de l'école dont il fournit des exemples d'application. Il permet d'introduire certains problèmes rencontrés dans les domaines des matériaux, de la chimie de spécialités, de la pharmacie, des cosmétiques, des peintures et revêtements, des liants hydrauliques.

## Contenu

Systèmes &agrave; l'équilibre

Introduction générale &agrave; l'état condensé; liquide

Les interactions moléculaires

Les liquides purs et diagramme de phases

Solution de molécules amphiphiles

Tension superficielle et interfaciales des solutions

Mouillage et detergence

Etats métastables

Dispersions

Emulsions

Gels

**Responsable :** Jérôme Bibette

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** vendredi 10 février 2017

## SAN Sciences Analytiques

Cours : 10 h - Travaux dirigés : 6 h - Præceptorat : 6 h - Travaux pratiques : 45 h

Objectifs Il n'existe pratiquement aucun domaine socio-économique ou scientifique qui puisse s'affranchir des apports de l'analyse chimique (sécurité alimentaire, environnement, fraudes et contrefaçons, dopage, patrimoine historique et archéologique...). Les caractéristiques des demandes sont : rapidité, faible coût, fiabilité, possibilité de réaliser les analyses à partir de microéchantillons (une goutte de sang...), utilisation sur le terrain, détermination d'un très grand nombre de composés dans un même échantillon (produits pharmaceutiques, échantillons biologiques ou environnementaux), recherche de composés à l'état de traces et d'ultratraces, spéciation des éléments, etc.

Pour répondre à ces demandes, la chimie analytique a beaucoup évolué ces dernières années, grâce en partie à de nombreuses avancées technologiques notamment dans le domaine des sciences comparatives et de leur couplage avec la spectrométrie de masse. On assiste également à une

miniaturisation des techniques d'analyse, ce qui permet des analyses plus rapides et consommant moins de réactifs et solvants pour le diagnostic rapide. Les laboratoires-sur-puces (LOC pour lab-on-chip) sont en plein développement et font appel aux technologies MEMS et à la microfluidique.

Ce cours est destiné à fournir aux étudiants les connaissances de base nécessaires à la résolution d'un problème analytique, quelle que soit l'origine de la demande. Il vise également à fournir les concepts nécessaires au développement de nouvelles méthodologies, le plus souvent miniaturisées, secteur actuellement en plein essor.

Il repose sur la connaissance et la compréhension des divers types d'interactions et modes de transport aux interfaces. En effet, quelle que soit l'information recherchée sur une substance chimique (concentration, structure, état chimique, prévision de son transport ou de son élimination, etc.) et la nature du milieu dans lequel elle se trouve (chimique, biochimique, biologique), la conception d'une stratégie analytique requiert toujours une bonne connaissance des interactions qui lient cette substance à son propre milieu et dans la plupart des cas la mise en oeuvre d'une méthode de séparation. Ensuite, les aspects fondamentaux des méthodes séparatives sont présentés de manière synthétique et approfondis lors des séances de préceptorat et de TD alors que leurs aspects pratiques sont abordés via les TP.

## Contenu

Introduction ; définition des caractéristiques de la chimie analytique actuelle par rapport aux besoins

Grandeurs fondamentales et cinétique des échantillons

Chromatographie en phase gazeuse

Chromatographie de partage

Chromatographie d'échange d'ions

Chromatographie de paires d'ions et exclusion stérique

Instrumentation

Chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS)

Analyse quantitative

Electrophorèse capillaire

Travaux dirigés

Grandeurs fondamentales et optimisation

Chromatographie en Phase Gazeuse

Miniaturisation en CPL, chromatographie d'Adsorption

Chromatographie de Partage

Chromatographie Ionique / Exclusion stérique

Electrophorèse Capillaire

Préceptorat

Chromatographie en phase supercritique, avantages-inconvénients/intérêts par rapport aux CPG et CPL + un article sur les séparations rapides (utilisation et interprétation des « kinetic plots »)

Chromatographie d'échange d'ions simple et apport des réactions couplées à la sélectivité, chromatographie de paires d'ions + un article sur la chromatographie d'interaction hydrophile (HILIC)

Microsystèmes Electrophorétiques + un exposé sur une thématique de recherche proposée par chaque tuteur (GCxGC, LCxLC, traitement de l'échantillon...)

Travaux pratiques

Le stage de travaux pratiques de quatre semaines permet d'approfondir par l'expérience les différentes méthodes que sont les chromatographies en phase gazeuse et en phase liquide, et l'électrophorèse. Il est abordé pour ces méthodes les grandeurs fondamentales et les différentes techniques (séparation, détection, couplages divers) permettant de les mettre en oeuvre. Le traitement de l'échantillon associé à la chromatographie en phase liquide et à celle en phase gazeuse est

Également mis en oeuvre sur les exemples que sont l'analyse de traces de pesticides dans les eaux de surface et de la caractérisation des composés volatils dans le vin.

Les élèves au cours de ces travaux pratiques réalisent quinze manipulations différentes. De façon générale chaque manipulation traite, outre l'aspect plus théorique de la méthode, un cas concret de la caractérisation/analyse de composés issus de domaines aussi variés que sont l'environnement, l'agro-alimentaire, l'industrie pharmaceutique et celle pétrolière. Une large place est désormais faite aux TP de mise en situation où les étudiants doivent appliquer les connaissances qu'ils ont acquises pour optimiser librement une séparation ou définir la meilleure stratégie permettant d'identifier les composants d'un mélange inconnu.

Il est important de noter que les élèves manipulent du matériel si possible de dernière génération (exemple du couplage de la chromatographie en phase gazeuse et liquide avec la spectrométrie de masse) de façon par la suite à être rapidement opérationnel aussi bien dans le milieu industriel que celui de la recherche.

## Niveau requis

Chimie analytique de base (Chimie des solutions, pH et complexes, oxydo-réduction).

## Modalités d'évaluation

Un examen écrit sur le cours et notation du cahier de laboratoire + la participation pour le stage de travaux pratiques.

**Responsable :** Jérôme Vial, Josée Dugay

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 67

**Crédits ECTS :** 7

**Dernière mise à jour :** mercredi 31 mai 2017

## IPP Introduction à la physique des polymères

Cours : 20 h - Præceptorat : 6 h

Objectifs Ce cours traite de l'étude des propriétés physiques des polymères par une approche de physique statistique qui s'appuie en grande partie sur une compréhension intuitive des phénomènes. L'objectif est de donner aux étudiants une bonne intuition des propriétés physiques de ces systèmes, en insistant sur les échelles de longueur importantes et des échelles de temps impliquées dans les matériaux polymères.

### Contenu

Tout d'abord, sont présentés les concepts, mécanismes et forces motrices en présence, en insistant sur le rôle joué par les principales interactions en compétition. Ensuite, sont développés des calculs simples qui permettent presque toujours, en les comparant aux résultats expérimentaux, de valider le cadre théorique.

Entropie des chaînes polymères (en relation avec le module de Physique statistique appliquée)

Dimensions intrinsèques d'une chaîne polymère (idéale, réelle, chaîne tirée/chaîne confinée, mesure de sa taille par diffusion de rayonnement)

Mélanges polymères et solutions de polymères (Énergie libre d'un mélange binaire : entropie vs enthalpie, concept de volume exclu pour les solutions de polymères, dimension des chaînes et longueur de corrélation en bon solvant)

Elasticité caoutchoutique (modèle du réseau affine et ses limites, propriétés de gonflement)

Dynamique des changements conformationnels

Énergie thermique vs Énergie des interactions faibles (Van der Waals, liaisons H...)

Temps d'observation versus temps des changements conformationnels

Les différentes échelles de longueurs : i) diffusion des chaînes : diffusion d'une chaîne enchevêtrée (reptation) ; ii) transition vitreuse : mouvements pour des échelles de longueur allant de celle du segment de  $K\frac{1}{4}h_n$  et la distance entre enchevêtrements ; iii) temps caractéristiques de réarrangement d'une chaîne et sollicitation mécanique : variation du module mécanique  $E(T, t)$  en fonction de la température et du temps d'observation, viscoélasticité et équivalence temps-température (loi WLF)

Précepteur

Dimensions d'une chaîne : conformations et propriétés en solution

Transition vitreuse

Elasticité caoutchoutique

Liens avec d'autres modules d'enseignement

Les concepts sont présentés en relation avec d'autres cours : Physique statistique appliquée, Optique, Mécanique des solides et des matériaux II et Matériaux cristallins.

## Niveau requis

Relation contrainte- déformation des solides viscoélastiques ; définition de l'entropie, Énergie interne ; description statistique d'une marche aléatoire ; interactions courte portée : VdW, H, etc. ; conformation et configuration d'une chaîne polymère ; thermodynamique des mélanges binaires.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit en anglais en 2 parties (réponses en anglais ou en français autorisées) : partie I, 10 questions de cours ; partie II, 5 problèmes courts.

**Responsable :** Hélène Montes

**Prérogative :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 26

**Crédits ECTS :** 2,5

**Dernière mise à jour :** jeudi 07 septembre 2017

## OA Ondes et Acoustique

Cours : 19 h - Travaux dirigés : 6 h - Précepteur : 4 h - Travaux pratiques : 45 h

Objectif

L'objectif de ce cours est de présenter un cadre conceptuel très général pour appréhender la propagation des différents types d'ondes dans les milieux les plus divers. Ce cadre d'étude repose sur l'idée que l'évolution d'une onde, quelle que soit sa nature, est toujours gouvernée par une équation différentielle présentant certaines propriétés de symétrie : invariance par translation dans le temps, réciprocity spatiale, invariance par renversement du temps.

A titre d'illustration, nous nous attachons à décrire la propagation d'ondes acoustiques dans des milieux fluides (homogènes, hétérogènes ou présentant des frontières). Les travaux dirigés, les travaux pratiques et les précepteurs donnent l'occasion d'aborder des sujets importants pour l'industrie (imagerie médicale, contrôle non destructif par ultrasons, sonar) et d'autres d'intérêt plus académique (ex. la sonoluminescence).

## Contenu

### Introduction

Comment fabrique-t-on une onde ?

Comparaison des propriétés de l'équation d'ondes et de l'équation de la diffusion

Acoustique des fluides

Génération d'une onde acoustique dans un fluide

Équations de conservation et équation d'état

Acoustique linéaire

Acoustique non-linéaire

Théorie de la diffraction

Théorème d'unicité

La fonction de Green spatio-temporelle

La fonction de Green monochromatique

Théorème de réciprocité

Théorème intégral de la diffraction en régime monochromatique

Théorème intégral de la diffraction dans le domaine temporel

Du principe d'Huygens au théorème de Fermat

Propagation d'ondes et théorie du signal

La diffraction vue comme un filtre pour les fréquences spatiales

Transformée de Fresnel et transformée de Fourier

La lentille vue comme un filtre adapté spatial

Radar et sonar – compression d'impulsion

Travaux dirigés

Propagation acoustique dans un guide d'ondes

Diffraction impulsionnelle

Imagerie passive par corrélation de bruit

Précepteurs

La cohérence en physique des ondes

Miroirs – Retournement Temporel en milieux désordonnés en communications sans fils

Travaux pratiques

Imagerie ultrasonore

Propagation en milieux complexes

Sonoluminescence

Liens avec les autres cours

Ondes électromagnétiques (1<sup>re</sup> année)

Méthodes mathématiques II (2<sup>e</sup> année)

Optique (2<sup>e</sup> année)

Ondes en milieux complexes (3<sup>e</sup> année)

## Niveau requis

Transformée de Fourier

Analyse vectorielle: gradient, divergence, rotationnel, laplacien.

## Modalités d'évaluation

Un examen écrit (2h30). Un cahier de laboratoire pour les travaux pratiques.

**Responsable :** Arnaud Tourin, Fabrice Lemoult

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 74

Crédits ECTS : 6

Dernière mise à jour : mardi 28 février 2017

## MSM2 Mécanique des solides et des matériaux II

Cours : 18 h - Travaux dirigés : 6 h - Præceptorat : 4 h

Objectifs Ce cours de mécanique du solide est orienté vers l'aspect propriétés mécaniques des matériaux. Après des rappels des concepts fondamentaux de contrainte, déformation et énergie élastique (traités en 1<sup>ère</sup> année), il développe les principaux types de comportement en dégageant leur origine physique. Les caractéristiques viscoélastiques, plastiques et de rupture des grandes classes de matériaux sont abordées en parallèle avec l'étude des lois comportements correspondantes. Une étude des sollicitations simples dégage les idées directrices guidant le choix d'un matériau en fonction de l'application visée (structure et chargement). Une méthodologie à formalisme léger sera employée pour approcher la modélisation physique des situations plus complexes rencontrées dans la vie commune ou dans les applications modernes.

### Contenu

Généralités sur la résistance des matériaux

Classes de matériaux et familles de comportement

Rappels de mécanique du continu (tenseur de déformation et de contraintes, équation fondamentale de l'équilibre)

Rappels de élasticité linéaire 3D (loi de Young et de Lamé, modules élastiques, énergie élastique)

Approfondissements sur le comportement élastique linéaire (théorèmes énergétiques, analyse de stabilité, solution de problèmes en loi d'échelle)

Ondes et vibrations

Le comportement viscoélastique : modèles rhéologiques, représentation en temps et en fréquence, équivalence temps-température

Le comportement plastique : modèles rhéologiques, critères de plasticité

Plasticité parfaite, écrouissage, viscoplasticité

Le paradoxe de la résistance théorique à la rupture

Mécanique linéaire élastique de la fracture (LEFM)

Critère local: le facteur d'intensité des contraintes (Irwin)

Critère énergétique : la longueur de Griffith et le travail de fracture

Fragilité et ductilité : mécanismes de dissipation, échelles de longueur et de temps

Fracture lente et fracture rapide

Matériaux hétérogènes: inclusions, composites

Contact, adhésion et frottement

Travaux dirigés Les sujets de TD traitent un ensemble variable de problèmes extraits des sujets d'examen des années précédentes, et fournissent donc une bonne préparation à l'examen.

Præceptorat Des sujets renouvelés chaque année permettent d'appréhender la méthode de calcul en loi d'échelles, ainsi que d'approfondir des applications qui vont au-delà du cours.

Liens avec d'autres modules d'enseignement Dans le cadre des travaux pratiques du cours d'Hydro-mécanique et transport, 4 expériences sont dédiées à la mécanique des solides :

mesure du champ de contrainte autour d'une pointe de fissure

vibration de poutres

déclaminage de cloques

Étude du comportement élastoplastique d'un polymère

## Niveau requis

Bases de mécanique du continu et élasticité linéaire (cours de Mécanique des solides et des matériaux I).

## Modalités d'évaluation

Examen écrit (partie A : QCM, partie B : problèmes en loi d'échelle).

**Responsable :** Matteo Ciccotti, Josée Bico, Pascal Kurowski

**Parcours :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 28

**Crédits ECTS :** 4,5

**Dernière mise à jour :** jeudi 01 juin 2017

## CRS2 Projet professionnel

Ateliers : 12 h

Objectifs Les objectifs principaux de ce second module sont de :

Savoir affirmer son projet professionnel en maîtrisant les techniques/processus de recrutement

Mieux comprendre les leviers individuels de motivation des collaborateurs en organisation

Comprendre certains mécanismes d'adhésion et d'engagement d'une équipe autour d'un but commun

Etre sensibilisé, et travailler en lien avec des personnes et cultures différentes

Prendre du recul et réfléchir ; sa manière de s'intégrer dans une équipe

Contenu Processus de recrutement : outils et stratégies de recherche de stage, rédaction de lettres de candidature, de motivation et de curriculum vitae (CV), processus de candidature on-line, etc.

Bilan personnel, travail sur le projet professionnel et sur les compétences nécessaires à l'orientation choisie (savoir, savoir-faire, savoir-être, savoir-voluer)

Les séances comprennent une étude de cas, des mises en situation et une participation active des étudiants. Il s'agit d'ateliers interactifs avec jeux de rôle et mises en situation.

## Modalités d'évaluation

Pour déterminer la note, nous évaluons trois points : i) l'implication dans l'atelier, ii) la présence aux conférences des entreprises, iii) les actions pour la recherche de stage et la qualité du suivi vis-à-vis des entreprises et de la DE.

**Responsable :** Brigitte Beaussart

**Parcours :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 12

**Crédits ECTS :** 1

**Dernière mise à jour :** samedi 25 février 2017

## Ingénieur

### ESPCI 3<sup>ème</sup> année

Langue du programme: Français

#### Objectifs:

La troisième année est une année de spécialisation et d'initiation à la recherche commençant par un stage industriel de 4 à 6 mois, suivi par des enseignements scientifiques en trois dominantes : physique, chimie ou physico-chimie. Les enseignements magistraux sont complétés par un stage en laboratoire de 10 semaines à temps plein.

- ESPCI 3<sup>ème</sup> année Tronc Commun
- ESPCI 3<sup>ème</sup> année Option Chimie
- ESPCI 3<sup>ème</sup> année Option Physique
- ESPCI 3<sup>ème</sup> année Option Physico-Chimie

Dernière mise à jour: mer. 16 novembre 2005

## Ingénieur

### ESPCI 3<sup>ème</sup> année Tronc Commun

Langue du programme: Français

- Fondamentaux de finance

Dernière mise à jour: ven. 26 juin 2009

### FF3 Fondamentaux de finance

Cours : 12 h - Travaux dirigés : 2 h

Objectifs Comprendre et savoir analyser bilan et compte de résultats d'entreprise. Notions de valorisation d'actifs de prises de décision d'investissements.

Contenu

Compte de résultats (EBIT, EBITDA)

Notions relatives au bilan (essentiellement fonds de roulement industriel)  
Liens compte de résultat/bilan et trésorerie libre  
VAN (valeur actualisée nette d'un actif)  
Travaux dirigés Exemples simples.

## Niveau requis

Mathématiques (algèbre et analyse) ; bilans de matière/énergie.

## Modalités d'évaluation

Examen non surveillé.

**Pré-requis** : tronc commun

**Nombre d'heures** : 14

**Crédits ECTS** : 1,5

**Dernière mise à jour** : mercredi 31 mai 2017

## Ingénieur

# ESPCI 3<sup>ème</sup> année Option Chimie

Langue du programme: Français

## Contenu:

- Quatre cours obligatoires :

Synthèse organique (3 ECTS)

Synthèse des polymères (1,5 ECTS)

Réactivité (1,5 ECTS)

Chimie minérale (1,5 ECTS)

- Des cours de spécialité à choisir parmi :

Rhéologie (1 ECTS)

Chimie Inorganique Avancée (2 ECTS)

Synthèse Organique Avancée (3 ECTS)

Biophysique (1,5 ECTS)

Biochimie (1,5 ECTS)

- Des cours d'option à choisir (pour un total compris entre 3 et 4,5 ECTS) parmi :

Microfluidique (3 ECTS)

Introduction au Génie Nucléaire, (3 ECST)

Trajectoires Avancées (1.5 ECTS)

Physique des composants microélectronique (1.5 ECTS)

Environnement et Développement Durables, (1.5 ECTS)

Etats Colloïdaux et Bio-colloïdes, (1.5 ECTS)

Biotransformation et Génie des procédés (1.5 ECTS)

ou

Génie Chimique (option 2 mutualisée avec l'ENSCP) (2 ECTS)

- un « enseignement d'ouverture » au choix parmi les modules suivants qui sont ouverts à toutes

les dominantes : (5 ECTS)

Chimie Fine et Biologie

Systèmes Énergétiques

Informatique

Matériaux sur mesures (option mutualisée avec l'X)

Méthodes et Instrumentation pour imagerie médicale

Relativité et Electromagnétisme

## Composition du programme :

- Synthèse organique sélective avancée
- Chimie des polymères
- Chimie inorganique avancée
- Méthodes de synthèse en chimie moléculaire
- Biotechnologie moléculaire
- Microfluidique
- Colloïdes et biomolécules
- Cours extérieur: ENSCP\_OPT\_GC2 (Lien vers ParisTech)
- Matériaux avancés
- Imagerie médicale : de la mesure à l'image

Dernière mise à jour: mar. 30 juin 2009

## ASOS Synthèse organique sélective avancée

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 4 h

Objectifs Que ce soit au travers des médicaments, des produits agrochimiques, parfums, produits cosmétiques, et matériaux, la Chimie organique fine est partout. Connaître les bases de la synthèse organique est donc essentiel pour un chimiste. Cet enseignement s'adresse aux chimistes et vise à les initier aux nouvelles réactions utilisées dans l'industrie. Des études de rétrosyntheses et synthèses de molécules complexes sont exposées, en mettant en évidence les problèmes de chimiosélectivité rencontrés et en mettant l'accent sur l'utilisation de réactions respectueuses de l'environnement.

### Contenu

Réactions d'alkylation chimiosélectives

Réactions organocatalytiques

Couplages organométalliques

Mécatathèse et applications

Couplages organométalliques avec le palladium, le fer, et le cuivre

Réactions d'oxydations et de réductions catalytiques

Interconversions de groupes fonctionnels

Réactions radicalaires

Réarrangements

Synthèses de macrocycles aromatiques et non aromatiques

## Niveau requis

Avoir suivi les cours de première année du module CHO

## Modalités d'évaluation

Examen écrit avec des questions de cours et des problèmes de réflexion

**Responsable :** Amandine Guérinot, Christophe Meyer, Véronique Bellosta, Domingo Gomez-pardo

**Précipité :** option biotechnologie

**Nombre d'heures :** 24

**Crédits ECTS :** 4

**Dernière mise à jour :** samedi 08 décembre 2018

## CP Chimie des polymères

Cours : 12 h - Travaux dirigés : 4 h

Objectifs Ce cours a pour objectif de présenter les concepts et les outils utilisés en ingénierie macromoléculaire pour concevoir et synthétiser des polymères à fonction.

Pour ce faire, les spécificités des deux grandes familles de polymérisation, à savoir la polymérisation en chaîne et la polymérisation par étapes, sont présentées de façon générale, puis exemplifiées en détails, respectivement au travers de la polymérisation radicalaire et de la polycondensation.

Les concepts abordés en cours et lors des exercices dirigés (méthodologie de synthèse, relation structure/réactivité, mécanismes réactionnels, cinétique, procédés de polymérisation) doivent permettre de maîtriser et de rationaliser la conception et la synthèse de polymères en prenant en compte les différents paramètres structuraux que sont la masse molaire, la dispersité, la composition, la topologie et la fonctionnalité.

### Contenu

Introduction

Thermoplastiques / Thermodurcissables

Polymérisation en chaîne / Polymérisation par étapes

Quelques propriétés des polymères

Ingénierie macromoléculaire

Polymérisation radicalaire

Relation structure/réactivité

Étapes élémentaires

Amorçage

Propagation

Terminaison

Transfert et cyclomérisation

Degré de polymérisation

Copolymérisation

Polymérisation radicalaire contrôlée

Concepts et caractéristiques

Polymérisation radicalaire contrôlée par les nitroxydes (NMP)

Polymérisation radicalaire par transfert d'atome (ATRP)

Polymérisation radicalaire par transfert de chaîne réversible par addition/fragmentation (RAFT)

Techniques de mise en oeuvre de la polymérisation radicalaire

Polymérisation en masse

Polymérisation en solution

Polymérisation en suspension

Polymérisation en émulsion

Polymérisation par étapes

Degré de polymérisation

Masses molaires et distribution des masses molaires

Point de gel et réseaux

Cinétiques des polymérisations par étapes

Grandes familles de polymères obtenus par polycondensation et polyaddition

Ingénierie Macromoléculaire

Masses molaires et distribution des masses molaires

Composition: copolymères

Topologie: polymères greffés

Topologie: polymères ramifiés

Topologie: dendrimères

Fonctionnalité: modification chimique

Travaux dirigés

Polymérisations radicalaire et radicalaire contrôlée

Polycondensation et polyaddition

## Niveau requis

Notions de base en chimie organique.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit.

**Responsable :** Renaud Nicolaÿ

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 16

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** lundi 05 juin 2017

## CIA Chimie inorganique avancée

Cours : 12 h

Objectifs Plus de 80% des procédés de fabrication comprennent au moins une réaction catalysée. La catalyse permet généralement de diminuer les coûts (énergie, séparation, retraitement, ...) et de limiter l'emploi de matières toxiques ou dangereuses. L'enjeu économique et écologique est donc évident.

Pour bien comprendre les phénomènes mis en jeu, le cours présente les différents types de catalyse à travers l'étude de grands procédés industriels et de cycles fondamentaux du vivant.

Les problèmes liés à la performance et à l'optimisation d'un système catalytique, à son coût, à son impact écologique, sont mis en

avant et expliqués par une approche cinétique mécanistique.

Le cours s'appuie sur les connaissances acquises en deuxième année en Chimie et Matériaux Inorganiques.

## Contenu

Catalyses industrielles

Catalyse : concepts fondamentaux

Catalyses et grands procédés industriels

Mécanismes et cinétique de catalyse hétérogène

Performances d'un système catalytique hétérogène

Biocatalyses

Éléments de la biosphère

Catalyse acide, enzyme à zinc

Catalyse redox

Procédés industriels utilisant des biocatalyseurs

## Niveau requis

Chimie inorganique, chimie organométallique, bases de catalyse homogène.

## Modalités d'évaluation

Deux DM (biocatalyse + catalyses homogène et hétérogène) de réflexion à partir d'une publication.

**Responsable :** Corinne Soulié, Sophie Norvez

**Prériorité :** option chimie

**Nombre d'heures :** 12

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** vendredi 22 février 2019

## SMMC Méthodes de synthèse en chimie moléculaire

Cours : 16 h - Travaux dirigés : 4 h

Objectifs L'objectif de ce cours est de montrer comment la compréhension de la réactivité des composés organiques à l'échelle moléculaire est essentielle pour l'élaboration d'architectures moléculaires de complexité diverse, qui peuvent trouver des applications dans des domaines variés (biologie, science des matériaux). Le cours sera consacré à l'étude d'importants outils synthétiques chimiosélectifs en chimie organique et à des transformations fondamentales telles que des réactions d'oxydation, de réduction, des réactions d'interconversion de groupes fonctionnels, des réactions permettant la formation de liaisons carbone-carbone ou carbone-hétéroatome. La contribution majeure de la chimie organométallique et de la catalyse par les métaux de transition à la synthèse organique sera également discutée. Une sélection d'applications en chimie des polymères, chimie médicinale ou chimie-biologie sera présentée.

## Contenu

Introduction

Réactions d'oxydation

Oxydation d'alcools

Epoxydation

Dihydroxylation, coupure oxydante

Réarrangement de Beckmann  
 Réarrangement de Baeyer-Villiger  
 Interconversion de groupes fonctionnels  
 Conversion d'alcools en sulfonates et halogénés  
 Substitutions nucléophiles  
 Réaction de Mitsunobu  
 Interconversion de dérivés d'acides (estérification, amidation)  
 Réactions de réduction  
 Réducteurs  
 Réduction de dérivés d'acide et de nitriles  
 Réduction d'aldéhydes et de cétones  
 Réduction de dérivés carbonyles alpha,beta-insaturés  
 Réduction sélective (modèles de Felkin-Anh, Cram-châle)  
 Amination réductrice  
 Réduction de dérivés halogénés  
 Désoxygénation et décarboxylation radicalaire  
 Réduction d'alcynes et d'alcynes  
 Chimie organométallique  
 Synthèse et réactivité des réactifs de Grignard et organolithiens  
 Synthèse et réactivité des organozinciques  
 Synthèse et réactivité des organocuprates  
 Réactions de couplage catalysées par des complexes de palladium  
 Cycle catalytique et étapes élémentaires  
 Couplage de Suzuki-Miyaura  
 Couplage de Sonogashira  
 Couplage de Hartwig-Buchwald

## Niveau requis

Une connaissance des bases de la chimie organique est requise. L'étudiant devra connaître les profils de réactivité des groupes fonctionnels les plus importants (alcynes, alcynes, composés carbonyles, dérivés d'acide) et être capable d'élaborer des mécanismes de réaction raisonnables.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit avec des questions de cours et des problèmes de réflexion.

**Responsable :** Renaud Nicolaÿ, Amandine Guérinot, Christophe Meyer, Valérie Bellosta

**Prériorité :** option chimie

**Nombre d'heures :** 14

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** samedi 08 décembre 2018

## BTM Biotechnologie moléculaire

Cours : 12 h - Travaux dirigés : 5 h

Objectifs Compréhension de l'état de l'art méthodologique en biotechnologie et son application à la recherche fondamentale et appliquée.

Contenu Les cours couvriront l'état de l'art technologique d'ADN recombinant, y compris :

l'amplification

le clonage

la synthèse

le séquençage (y compris le séquençage de la prochaine génération)

la mutagenèse (dirigée et aléatoire)

la recombinaison

l'édition ciblée du génome (p. Ex. En utilisant CRISPR/Cas9)

la surexpression des protéines recombinantes

le criblage et la sélection

l'évolution dirigée

Ces techniques seront illustrées par la présentation d'un certain nombre d'applications importantes de la biotechnologie moléculaire :

ingénierie des protéines pour les études fondamentales et les applications industrielles des enzymes

ingénierie des protéines pour les applications thérapeutiques (e.g. anticorps thérapeutiques)

ingénierie des systèmes diagnostiques

ingénierie des vaccins

Travaux dirigés Aide à la préparation en petits groupes d'une courte présentation pédagogique (Powerpoint) destinée au reste de la classe (15 min de présentation + 5 min de questions).

## Niveau requis

Connaissances de base en biochimie/biologie moléculaire.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit de deux heures (70% de la note) + projet de groupe (30% de la note).

**Responsable :** Andrew Griffiths

**Prérogative :** option biotechnologie

**Nombre d'heures :** 17

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** lundi 12 juin 2017

## MIF Microfluidique

Cours : 12 h - Præceptorat : 6 h

Objectifs Le but est d'introduire les étudiants dans le domaine de la microfluidique, dans un esprit pluridisciplinaire. Le cours comprend une introduction générale sur les microsystèmes, les MEMS, les laboratoires sur puce, les puces à ADN,... Nous expliquons comment les équilibres des systèmes "ordinaires" sont bouleversés par la miniaturisation. Nous nous concentrons ensuite sur les écoulements dans les microsystèmes, les phénomènes d'adsorption, de dispersion, de séparation dans les systèmes microfluidiques. Suit une description des phénomènes électrocinétiques, qui sont souvent exploités dans les microsystèmes, pour transporter des fluides, ou séparer des molécules. Finalement, nous présentons, à un niveau élémentaire, les techniques de microfabrication courantes, basées sur Silicium ou autres matériaux, permettant de réaliser des microsystèmes.

Contenu

Introduction générale sur les microsystèmes

La physique de la miniaturisation

Les écoulements dans les microsystèmes

Phénomènes d'adsorption, de mélange ; applications ; la séparation dans les microsystèmes

Phénomènes électrocinétiques : électroosmose,

électrophorèse, diélectrophorèse

Introduction aux techniques de microfabrication

Préceptorat

Analyse d'un article et démonstration de l'expérience correspondante, par exemple :

Analyse d'une réaction chimique dans un microcanal

Cassure de gouttes dans un microcanal

Structure de microgouttes dans un microcanal

## Niveau requis

Bases de physique, hydrodynamique, biologie, physico-chimie.

## Modalités d'évaluation

Ecrit sur la préparation d'un article donné par avance.

**Responsable :** Patrick Tabeling

**Précipité :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** mercredi 31 mai 2017

## COB Colloïdes et biomolécules

Cours : 11 h

Objectifs Ce cours traite de la dynamique et du comportement microscopique des colloïdes et plus particulièrement des colloïdes bioactifs tels que les protéines, les enzymes et les anticorps. Les trois premières parties sont théoriques et fournissent des méthodes pour rationaliser et modéliser les systèmes en interactions, en prenant en compte spécificité et catalyse. La dernière partie décrit comment l'évolution de la science colloïdale a été exploitée pour concevoir de nouveaux dispositifs de diagnostic de la santé du 20<sup>ème</sup> siècle aux dernières découvertes et stratégies actuellement développées par les start-ups.

Contenu Les questions clés qui sont abordées dans ce cours sont :

Comment les colloïdes diffusent-ils dans leur environnement via le mouvement brownien ?

Comment les biomolécules et les colloïdes interagissent-ils et s'associent-ils dans un milieu complexe ?

Comment modéliser les interactions entre un ligand et un récepteur sur les membranes cellulaires ?

Quelles sont les dynamiques de dissociation des bio-complexes et comment étudier les propriétés de ces associations ?

Comment appliquer la science colloïdale au diagnostic médical ?

## Niveau requis

Diffusion, cinétique chimique.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit.

**Responsable :** Jérôme Bibette

**Période :** option physico-chimie

**Nombre d'heures :** 11

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** lundi 10 juillet 2017

## MA Matériaux avancés

Cours : 24h - Visite d'une usine Saint-Gobain : une journée

Objectifs L'objectif de cette série de conférences en anglais est de donner aux élèves un aperçu du type de recherches effectuées dans le monde académique ou l'industrie dans le domaine des matériaux.

Contenu Ce module s'inscrit dans une option commune X-ESPCI de la Chaire Saint-Gobain. Il comprend 8 séminaires de 3 heures donnés par des chercheurs de renommée internationale dans le domaine des matériaux, plus une visite d'usine. Les cours dispensés en anglais ont lieu alternativement à l'X et l'ESPCI. Une des journées est consacrée à une visite d'un site de production Saint-Gobain.

Le programme change chaque année. À titre d'exemple, voici le programme 2017 : E.

Wimmer (Materials design) : ab initio numerical simulations to predict materials properties

U. Steiner (EPFL) : photonic materials obtained by self assembly

P. Van Mechelen (ABB corp) : Hydrogen transport in materials

J.-M. Tarascon (Collège de France) : 20 years of development of materials for batteries

P. Ohashi (NIMS, Japan) : Challenges in materials sciences for energy and sustainable development

K. Scrivener (EPFL) : Cementitious materials, green chemistry in action

A. Saint-Jalmes (Institut Physique de Rennes) : physics and chemistry challenges involved in the stabilization of aqueous foams

S. Granick (Korean center for basic research) : For those who are bored with thermodynamics: physics of active colloids

Visite de l'usine Saint-Gobain de Sully : production de verre pour l'industrie aéronautique

## Modalités d'évaluation

Résumé des conférences et recherche bibliographique personnelle autour d'un thème abordé pendant les conférences.

**Période :** option physico-chimie

**Nombre d'heures :** 30

**Crédits ECTS :** 4

**Dernière mise à jour :** jeudi 23 février 2017

## IM Imagerie médicale : de la mesure à l'image

Cours : 18 h

**Objectifs** Compréhension de la formation des images à partir des types de signaux mesurés.

**Contenu** La première partie du cours concerne les techniques d'imagerie médicale dite de routine (IRM, échographie, scanner X). La seconde partie introduit des techniques plus récentes voire encore au stade de la recherche (élastographie, imagerie photoacoustique, nanoscopie).

## Niveau requis

Transformation de Fourier. Notions de propagation d'ondes (acoustiques et électromagnétiques).

## Modalités d'évaluation

Travail personnel soit sur documents, soit de type code informatique, laissé au choix de l'étudiant (3 articles possible, et 3 types de problèmes à illustrer par un code).

**Responsable** : Emmanuel Bossy

**Période** : option physique

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : mardi 30 mai 2017

## Ingénieur

# ESPCI 3<sup>ème</sup> année Option Physique

**Langue du programme**: Français

## Contenu:

- Trois cours obligatoires : Physique du solide, physique de la mesure, apprentissage statistique.

---

- Deux cours de spécialité à choisir parmi :

Biophysique

Ondes en milieux complexes

Introduction à la CFD

---

- Cours d'option à choisir (pour un total compris entre 3 et 4,5 ECTS) parmi :

Microfluidique (3 ECTS)

Introduction au Génie Nucléaire, (3 ECST)

Trajectoires Avancées (1.5 ECTS)

Physique des composants microélectronique (1.5 ECTS)

Environnement et Développement Durables, (1.5 ECTS)

Etats Colloïdaux et Bio-colloïdes, (1.5 ECTS)

Biotransformation et Génie des procédés (1.5 ECTS)

ou

Génie Chimique (option 2 mutualisée avec l'ENSCP) (2 ECTS)

---

- un « enseignement d'ouverture » au choix parmi les modules suivants qui sont ouverts à toutes les dominantes : (5 ECTS)

Chimie Fine et Biologie

Systèmes Énergétiques

Informatique

Matériaux sur mesures (option mutualisée avec l'X)

Méthodes et Instrumentation pour imagerie médicale

Relativité et Electromagnétisme

## Composition du programme :

- Physique du Solide
- Physique de la mesure
- Ondes en milieux complexes
- Microfluidique
- Colloïdes et biomolécules
- Cours extérieur: ENSCP\_OPT\_GC2 (Lien vers ParisTech)
- Matériaux avancés
- Imagerie médicale : de la mesure à l'image

Dernière mise à jour: mar. 30 juin 2009

## PS3 Physique du Solide

Cours : 18 h

ObjectifsLorsqu'on cherche à décrire le comportement électrique, magnétique, optique ou thermique des solides, il n'est pas possible, compte tenu du nombre élevé d'atomes par unité de volume d'effectuer une analyse précise à partir du comportement de chaque atome.

La physique du solide permet de construire des modèles qui, s'ils sont vérifiés par des expériences, peuvent être considérés comme représentatifs.

Le formalisme, construit à cette fin, a de nombreuses applications. Des exemples seront donnés dans des domaines variés et parfois apparemment très éloignés de la physique du solide.

Contenu

Premières approches théoriques des propriétés des solides

Modèle de Drude d'un métal (classique)

Modèle de Sommerfeld d'électrons libres (traitement quantique mais sans potentiel cristallin)

Phonons

Zones de Brillouin

Vibrations du réseau cristallin

Chaleur spécifique d'un cristal

Electrons dans un cristal (traitement quantique)

Théorème de Bloch

Modèle d'électrons presque libres

Modèle de liaisons fortes

Conséquence de l'existence des bandes électroniques

Occupation des bandes. Semi-conducteurs, matériaux  
Semi-conducteurs intrinsèques  
Semi-conducteurs dopés  
Conductivité électrique (approximation de temps de relaxation)  
Propriétés optiques des solides  
Phénomènes optiques dans des matériaux massifs  
Propriétés optiques des hétéro-structures  
Supraconductivité  
Aspects historiques  
Approches théoriques  
Applications de la supraconductivité  
Conclusions  
Problématiques actuelles et défis de la physique des Solides  
Préceptat  
Les systèmes périodiques  
Vibrations et phonons  
Chaleur spécifique, susceptibilité, paramagnétique, l'électron presque libre  
Structure électronique du graphène  
Les semi-conducteurs et la jonction PN - applications  
Transistor à effet de champ et gaz 2D d'électrons  
L'effet Hall quantique

## Niveau requis

niveau M1 en physique

## Modalités d'évaluation

examen écrit (2-3 heures)

**Responsable :** Dimitri Roditchev

**Prérikode :** option physique

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** mercredi 05 juillet 2017

## PM Physique de la mesure

Cours : 13 h - Travaux pratiques : 11 h

Objectifs Les objectifs du cours sont les suivants :

donner les bases des techniques de filtrage de signaux  
montrer l'importance de la FFT pour les problèmes linéaires  
présenter les effets non-linéaires et de leurs caractéristiques.

Contenu

Systèmes non-linéaires et introduction au chaos

Rappels sur les notions classiques de traitement du signal

Les lois de probabilité et leur application à des signaux bruités.

Le théorème de la limite centrale.

Son application directe : un signal expérimental ne marche pas !

Existence d'un temps de corrélation d'un signal expérimental.

Moyennage et détection synchrone.

La transformée de Fourier 1D

Décomposition d'un signal sur une base orthogonale, exemple des polynômes orthogonaux.

Harmoniques, signal de Dirac, importance de la phase.

Fourier, la base idéale pour les équations linéaires.

Transformée discrète et signaux périodiques. Principe de l'algorithme de la FFT 2N.

Les artefacts de la FFT.

Filtrage, corrélation, convolution, applications.

Numérisation et théorème de Shannon

Nécessité du filtrage avant numérisation, aliasing.

Cas particulier d'une caméra, conséquence de l'absence de filtrage temporel.

La transformée de Fourier 2D

Convolution et déconvolution, exemple rendre net une photo floue.

Reconstitution d'une image en utilisant l'espace de Fourier.

Cliché de rayon X

Principe de la tomographie.

Les nouvelles microscopies optiques ayant une résolution optique supérieure : celle donnée par le critère de Rayleigh.

La physique du bruit

Les différents types de bruit et leurs origines physiques.

Bruit de grenaille et mesure de la charge élémentaire.

Bruit d'une résistance, analogie avec le mouvement Brownien. Discussion du théorème de fluctuation-dissipation.

Caractéristiques spectrales de ces bruits physiques. Densité spectrale de bruit. Existence du bruit en  $1/f$ .

Variation de ces bruits avec la température.

Adaptation d'un amplificateur dans une chaîne de mesure.

Travaux Pratiques

Trois séances d'une demi-journée traitent de :

Traitement de signaux et d'images : rotation d'images, simulations et réelles aux formats tif et jpeg. Mise en œuvre de filtres simples, appliqués à des signaux, à des images simulées (fractales de Julia et de Mandelbrot) et à des images réelles.

Vélocimétrie par Images de Particules (VIP) (en anglais Particle Image Velocimetry, ou PIV), méthode qui permet de mesurer la vitesse d'objets dans une série d'images.

Reconstruction tomographique : reconstruction d'une photo 2D à partir de projections 1D réalisées pour une série d'angles autour d'un même axe.

## Modalités d'évaluation

un examen écrit de 2h, et un rapport de TP illustrant l'un des trois thèmes mentionnés ci-dessus accompagné d'un programme Matlab.

**Responsable :** Vincent Croquette, Isabelle Rivals

**Précipité :** option physique

**Nombre d'heures :** 24

**Crédits ECTS :** 3,5

**Dernière mise à jour :** mercredi 08 mars 2017

## OMC Ondes en milieux complexes

Cours : 12 h

**Objectifs** Comprendre les phénomènes de diffusion d'ondes dans les systèmes désordonnés (ex : matière molle, tissus biologiques). Introduire les techniques d'imagerie de ces milieux utilisant des mesures d'intensité moyenne (transport) ou de speckle (interférences). Le fil conducteur du cours est l'imagerie optique, mais on insiste sur la généralité des concepts et des méthodes et de nombreuses références sont faites à l'acoustique et au transport électronique.

**Contenu**

Diffusion de la lumière par des particules

Diffusion multiple et transport en milieu diffusant

Speckle

Diffusion dynamique de la lumière

**Liens avec d'autres modules d'enseignement** Le cours est transversal par nature. Bien que le cours soit articulé autour de la propagation et de l'imagerie optique dans les milieux diffusants (cours d'Optique), on établit en continu le lien avec la propagation acoustique (cours d'Ondes et acoustique), la propagation et le transport électronique (cours de Physique du solide). L'approche statistique utilisée pour modéliser le transport et speckle établit un lien avec le cours de Physique statistique appliquée. Le cours ouvre naturellement sur les applications de caractérisation de matière molle (diffusion dynamique de la lumière) et d'imagerie biomédicale.

### Niveau requis

Propagation d'ondes et interaction lumière-matière (cours d'ondes électromagnétiques, cours d'optique, cours d'ondes et acoustique).

### Modalités d'évaluation

Travail en temps libre.

**Responsable** : Emmanuel Bossy

**Pré-requis** : option physique

**Nombre d'heures** : 12

**Crédits ECTS** : 1,5

**Dernière mise à jour** : mardi 05 septembre 2017

## MIF Microfluidique

Cours : 12 h - Præceptorat : 6 h

**Objectifs** Le but est d'introduire les étudiants dans le domaine de la microfluidique, dans un esprit pluridisciplinaire. Le cours comprend une introduction générale sur les microsystèmes, les MEMS, les laboratoires sur puce, les puces ADN,... Nous expliquons comment les équilibres des systèmes "ordinaires" sont bouleversés par la miniaturisation. Nous nous concentrons ensuite sur les écoulements dans les microsystèmes, les phénomènes d'adsorption, de dispersion, de séparation dans les systèmes microfluidiques. Suit une description des phénomènes électrocinétiques, qui sont souvent exploités dans les microsystèmes, pour transporter des fluides, ou séparer des molécules. Finalement, nous présentons,

un niveau intellectuel, les techniques de microfabrication courantes, basées sur Silicium ou autres matériaux, permettant de réaliser des microsystèmes.

## Contenu

Introduction générale sur les microsystèmes

La physique de la miniaturisation

Les écoulements dans les microsystèmes

Phénomènes d'adsorption, de mélange ; applications ; la séparation dans les microsystèmes

Phénomènes électrocinétiques : électroosmose, électrophorèse, diélectrophorèse

Introduction aux techniques de microfabrication

Préceptorat

Analyse d'un article et démonstration de l'expérience correspondante, par exemple :

Analyse d'une réaction chimique dans un microcanal

Cassure de gouttes dans un microcanal

Structure de microgouttes dans un microcanal

## Niveau requis

Bases de physique, hydrodynamique, biologie, physico-chimie.

## Modalités d'évaluation

Ecrit sur la préparation d'un article donné par avance.

**Responsable :** Patrick Tabeling

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** mercredi 31 mai 2017

## COB Colloïdes et biomolécules

Cours : 11 h

**Objectifs** Ce cours traite de la dynamique et du comportement microscopique des colloïdes et plus particulièrement des colloïdes bioactifs tels que les protéines, les enzymes et les anticorps. Les trois premières parties sont théoriques et fournissent des méthodes pour rationaliser et modéliser les systèmes en interactions, en prenant en compte spécificité et catalyse. La dernière partie décrit comment l'évolution de la science colloïdale a été exploitée pour concevoir de nouveaux dispositifs de diagnostic de la santé du 20<sup>ème</sup> siècle aux dernières découvertes et stratégies actuellement développées par les start-ups.

**Contenu** Les questions clés qui sont abordées dans ce cours sont :

Comment les colloïdes diffusent-ils dans leur environnement via le mouvement brownien ?

Comment les biomolécules et les colloïdes interagissent-ils et s'associent-ils dans un milieu complexe ?

Comment modéliser les interactions entre un ligand et un récepteur sur les membranes cellulaires ?

Quelles sont les dynamiques de dissociation des bio-complexes et comment étudier les propriétés de ces associations ?

Comment appliquer la science colloïdale au diagnostic médical ?

## Niveau requis

Diffusion, cinétique chimique.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit.

**Responsable :** Jérôme Bibette

**Précipité :** option physico-chimie

**Nombre d'heures :** 11

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** lundi 10 juillet 2017

## MA Matériaux avancés

Cours : 24h - Visite d'une usine Saint-Gobain : une journée

Objectifs L'objectif de cette série de conférences en anglais est de donner aux élèves un aperçu du type de recherches effectuées dans le monde académique ou l'industrie dans le domaine des matériaux.

Contenu Ce module s'inscrit dans une option commune X-ESPCI de la Chaire Saint-Gobain. Il comprend 8 séminaires de 3 heures donnés par des chercheurs de renommée internationale dans le domaine des matériaux, plus une visite d'usine. Les cours dispensés en anglais ont lieu alternativement à l'X et l'ESPCI. Une des journées est consacrée à une visite d'un site de production Saint-Gobain.

Le programme change chaque année. À titre d'exemple, voici le programme 2017 : E.

Wimmer (Materials design) : ab initio numerical simulations to predict materials properties

U. Steiner (EPFL) : photonic materials obtained by self assembly

P. Van Mechelen (ABB corp) : Hydrogen transport in materials

J.-M. Tarascon (Collège de France) : 20 years of development of materials for batteries

P. Ohashi (NIMS, Japan) : Challenges in materials sciences for energy and sustainable development

K. Scrivener (EPFL) : Cementitious materials, green chemistry in action

A. Saint-Jalmes (Institut Physique de Rennes) : physics and chemistry challenges involved in the stabilization of aqueous foams

S. Granick (Korean center for basic research) : For those who are bored with thermodynamics: physics of active colloids

Visite de l'usine Saint-Gobain de Sully : production de verre pour l'industrie aéronautique

## Modalités d'évaluation

Résumé des conférences et recherche bibliographique personnelle autour d'un thème abordé pendant les conférences.

**Précipité :** option physico-chimie

**Nombre d'heures :** 30

**Crédits ECTS :** 4

**Dernière mise à jour :** jeudi 23 février 2017

## IM Imagerie médicale : de la mesure à l'image

Cours : 18 h

Objectifs Compréhension de la formation des images à partir des types de signaux mesurés.

Contenu La première partie du cours concerne les techniques d'imagerie médicale dite de routine (IRM, échographie, scanner X). La seconde partie introduit des techniques plus récentes voire encore au stade de la recherche (élastographie, imagerie photoacoustique, nanoscopie).

### Niveau requis

Transformation de Fourier. Notions de propagation d'ondes (acoustiques et électromagnétiques).

### Modalités d'évaluation

Travail personnel soit sur documents, soit de type code informatique, laissé au choix de l'étudiant (3 articles possible, et 3 types de problèmes à illustrer par un code).

**Responsable :** Emmanuel Bossy

**Prériorité :** option physique

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 3

**Dernière mise à jour :** mardi 30 mai 2017

## Ingénieur

## ESPCI 3<sup>ème</sup> année Option Physico-Chimie

**Langue du programme:** Français

### Contenu:

- Trois cours obligatoires :

Physique du solide (4 ECTS)

Chimie Inorganique Avancée (2 ECTS)

Apprentissage statistique ou Chimie Analytique (1 ECTS)

- Des cours de spécialité à choisir parmi des cours de physique et de chimie pour un total de 11 à 13 ECTS (5 à 8 ECTS de physique/5 à 8 ECTS de chimie).

Enseignements de chimie :

Rhéologie (1 ECTS)

Chimie Inorganique Avancée (2 ECTS)

Synthèse des polymères (3 ECTS)

Biochimie (1,5 ECTS)

Réactivité (1,5 ECTS)

Synthèse Organique (3 ECTS)

Enseignements de physique :

Physique de la mesure (3 ECTS)

Ondes en milieux complexes (1,5 ECTS)

Biophysique (1,5 ECTS)

- Des cours d'option à choisir (pour un total compris entre 3 et 4,5 ECTS) parmi :

Microfluidique (3 ECTS)

Introduction au Génie Nucléaire, (3 ECST)

Trajectoires Avancées (1.5 ECTS)

Physique des composants microélectronique (1.5 ECTS)

Environnement et Développement Durables, (1.5 ECTS)

Etats Colloïdaux et Bio-colloïdes, (1.5 ECTS)

Biotransformation et génie des procédés (1.5 ECTS)

ou

Génie Chimique (option 2 mutualisée avec l'ENSCP) (2 ECTS)

- un « enseignement d'ouverture » au choix parmi les modules suivants qui sont ouverts à toutes les dominantes : (5 ECTS)

Chimie Fine et Biologie

Systèmes Énergétiques

Informatique

Matériaux sur mesures (option mutualisée avec l'ENSCP)

Méthodes et Instrumentation pour imagerie médicale

Relativité et Electromagnétisme

## Composition du programme :

- Physique du Solide
- Chimie inorganique avancée
- Chimie analytique
- Chimie inorganique avancée
- Chimie des polymères
- Biotechnologie moléculaire
- Synthèse organique sélective avancée
- Physique de la mesure
- Ondes en milieux complexes
- Microfluidique
- Colloïdes et biomolécules
- Cours extérieur: ENSCP\_OPT\_GC2 (Lien vers ParisTech)
- Matériaux avancés
- Imagerie médicale : de la mesure à l'image

Dernière mise à jour: mar. 30 juin 2009

## PS3 Physique du Solide

Cours : 18 h

Objectifs : Lorsqu'on cherche à décrire le comportement électrique, magnétique, optique ou thermique des solides, il n'est pas possible, compte tenu du nombre élevé d'atomes par unité de volume d'effectuer une analyse précise à partir du comportement de chaque atome.

La physique du solide permet de construire des modèles qui, s'ils sont vérifiés par des expériences, peuvent être considérés comme représentatifs.

Le formalisme, construit à cette fin, a de nombreuses applications. Des exemples seront donnés dans des domaines variés et parfois apparemment très éloignés de la physique du solide.

Contenu

Premières approches théoriques des propriétés des solides

Modèle de Drude d'un métal (classique)

Modèle de Sommerfeld d'électrons libres (traitement quantique mais sans potentiel cristallin)

Phonons

Zones de Brillouin

Vibrations du réseau cristallin

Chaleur spécifique d'un cristal

Electrons dans un cristal (traitement quantique)

Théorème de Bloch

Modèle d'électrons presque libres

Modèle de liaisons fortes

Conséquence de l'existence des bandes électroniques

Occupation des bandes. Semi-conducteurs, métaux

Semi-conducteurs intrinsèques

Semi-conducteurs dopés

Conductivité électrique (approximation de temps de relaxation)

Propriétés optiques des solides

Phénomènes optiques dans des matériaux massifs

Propriétés optiques des hétéro-structures

Supraconductivité

Aspects historiques

Approches théoriques

Applications de la supraconductivité

Conclusions

Problématiques actuelles et défis de la physique des Solides

Préceptes

Les systèmes périodiques

Vibrations et phonons

Chaleur spécifique, susceptibilité, paramagnétique, l'électron presque libre

Structure électronique du graphène

Les semi-conducteurs et la jonction PN - applications

Transistor à effet de champ et gaz 2D d'électrons

L'effet Hall quantique

## Niveau requis

niveau M1 en physique

## Modalités d'évaluation

examen écrit (2-3 heures)

**Responsable :** Dimitri Roditchev

**Précédent :** option physique

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** mercredi 05 juillet 2017

## CIA Chimie inorganique avancée

Cours : 12 h

Objectifs Plus de 80% des procédés de fabrication comprennent au moins une réaction catalysée. La catalyse permet généralement de diminuer les coûts (énergie, séparation, retraitement, ...) et de limiter l'emploi de matières toxiques ou dangereuses. L'enjeu économique et écologique est donc évident.

Pour bien comprendre les phénomènes mis en jeu, le cours présente les différents types de catalyse à travers l'étude de grands procédés industriels et de cycles fondamentaux du vivant.

Les problèmes liés à la performance et à l'optimisation d'un système catalytique, à son coût, à son impact écologique, sont mis en avant et expliqués par une approche cinétique mécanistique.

Le cours s'appuie sur les connaissances acquises en deuxième année en Chimie et Matériaux Inorganiques.

### Contenu

Catalyses industrielles

Catalyse : concepts fondamentaux

Catalyses et grands procédés industriels

Mécanismes et cinétique de catalyse homogène

Performances d'un système catalytique homogène

Biocatalyses

Eléments de la biosphère

Catalyse acide, enzyme à zinc

Catalyse redox

Procédés industriels utilisant des biocatalyseurs

## Niveau requis

Chimie inorganique, chimie organométallique, bases de catalyse homogène.

## Modalités d'évaluation

Deux DM (biocatalyse + catalyses homogène et hétérogène) de réflexion à partir d'une publication.

**Responsable :** Corinne Soulié, Sophie Norvez

**Période :** option chimie

**Nombre d'heures :** 12

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** vendredi 22 février 2019

## CMT Chimométrie

Cours : 12 h

Objectifs Le cours a pour objectif l'acquisition des outils chimométriques nécessaires à la construction rationnelle d'expériences et permettant une exploitation optimale des résultats. Une attention particulière est apportée aux relations entre les conclusions statistiques, leur interprétation physico-chimique et les conséquences pratiques qui en découlent.

Contenu

ANOVA (Analyse de la Variance) à un facteur contrôlé;

Principe et utilité;

Tests statistiques

Tableau d'ANOVA et interprétation

Etudes de cas

La régression linéaire

Principe et utilité;

Statistiques de la régression

Hyperboles de confiance et de prédiction

Adéquation du modèle

Etudes de cas

Les plans d'expériences

Principe et utilité;

Plans factoriels 2n

Significativité des effets

Plans factoriels fractionnaires 2n-p et de criblage Plans pour surface de réponse

### Niveau requis

Cours de Statistique appliquée.

### Modalités d'évaluation

Examen écrit d'une durée de deux heures (incluant l'évaluation de Statistique appliquée).

**Responsable :** Jérôme Vial

**Période :** option chimie

**Nombre d'heures :** 12

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** mercredi 31 mai 2017

## CIA Chimie inorganique avancée

Cours : 12 h

Objectifs Plus de 80% des procédés de fabrication comprennent au moins une réaction catalysée. La catalyse permet généralement de diminuer les coûts (énergie, séparation, retraitement, ...) et de limiter l'emploi de matières toxiques ou dangereuses. L'enjeu économique et écologique est donc évident.

Pour bien comprendre les phénomènes mis en jeu, le cours présente les différents types de catalyse à travers l'étude de grands procédés industriels et de cycles fondamentaux du vivant.

Les problèmes liés à la performance et à l'optimisation d'un système catalytique, son coût, son impact écologique, sont mis en avant et expliqués par une approche cinétique mécanistique.

Le cours s'appuie sur les connaissances acquises en deuxième année en Chimie et Matériaux Inorganiques.

## Contenu

Catalyses industrielles

Catalyse : concepts fondamentaux

Catalyses et grands procédés industriels

Mécanismes et cinétique de catalyse hétérogène

Performances d'un système catalytique hétérogène

Biocatalyses

Éléments de la biosphère

Catalyse acide, enzyme à zinc

Catalyse redox

Procédés industriels utilisant des biocatalyseurs

## Niveau requis

Chimie inorganique, chimie organométallique, bases de catalyse homogène.

## Modalités d'évaluation

Deux DM (biocatalyse + catalyses homogène et hétérogène) de réflexion à partir d'une publication.

**Responsable :** Corinne Soulié, Sophie Norvez

**Préciprisme :** option chimie

**Nombre d'heures :** 12

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** vendredi 22 février 2019

## CP Chimie des polymères

Cours : 12 h - Travaux dirigés : 4 h

Objectifs Ce cours a pour objectif de présenter les concepts et les outils utilisés en ingénierie macromoléculaire pour concevoir et synthétiser des polymères à fonction.

Pour ce faire, les spécificités des deux grandes familles de polymérisation, à savoir la polymérisation en chaîne et la polymérisation par étapes, sont présentées de façon générale, puis exemplifiées en détails, respectivement au travers de la polymérisation radicalaire et de la polycondensation.

Les concepts abordés en cours et lors des exercices dirigés (méthodologie de synthèse, relation

structure/réactivité, mécanismes réactionnels, cinétique, procédés de polymérisation) doivent permettre de maîtriser et de rationaliser la conception et la synthèse de polymères en prenant en compte les différents paramètres structuraux que sont la masse molaire, la dispersité, la composition, la topologie et la fonctionnalité.

## Contenu

### Introduction

### Thermoplastiques / Thermodurcissables

### Polymérisation en chaîne / Polymérisation par étapes

### Quelques propriétés des polymères

### Ingénierie macromoléculaire

### Polymérisation radicalaire

### Relation structure/réactivité

### Étapes élémentaires

### Amorçage

### Propagation

### Terminaison

### Transfert et télomérisation

### Degré de polymérisation

### Copolymérisation

### Polymérisation radicalaire contrôlée

### Concepts et caractéristiques

### Polymérisation radicalaire contrôlée par les nitroxydes (NMP)

### Polymérisation radicalaire par transfert d'atome (ATRP)

### Polymérisation radicalaire par transfert de chaîne réversible par addition/fragmentation (RAFT)

### Techniques de mise en œuvre de la polymérisation radicalaire

### Polymérisation en masse

### Polymérisation en solution

### Polymérisation en suspension

### Polymérisation en émulsion

### Polymérisation par étapes

### Degré de polymérisation

### Masses molaires et distribution des masses molaires

### Point de gel et réseaux

### Cinétiques des polymérisations par étapes

### Grandes familles de polymères obtenus par polycondensation et polyaddition

### Ingénierie Macromoléculaire

### Masses molaires et distribution des masses molaires

### Composition: copolymères

### Topologie: polymères greffés

### Topologie: polymères ramifiés

### Topologie: dendrimères

### Fonctionnalité: modification chimique

### Travaux dirigés

### Polymérisations radicalaire et radicalaire contrôlée

### Polycondensation et polyaddition

## Niveau requis

Notions de base en chimie organique.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit.

**Responsable :** Renaud Nicolaï

**Période :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 16

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** lundi 05 juin 2017

## BTM Biotechnologie moléculaire

Cours : 12 h - Travaux dirigés : 5 h

Objectifs Compréhension de l'état de l'art méthodologique en biotechnologie et son application à la recherche fondamentale et appliquée.

Contenu Les cours couvriront l'état de l'art technologique d'ADN recombinant, y compris :

l'amplification

le clonage

la synthèse

le séquençage (y compris le séquençage de la prochaine génération)

la mutagenèse (dirigée et aléatoire)

la recombinaison

l'éditio cibée du génome (p. Ex. En utilisant CRISPR/Cas9)

la surexpression des protéines recombinantes

le criblage et la sélection

l'évolution dirigée

Ces techniques seront illustrées par la présentation d'un certain nombre d'applications importantes de la biotechnologie moléculaire :

ingénierie des protéines pour les études fondamentales et les applications industrielles des enzymes

ingénierie des protéines pour les applications thérapeutiques (e.g. anticorps thérapeutiques)

ingénierie des systèmes diagnostiques

ingénierie des vaccins

Travaux dirigés Aide à la préparation en petits groupes d'une courte présentation pédagogique (Powerpoint) destinée au reste de la classe (15 min de présentation + 5 min de questions).

## Niveau requis

Connaissances de base en biochimie/biologie moléculaire.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit de deux heures (70% de la note) + projet de groupe (30% de la note).

**Responsable :** Andrew Griffiths

**Période :** option biotechnologie

**Nombre d'heures :** 17

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** lundi 12 juin 2017

## ASOS Synthèse organique sélective avancée

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 4 h

Objectifs Que ce soit au travers des médicaments, des produits agrochimiques, parfums, produits cosmétiques, et matériaux, la Chimie organique fine est partout. Connaître les bases de la synthèse organique est donc essentiel pour un chimiste. Cet enseignement s'adresse aux chimistes et vise à les initier aux nouvelles réactions utilisées dans l'industrie. Des études de rétrosyntheses et synthèses de molécules complexes sont exposées, en mettant en évidence les problèmes de chimiosélectivité rencontrés et en mettant l'accent sur l'utilisation de réactions respectueuses de l'environnement.

### Contenu

Réactions d'alkylation chimiosélectives

Réactions organocatalytiques

Couplages organométalliques

Métathèse et applications

Couplages organométalliques avec le palladium, le fer, et le cuivre

Réactions d'oxydations et de réductions catalytiques

Interconversions de groupes fonctionnels

Réactions radicalaires

Réarrangements

Synthèses d'hétérocycles aromatiques et non aromatiques

### Niveau requis

Avoir suivi les cours de première année du module CHO

### Modalités d'évaluation

Examen écrit avec des questions de cours et des problèmes de réflexion

**Responsable :** Amandine Guérinot, Christophe Meyer, Véronique Bellosta, Domingo Gomez-pardo

**Prériorité :** option biotechnologie

**Nombre d'heures :** 24

**Crédits ECTS :** 4

**Dernière mise à jour :** samedi 08 décembre 2018

## PM Physique de la mesure

Cours : 13 h - Travaux pratiques : 11 h

Objectifs Les objectifs du cours sont les suivants :

donner les bases des techniques de filtrage de signaux

montrer l'importance de la FFT pour les problèmes linéaires

présenter les effets non-linéaires et de leurs caractéristiques.

### Contenu

Systèmes non-linéaires et introduction au chaos

Rappels sur les notions classiques de traitement du signal

Les lois de probabilité et leur application à des signaux bruités.

Le théorème de la limite centrale.

Son application directe : un signal expérimental ne marche pas !

Existence d'un temps de corrélation d'un signal expérimental.

Moyennage et détection synchrone.

La transformée de Fourier 1D

Décomposition d'un signal sur une base orthogonale, exemple des polynômes orthogonaux.

Harmoniques, signal de Dirac, importance de la phase.

Fourier, la base idéale pour les équations linéaires.

Transformée discrète et signaux périodiques. Principe de l'algorithme de la FFT 2N.

Les artefacts de la FFT.

Filtrage, corrélation, convolution, applications.

Numérisation et théorème de Shannon

Nécessité du filtrage avant numérisation, aliasing.

Cas particulier d'une caméra, conséquence de l'absence de filtrage temporel.

La transformée de Fourier 2D

Convolution et déconvolution, exemple rendre net une photo floue.

Reconstitution d'une image en utilisant l'espace de Fourier.

Cliché de rayon X

Principe de la tomographie.

Les nouvelles microscopies optiques ayant une résolution optique supérieure : celle donnée par le critère de Rayleigh.

La physique du bruit

Les différents types de bruit et leurs origines physiques.

Bruit de grenaille et mesure de la charge élémentaire.

Bruit d'une résistance, analogie avec le mouvement Brownien. Discussion du théorème de fluctuation-dissipation.

Caractéristiques spectrales de ces bruits physiques. Densité spectrale de bruit. Existence du bruit en  $1/f$ .

Variation de ces bruits avec la température.

Adaptation d'un amplificateur dans une chaîne de mesure.

Travaux Pratiques

Trois séances d'une demi-journée traitent de :

Traitement de signaux et d'images : rotation d'images, simulations et réelles aux formats tif et jpeg. Mise en œuvre de filtres simples, applications à des signaux, à des images simulées (fractales de Julia et de Mandelbrot) et à des images réelles.

Vélocimétrie par Images de Particules (VIP) (en anglais Particle Image Velocimetry, ou PIV), méthode qui permet de mesurer la vitesse d'objets dans une série d'images.

Reconstruction tomographique : reconstruction d'une photo 2D à partir de projections 1D réalisées pour une série d'angles autour d'un même axe.

## Modalités d'évaluation

un examen écrit de 2h, et un rapport de TP illustrant l'un des trois thèmes mentionnés ci-dessus accompagné d'un programme Matlab.

**Responsable :** Vincent Croquette, Isabelle Rivals

**Précipède :** option physique

**Nombre d'heures :** 24

**Credits ECTS :** 3,5

**Dernière mise à jour :** mercredi 08 mars 2017

## OMC Ondes en milieux complexes

Cours : 12 h

**Objectifs** Comprendre les phénomènes de diffusion d'ondes dans les systèmes désordonnés (ex : matière molle, tissus biologiques). Introduire les techniques d'imagerie de ces milieux utilisant des mesures d'intensité moyenne (transport) ou de speckle (interférences). Le fil conducteur du cours est l'imagerie optique, mais on insiste sur la généralité des concepts et des méthodes et de nombreuses références sont faites à l'acoustique et au transport électronique.

**Contenu**

Diffusion de la lumière par des particules

Diffusion multiple et transport en milieu diffusant

Speckle

Diffusion dynamique de la lumière

**Liens avec d'autres modules d'enseignement** Le cours est transversal par nature. Bien que le cours soit articulé autour de la propagation et de l'imagerie optique dans les milieux diffusants (cours d'Optique), on établit en continu le lien avec la propagation acoustique (cours d'Ondes et acoustique), la propagation et le transport électronique (cours de Physique du solide). L'approche statistique utilisée pour modéliser le transport et speckle établit un lien avec le cours de Physique statistique appliquée. Le cours ouvre naturellement sur les applications de caractérisation de matière molle (diffusion dynamique de la lumière) et d'imagerie biomédicale.

### Niveau requis

Propagation d'ondes et interaction lumière-matière (cours d'ondes électromagnétiques, cours d'optique, cours d'ondes et acoustique).

### Modalités d'évaluation

Travail en temps libre.

**Responsable :** Emmanuel Bossy

**Pré-requis :** option physique

**Nombre d'heures :** 12

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** mardi 05 septembre 2017

## MIF Microfluidique

Cours : 12 h - Præceptorat : 6 h

**Objectifs** Le but est d'introduire les étudiants dans le domaine de la microfluidique, dans un esprit pluridisciplinaire. Le cours comprend une introduction générale sur les microsystèmes, les MEMS, les laboratoires sur puce, les puces à ADN,... Nous expliquons comment les équilibres des systèmes "ordinaires" sont bouleversés par la miniaturisation. Nous nous concentrons ensuite sur les écoulements dans les microsystèmes, les phénomènes d'adsorption, de dispersion, de séparation dans les systèmes microfluidiques. Suit une description des phénomènes électrocinétiques, qui sont souvent exploités dans les microsystèmes, pour

transporter des fluides, ou séparer des molécules. Finalement, nous présentons, à un niveau élémentaire, les techniques de microfabrication courantes, basées sur Silicium ou autres matériaux, permettant de réaliser des microsystèmes.

## Contenu

Introduction générale sur les microsystèmes

La physique de la miniaturisation

Les écoulements dans les microsystèmes

Phénomènes d'adsorption, de mélange ; applications ; la séparation dans les microsystèmes

Phénomènes électrocinétiques : électroosmose,

électrophorèse, diélectrophorèse

Introduction aux techniques de microfabrication

Préceptorat

Analyse d'un article et démonstration de l'expérience correspondante, par exemple :

Analyse d'une réaction chimique dans un microcanal

Cassure de gouttes dans un microcanal

Structure de microgouttes dans un microcanal

## Niveau requis

Bases de physique, hydrodynamique, biologie, physico-chimie.

## Modalités d'évaluation

Ecrit sur la préparation d'un article donné par avance.

**Responsable :** Patrick Tabeling

**Précipité :** tronc commun

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 2

**Dernière mise à jour :** mercredi 31 mai 2017

## COB Colloïdes et biomolécules

Cours : 11 h

Objectifs Ce cours traite de la dynamique et du comportement microscopique des colloïdes et plus particulièrement des colloïdes bioactifs tels que les protéines, les enzymes et les anticorps. Les trois premières parties sont théoriques et fournissent des méthodes pour rationaliser et modéliser les systèmes en interactions, en prenant en compte spécificité et catalyse. La dernière partie décrit comment l'évolution de la science colloïdale a été exploitée pour concevoir de nouveaux dispositifs de diagnostic de la santé du 20<sup>ème</sup> siècle aux dernières découvertes et stratégies actuellement développées par les start-ups.

Contenu Les questions clés qui sont abordées dans ce cours sont :

Comment les colloïdes diffusent-ils dans leur environnement via le mouvement brownien ?

Comment les biomolécules et les colloïdes interagissent-ils et s'associent-ils dans un milieu complexe ?

Comment modéliser les interactions entre un ligand et un récepteur sur les membranes cellulaires ?

Quelles sont les dynamiques de dissociation des bio-complexes et comment étudier les propriétés de

ces associations ?

Comment appliquer la science colloïdale au diagnostic médical ?

## Niveau requis

Diffusion, cinétique chimique.

## Modalités d'évaluation

Examen écrit.

**Responsable :** Jérôme Bibette

**Période :** option physico-chimie

**Nombre d'heures :** 11

**Crédits ECTS :** 1,5

**Dernière mise à jour :** lundi 10 juillet 2017

## MA Matériaux avancés

Cours : 24h - Visite d'une usine Saint-Gobain : une journée

Objectifs L'objectif de cette série de conférences en anglais est de donner aux élèves un aperçu du type de recherches effectuées dans le monde académique ou l'industrie dans le domaine des matériaux.

Contenu Ce module s'inscrit dans une option commune X-ESPCI de la Chaire Saint-Gobain. Il comprend 8 séminaires de 3 heures donnés par des chercheurs de renommée internationale dans le domaine des matériaux, plus une visite d'usine. Les cours dispensés en anglais ont lieu alternativement à l'X et l'ESPCI. Une des journées est consacrée à une visite d'un site de production Saint-Gobain.

Le programme change chaque année. À titre d'exemple, voici le programme 2017-18 :

Wimmer (Materials design) : ab initio numerical simulations to predict materials properties

U. Steiner (EPFL) : photonic materials obtained by self assembly

P. Van Mechelen (ABB corp) : Hydrogen transport in materials

J.-M. Tarascon (Collège de France) : 20 years of development of materials for batteries

P. Ohashi (NIMS, Japan) : Challenges in materials sciences for energy and sustainable development

K. Scrivener (EPFL) : Cementitious materials, green chemistry in action

A. Saint-Jalmes (Institut Physique de Rennes) : physics and chemistry challenges involved in the stabilization of aqueous foams

S. Granick (Korean center for basic research) : For those who are bored with thermodynamics: physics of active colloids

Visite de l'usine Saint-Gobain de Sully : production de verre pour l'industrie aéronautique

## Modalités d'évaluation

Résumé des conférences et recherche bibliographique personnelle autour d'un thème abordé pendant les conférences.

**Période :** option physico-chimie

**Nombre d'heures :** 30

**Crédits ECTS :** 4

**Dernière mise à jour :** jeudi 23 février 2017

## IM Imagerie médicale : de la mesure à l'image

Cours : 18 h

Objectifs Compréhension de la formation des images à partir des types de signaux mesurés.

Contenu La première partie du cours concerne les techniques d'imagerie médicale dite de routine (IRM, échographie, scanner X). La seconde partie introduit des techniques plus récentes voire encore au stade de la recherche (élastographie, imagerie photoacoustique, nanoscopie).

### Niveau requis

Transformation de Fourier. Notions de propagation d'ondes (acoustiques et électromagnétiques).

### Modalités d'évaluation

Travail personnel soit sur documents, soit de type code informatique, laissé au choix de l'étudiant (3 articles possible, et 3 types de problèmes à illustrer par un code).

**Responsable :** Emmanuel Bossy

**Pré-requis :** option physique

**Nombre d'heures :** 18

**Crédits ECTS :** 3

**Dernière mise à jour :** mardi 30 mai 2017

## ESPCI 4<sup>ème</sup> année

**Langue du programme:** Français

### Objectifs:

Après le cycle socio-économique de 3<sup>ème</sup> année, les élèves rejoignent les cursus universitaires classiques en France (Master Recherche 2) ou à l'étranger (Masters of Science), avec poursuite éventuelle en thèse de doctorat ou PhD, ou encore, complètent leur formation dans diverses écoles d'application ou instituts spécialisés (doubles diplômes ou Masters Spécialisés). Il existe un grand nombre de possibilités qui sont toutes étudiées au cas par cas par la Direction des Etudes, en fonction du projet professionnel de chaque étudiant.

**Dernière mise à jour:** mer. 16 novembre 2005