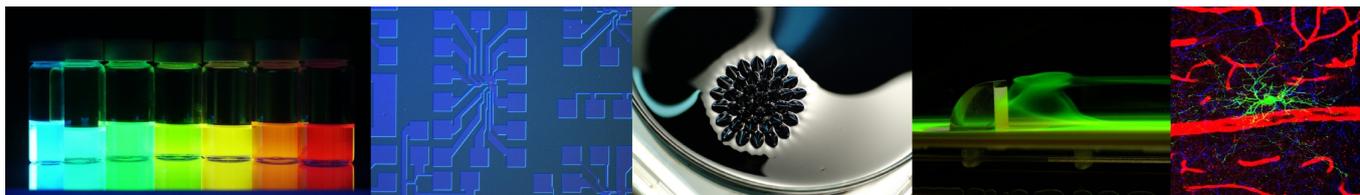


École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles

Enseignements de 2ème année du cycle
ingénieur

2009-2010



ESPCI
ParisTech

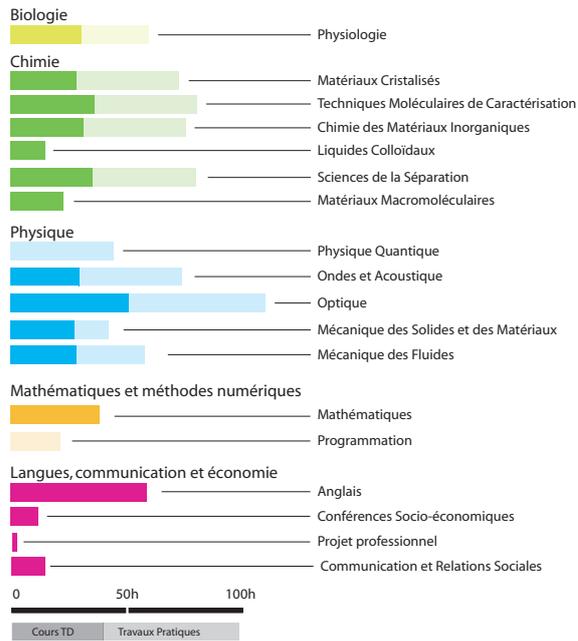


Tableau synoptique des enseignements de seconde année

Table des matières

1 Enseignements de Physique	4
1.1 Lumière et Image	4
1.2 Lumière et Matière	5
1.3 Mécanique des Fluides	7
1.4 Mécanique du Solide et des Matériaux	8
1.5 Ondes et Acoustique	10
2 Enseignements de Chimie	11
2.1 Sciences Analytiques et Bioanalytiques	11
2.2 Liquides Colloïdaux	13
2.3 Matériaux Cristallisés	14
2.4 Chimie et Matériaux Inorganiques	15
2.5 Matériaux Macromoléculaires	16
2.6 Techniques Moléculaires de Caractérisation	17
3 Enseignements de Biologie	19
3.1 Physiologie	19
4 Enseignements de Mathématiques et Méthodes Numériques	21
4.1 Méthodes Mathématiques II	21
4.2 Analyse numérique et Matlab	22
4.3 Théorie des Groupes	23
5 Enseignements de Langue, Communication et Economie	25
5.1 Anglais	25
5.2 Seconde langue vivante	25
5.3 Communication et Relations Sociales. Module 2	26
5.4 Conférences socio-économiques	26

1 Enseignements de Physique

1.1 Lumière et Image

Tronc commun 2ème année

Cours : 16 h - Travaux dirigés : 4 h - Préceptorat : 5 h - Travaux Pratiques : 37 h.

Enseignants

C. Boccara



G. Tessier



R. Carminati



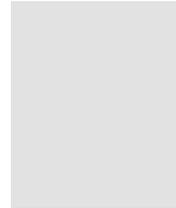
S. Gigan



F. Ramaz



J.P. Roger



Objectifs

Comprendre les principaux phénomènes qui régissent la propagation de la lumière à travers des systèmes simples pour la formation des images, le transport de l'énergie, l'interférométrie ou la spectroscopie. On utilise le formalisme de l'optique de Fourier très commode pour décrire le comportement linéaire de nombreux systèmes (imageurs, spectromètres, interféromètres, holographie, codeurs-décodeurs, etc).

Ce cours s'appuie sur la notion de distributions (maths 1ère année) et de nombreuses analogies existent avec les circuits électroniques linéaires (1ère année).

Contenu

- Les lois et les principes de l'optique géométrique
- La qualité des images
- Les composants et les systèmes optiques
- Le transport de l'énergie lumineuse
- Optique : spectroscopie et imagerie
- Cohérence en optique
- Spectromètres interférentiels et à réseau
- Diffraction et synthèses d'ouverture
- Traitement optique du signal
- Relations Objets-Images
- Filtrage optique
- Holographie - Codage - Reconnaissance

Travaux Pratiques**Spectroscopie instrumentale**

Mesure de la structure hyperfine d'une raie spectrale à l'aide d'un Fabry-Perot

Mesure de spectres larges par spectroscopie à transformée de Fourier

Etude des performances d'un spectromètre à réseau

Interférométrie et traitement des images

Interféromètre à fibres optiques

Imagerie 3D à l'échelle microscopique par holographie numérique

Filtrage spatial d'une image dans le plan de Fourier

Diffraction par une onde ultrasonore

Granularité laser

Préceptorat

L'appareil photo réflex

Spectroscopie par transformée de Fourier

Interféromètre de Fabry Perot

Le spectromètre à réseau

Optique des faisceaux gaussiens

Laboratoire associé

Laboratoire d'Optique Physique

1.2 Lumière et Matière**Tronc commun 2ème année**

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 6 h - Préceptorat : 7 h - Travaux Pratiques : 30 h.

Enseignants

C. Boccara



G. Tessier



R. Carminati



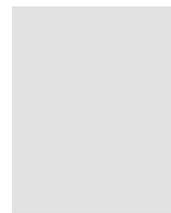
S. Gigan



F. Ramaz



J.P. Roger

**Objectifs**

Introduire à différents niveaux l'interaction lumière-matière. Le cadre peut être phénoménologique pour comprendre le fonctionnement des détecteurs de rayonnement, ou basé sur l'électromagnétisme

classique (milieux linéaires ou non linéaires, isotropes ou anisotropes) ou sur la physique quantique. On introduit aussi les éléments nécessaires à la compréhension du principe des principaux lasers et de leurs applications.

Ce cours s'appuie sur les enseignements d'électromagnétisme (1ère année) de physique quantique (1ère année et 2ème année) et de spectroscopie (2ème année).

Contenu

- Détecteurs de lumière et d'images
- Les signaux et les bruits
- Principes physiques à la base de la détection
- Exemples : détecteurs de flux et détecteurs d'images
- L'électromagnétisme classique
- Milieu isotropes (diélectriques et métalliques)
- Milieu anisotropes, propagation et interférences
- Application à la transmission de l'information
- Optique non linéaire
- Optique quantique et laser
- L'approche semi-classique et ses limites
- L'Hamiltonien d'interaction
- La physique du laser : Excitation - Relaxation - Largeur de raie
- Principaux modes de fonctionnement des lasers (monomodes, multimodes, relaxés modes bloqués, modes synchronisés)
- Les principaux lasers (gaz et solides)
- Applications des lasers

Travaux Pratiques

Lasers

- Réalisation d'un laser He-Ne
- Laser à colorant accordable
- Laser Nd :YAG, génération du second harmonique intracavité

Mesure de faibles biréfringences

- Par spectroscopie en lumière polarisée
- Par modulation de polarisation et détection synchrone
- Application à l'étude des polymères et du pouvoir rotatoire induit par un champ magnétique
- Mesure interférentielle de rugosité à l'échelle du picomètre

Interactions lumière-matière

- Effet d'un champ magnétique sur les niveaux d'énergie : effet Zeeman
- Effet mirage dans un champ de température photo-induit
- Effet photoréfractif : photochromisme et auto-diffraction

Préceptorat

- Ellipsométrie
- Interféromètre à polarisation
- Effet électro-optique
- Génération de second harmonique
- Amplification optique dans les télécommunications par fibres
- Cohérence temporelle d'un laser

Laboratoire associé

Laboratoire d'Optique Physique

1.3 Mécanique des Fluides

Tronc commun 2ème année

Cours : 19 h - Travaux dirigés : 5 h - Préceptorat : 5 h - Travaux Pratiques : 45 h.

Enseignants

Christophe Clanet José Bico



Marc Fermigier



Mathilde Reyssat



Objectifs

Ce cours est une introduction générale à la mécanique des fluides pour les physiciens et les chimistes. Il vise à donner les notions fondamentales pour la compréhension de la dynamique des écoulements et pour le transfert de masse et de chaleur. Il est plus particulièrement orienté vers l'hydrodynamique physico-chimique et les écoulements de fluides visqueux. L'accent est mis sur la détermination des ordres de grandeur pertinents, sur l'utilisation judicieuse des paramètres physiques sans dimension et le raisonnement en lois d'échelle.

Contenu

1. Qu'est-ce qu'un fluide ?
 - à l'état microscopique.
 - lien avec le macroscopique : ρ , η , E , γ
 - le modèle de Maxwell
2. Comment décrire son mouvement ?
 - lois de conservation (générales)
 - lois phénoménologiques (spécifiques : Newtonien et autres)
 - L'équation de Navier-Stokes et le nombre de Reynolds.
3. Sous quelle condition peut-il ne pas s'écouler ?
 - Archimède et l'atmosphère
 - La mer est plate, les gouttes non.
4. Et si je le secoue ?
 - vitesse du son
 - onde de surface
 - instabilité de Rayleigh-Taylor.
5. Comment coule le miel ?
 - s'écouler à bas Reynolds.
 - se déplacer à bas Reynolds.
6. Comment coule un super fluide ?
 - écoulement du fluide parfait
 - se déplacer dans un fluide parfait
7. Et si je le secoue ?
 - vagues, rides et sillages
 - instabilité de Kelvin-Helmholtz.
 - bienvenue chez les vortex !

8. Comment volent les avions ?
 - couche limite
 - décollement de couche limite
 - Ce qui se cache derrière Kutta et Joukowski.
9. Comment coule l'eau ? : MAL !
 - Une cascade d'instabilités
 - Une cascade de tourbillons : Turbulence homogène-isotrope
10. Plus vite que le son ?
 - écoulements compressibles
 - Analogie avec les écoulements en eau peu profonde.
11. Couplages Fluide et Elasticité
 - Origami, nénuphar et toiles d'araignées
 - les flagelles
 - drapeaux et champs de blé

Préceptorat

Analyses en loi d'échelle
 Propulsion animale
 Avalanches et courants de gravité
 Interaction fluide/structure élastique
 Comprendre et interpréter des écoulements variés à partir de vidéos

Travaux Pratiques

Techniques d'investigation des écoulements : visualisation et vélocimétrie locale : vélocimétrie laser Doppler, anémométrie à fil chaud, vélocimétrie à image de particules
 Milieux poreux, suspensions
 Ondes de surface
 Ecoulement de milieux granulaires
 Dynamique d'ascension des bulles
 Sillage d'obstacles non profilés et tourbillons de von Karman
 Convection thermique
 Interaction écoulement/structure élastique
 Mesure des tensions interfaciales

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes

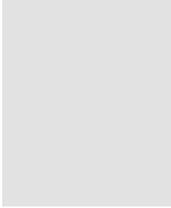
1.4 Mécanique du Solide et des Matériaux

Tronc commun 2ème année

Cours : 19 h - Travaux dirigés : 5 h - Préceptorat : 4 h - Travaux Pratiques : 45 h.

Enseignants

J.J. Marigo



P. Kurowski

**Objectifs**

Ce cours de Mécanique du solide est orienté vers l'aspect propriétés mécaniques des matériaux. Après introduction des concepts fondamentaux contrainte, déformation, énergie, il développe les principaux types de comportement en dégageant leur origine physique. Les caractéristiques viscoélastiques, plastiques, 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).

Contenu

Généralités

La résistance des matériaux : Structure et Sollicitation.

L'histoire de la Science des matériaux : l'émergence des concepts modernes.

Contraintes et Déformations

Tenseur des contraintes, Equation fondamentale de l'équilibre.

Tenseur des déformations : Propriétés.

Travail de déformation, Principes de la méthode des éléments finis.

Comportements fondamentaux

Elasticité cristalline et haute Élasticité : Raideur des liaisons atomiques

Elasticité linéaire : Modules élastiques, équation de Lamé

Problèmes plans et techniques expérimentales d'analyse des contraintes

Résistance théorique au cisaillement, Critères de Plasticité.

Plasticité parfaite, Écrouissage, Fluage.

Ductilité des métaux : dislocations.

Le paradoxe de la résistance théorique à la rupture.

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

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

Propagation et blocage d'une fissure. matériaux fragiles.

Matériaux et Structures

Flambement : coefficient de charge (structure), d'efficacité (matériaux).

Matériaux hétérogènes : Inclusion, composites.

Contact, Adhésion et Mécanique de la rupture.

Travaux Pratiques

Les travaux pratiques associés portent sur :

Les sollicitations simples : traction, flexion et torsion

L'analyse expérimentale des contraintes : extensométrie à jauges et photoélasticimétrie

La mécanique vibratoire : modes propres, la mise en évidence des comportements plastiques et de rupture sur des essais de traction.

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes

1.5 Ondes et Acoustique**Tronc commun 2ème année**

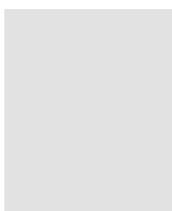
Cours : 19 h - Travaux dirigés : 6 h - Préceptorat : 5 h - Travaux Pratiques : 30 h.

Enseignants

M. Fink



G. Montaldo



A. Tourin

**Objectifs**

Cet enseignement est destiné à fournir aux étudiants les concepts permettant d'appréhender la propagation des ondes et plus particulièrement des ondes acoustiques dans des milieux variés (fluides, guides d'ondes, cavités, milieux biologiques,...). Sur un plan théorique, les approches monochromatique et impulsionnelle de la diffraction seront présentées puis l'effet des conditions aux limites sur la propagation sera étudié. Sur un plan plus pratique, la théorie de l'imagerie sera abordée à travers une comparaison des techniques d'holographie, d'imagerie par lentilles et d'échographie. Les principes du sonar et du radar seront discutés et les techniques d'ouvertures synthétiques et de codage d'impulsions décrites. Enfin, on abordera à la fin du cours les particularités de la propagation en régime non linéaire.

Contenu**Systèmes linéaires**

Réponse impulsionnelle et fonction de transfert.

L'équation d'onde comme système linéaire

Représentation intégrale des champs ondulatoires et théorie de la diffraction

Le théorème intégral en milieu homogène

La fonction de Green : unicité et réciprocity spatiale

Théorie de la diffraction monochromatique : champ proche et champ lointain, transformé de Fresnel et transformé de Fourier

Théorie de la diffraction impulsionnelle. Ondes géométriques et ondes de bord

Eléments de théorie du sonar et de l'imagerie

Théorie de l'Imagerie

Les lentilles

L'holographie

Le radar et le sonar à compression d'impulsion.

Ouvertures synthétiques

Effets des conditions aux limites sur la propagation

Décomposition du champ sur une base modale et fonctions de Green

La méthode des images

La cavité. Le guide d'onde

Eléments de théorie de la propagation non linéaire

Préceptorat

Techniques d'écoute passive : gain d'antennes

Miroirs à retournement temporel et milieux désordonnés

Tracé de rayons en acoustique sous-marine

Ultrasons et imagerie médicale

Le sujet du dernier préceptorat est laissé à la libre appréciation du tuteur (ex : matériaux à indice de réfraction négatif, retournement temporel et télécommunications, contrôle non destructif par ultrasons...)

Travaux Pratiques

Étude du comportement d'un transducteur ultrasonore

Caractérisation expérimentale d'un transducteur piézoélectrique

Transducteur plan, transducteur concave

Etude numérique (sous Matlab) d'un transducteur circulaire plan

Propagation acoustique guidée

Partie expérimentale : Etude de la propagation d'une onde acoustique dans un guide d'ondes ; Une expérience de retournement temporel dans un guide d'ondes

Partie numérique (sous Matlab) : étude de la propagation guidée dans l'océan en eau peu profonde.

Sonoluminescence

Partie expérimentale : montage et réalisation d'une expérience de sonoluminescence

Partie numérique (sous Matlab) : simulation du régime d'oscillations forcées de la bulle

Laboratoire associé

Laboratoire Ondes et Acoustique

2 Enseignements de Chimie

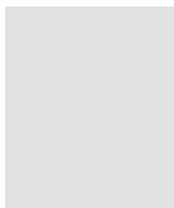
2.1 Sciences Analytiques et Bioanalytiques

Tronc commun 2ème année

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 10 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 60 h.

Enseignants

F. Chapuis



J. Dugay



M.C. Hennion



V. Pichon



Objectifs

Il n'existe pratiquement aucun domaine socio 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 pétroliers, protéomique), recherche de composés à l'état de traces et d'ultratracés, 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 séparatives et de leur couplage avec la spectrométrie de masse, mais aussi grâce au développement croissant de la chimie bioanalytique avec l'utilisation d'outils biologiques (anticorps, récepteurs, enzymes, brins d'ADN, etc.) dans divers immunoessais, bioessais et biocapteurs. 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 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 en plein essor actuellement dans le domaine du diagnostic médical et environnemental,

Il débute avec l'étude des divers types d'interactions et de modes de transport aux interfaces. En effet, quelles que soient 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 et de l'électrochimie analytique sont présentés de façon sommaire car ils sont approfondis lors des séances de préceptorat et de TD alors que leurs aspects pratiques sont abordés via les TP. Ceci permet de donner plus d'importance à la mise en oeuvre de séparations multidimensionnelles pour l'analyse des mélanges complexes et notamment pour l'analyse protéomique, à la chimie bioanalytique (immunoessais, bioessais, biocapteurs) et à la miniaturisation sous forme de laboratoires sur puces.

Contenu

- Définition des caractéristiques de la chimie analytique actuelle
- Sciences séparatives
- Introduction aux méthodes chromatographiques : grandeurs fondamentales et les diverses interactions mises en oeuvre
- Chromatographie en phase gazeuse
- Chromatographie en phase liquide (les différents modes : adsorption, partage, échange d'ions...)
- Modes de détection et couplage avec la spectrométrie de masse
- Les méthodes électrocinétiques (capillaire libre, phase micellaire, électro-chromatographie)
- Analyse de traces : traitement des échantillons
- Couplage bidimensionnels pour la séparation de mélanges complexes (chromatographie, électrophorèse)
- applications à l'analyse de produits pétroliers et à l'analyse protéomique
- Electrochimie
- Aspects fondamentaux
- Electrochimie analytique
- Méthodes bioanalytiques
- Basées sur la reconnaissance structurale : immunoessais
- Basées sur le mode d'action : bioessais par inhibition enzymatique et bioessais cellulaires
- Miniaturisation : microsystèmes séparatifs intégrés et laboratoire-sur-puce pour l'analyse totale

Biocapteurs

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, l'électrophorèse et l'électrochimie. Il est abordé pour ces méthodes les grandeurs fondamentales et les différentes techniques (séparation, détection, couplages divers) permettant de les mettre en œuvre. Le traitement de l'échantillon associé à la chromatographie en phase liquide et à celle en phase gazeuse est également mis en œuvre 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.

Il est important de noter que les élèves manipulent du matériel si possible de dernière génération (exemple du couplage de la chromatographie en phase 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.

Préceptorat

Chromatographie en phase surpécritique, avantages-inconvénients/intérêts par rapport aux CPG et CPL.

CPL : espèces moléculaires / adsorption – partage normal – partage inverse

CPL : espèces ioniques ou ionisables / paire d'ions – échange d'ions

Electrochimie analytique

Le traitement de l'échantillon

Méthodes Electrophorétiques / Microsystèmes

Laboratoire associé

Laboratoire Environnement et Chimie Analytique

2.2 Liquides Colloïdaux

Tronc commun 2ème année

Cours : 15 h -

Enseignants

Jérôme Bibette



Contenu**Systèmes à l'équilibre**

Introduction générale à 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

Laboratoire associé

Laboratoire Colloïdes et Matériaux Divisés

2.3 Matériaux Cristallisés**Tronc commun 2ème année**

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 7 h - Préceptorat : 4 h - Travaux Pratiques : 45 h.

Enseignants

Patrick Bassoul



Emanuel Bertrand



Nicolas Lequeux



Geneviève Vetter

**Objectifs**

Ce cours est destiné à fournir aux étudiants des outils de base pour décrire la structure et les propriétés des matériaux cristallisés. Le cours commence par la description cristallographique de la matière cristallisée et la présentation des techniques de caractérisations associées. Dans une deuxième partie l'accent est mis sur la structure des cristaux ioniques et les écarts au cristal parfait, afin d'appréhender les relations entre la structure des solides cristallins et leurs propriétés physiques.

Contenu

L'état solide
 Le cristal ; groupes de symétrie ponctuels et groupes d'espace
 Radiocristallographie ; réseau réciproque ; facteur de structure ; résolutions de structure ; méthodes expérimentales
 Structures cristallines ; cristal ionique
 Défauts ponctuels ; défauts étendus et dislocations
 Relations structures/propriétés : principe de Curie
 Matériaux piézoélectriques, ferroélectriques
 Propriétés magnétiques des solides isolants

Travaux Pratiques

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

Préceptorat

Structure, propriétés et synthèses des pérovskites
Structure atomique locale dans les verres d'oxydes

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et d'Etudes des Matériaux

2.4 Chimie et Matériaux Inorganiques

Tronc commun 2ème année

Cours : 21 h - Travaux dirigés : 4 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 45 h.

Enseignants

Sophie Norvez



Corinne Soulié



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, actinides et IRM

Synthèse et réactivité

Chimie haute température et micro-électronique
Chimie douce et nanocristaux
Chimie de substitution vs chimie de transfert électronique
Isoméries et caractérisations

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.

- Fabrication d'une diode électroluminescente avec $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ (OLED) et synthèse d'un luminophore
- Réalisation d'un cyanotype et d'une photographie argentique sans révélateur chimique
- Fabrication d'une lame semiconductrice de SnO_2 et d'une cellule électrochrome de gel de pentoxyde de vanadium
- Utilisation d'un complexe de coordination dans le dosage de l'alcool (alcootest)

Préceptorat

- Phénomènes de couleur dans les minéraux et les pierres précieuses
- Lanthanides, actinides et Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)
- Chimie organométallique et catalyse homogène

Laboratoire associé

Laboratoire de Matière Molle et Chimie

2.5 Matériaux Macromoléculaires

Tronc commun 2ème année

Cours : 17 h - Préceptorat : 6 h -

Enseignants

J.L. Halary



Objectifs

Les matériaux macromoléculaires jouent un rôle sans cesse grandissant dans notre quotidien. Ils vont des "plastiques" usuels destinés à couvrir les besoins de la vie courante, de la construction et des loisirs aux polymères très élaborés, destinées par exemple aux industries aéronautique et aérospatiale.

L'objectif de ce cours d'introduction et des séances de préceptorat qui lui sont associées est de familiariser les élèves avec les spécificités des polymères, et de les sensibiliser à la grande variété de comportements physiques et mécaniques qu'ils présentent, en fonction de la structure des chaînes et de la température. Un accent particulier est mis sur les relations existant entre la structure chimique des polymères et leurs propriétés.

Aucune activité de laboratoire n'est associée à cet enseignement qui trouvera, bien souvent, des prolongements dans le stage industriel de début de 3^{ème} année.

Contenu

La diversité des matériaux polymères
Variété de propriétés.
Variété d'états (thermoplastiques, réseaux élastomères, résines thermodurcissables).
Variété de structures chimiques (homopolymères et copolymères, polymérisation en chaînes ou par stades).
Variété de macrostructures et de microstructures.
Caractéristiques des chaînes de thermoplastiques amorphes
Conformation des chaînes, cartes d'énergie conformationnelle.
Dimensions des chaînes en solution et en masse.
Distribution des longueurs de chaîne, masses molaires moyennes.
Viscosité des solutions diluées.
Chromatographie par exclusion stérique.
Propriétés physiques et mécaniques des thermoplastiques amorphes
Analyse du phénomène de transition vitreuse T_g .
Propriétés dans l'état vitreux (relaxations secondaires, plasticité).
Propriétés à température supérieure à T_g (rôle des enchevêtrements).
Thermoplastiques semi-cristallins
Arrangement des chaînes macromoléculaires.
Influence de la cristallinité sur les propriétés physiques et mécaniques.
Propriétés des réseaux tridimensionnels
Cas des réseaux élastomères : le phénomène d'hyperélasticité.
Le pneumatique : un exemple d'élastomère renforcé par des charges minérales.
Cas des résines thermodurcissables.
Les composites polymère - fibre de carbone : introduction à la problématique.
Aperçu sur les propriétés des copolymères à blocs
Résistance au choc.
Elastomères thermoplastiques.
Mise en oeuvre des polymères
Facteurs affectant la viscosité du thermoplastique "fondu".
Techniques de mise en forme des thermoplastiques (extrusion, injection, soufflage de corps creux,...).
Mise en forme des thermodurcissables.

Préceptorat

Conformations et propriétés en solution
Transition vitreuse
Elasticité caoutchoutique
Enchevêtrements

Laboratoire associé

Laboratoire de Physico-Chimie Structurale et Macromoléculaire

2.6 Techniques Moléculaires de Caractérisation

Tronc commun 2^{ème} année

Cours : 23 h - Travaux dirigés : 8 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 45 h.

Enseignants

L. Bokobza



N. Brémond



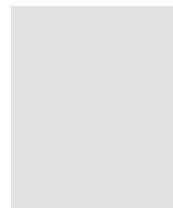
H. Montes



A. Trokiner



Y. Tran



Objectifs

Cet enseignement a pour objectif de donner aux étudiants les bases nécessaires pour acquérir une bonne maîtrise des outils de caractérisation. Il couvre la description des spectroscopies d'absorption infrarouge et UV-visible, de diffusion Raman et d'émission de fluorescence ainsi que de résonance magnétique nucléaire.

Contenu

Spectroscopie vibrationnelle (absorption Infrarouge et diffusion Raman) : (7 h de cours + 5 h de TD + 3 h de préceptorat, L. Bokobza)

Etude des spectres de vibration-rotation des molécules diatomiques [règles de sélection qui régissent les transitions en absorption et en diffusion; conséquences, sur les spectres, de l'anharmonicité des vibreurs; paramètres moléculaires qui peuvent être déduits de l'analyse des spectres].

Vibrations des molécules polyatomiques : traitement en mécanique classique et en mécanique quantique.

Application de la théorie des groupes à la spectrométrie de vibration : détermination de l'activités vibrations en absorption infrarouge et en diffusion Raman à partir de leurs propriétés de symétrie.

Introduction à la spectrochimie : justification de l'existence de fréquences caractéristiques de groupes d'atomes à l'aide de modèles mécaniques simples et méthodes d'attribution des spectres d'absorption infrarouge.

Spectroscopie proche-infrarouge : potentiel de cette technique pour la résolution de problèmes analytiques dans des domaines aussi divers que ceux de l'agro-alimentaire, de la pétrochimie ou des polymères.

Préceptorat (3h) - Relation entre spectres de vibration et symétrie des molécules - Fréquences de groupes : justification de leur existence à partir de modèles mécaniques - Le vibreur C=O : paramètres susceptibles de modifier sa fréquence de vibration

Spectroscopie ultraviolette et visible; photoluminescence : (3 h de cours + 2 h de conférences, L. Bokobza)

Transitions électroniques des molécules polyatomiques.

Dissipation de l'énergie d'excitation par une molécule isolée : conversion interne, fluorescence, croisement intersystème, phosphorescence, désexcitation non-radiatives.

Considérations cinétiques : durées de vie, rendements quantiques.

Effets des interactions avec le solvant et entre chromophores.

Mécanismes d'inhibition de la fluorescence.

Exemples d'utilisation des sondes de fluorescence dans les milieux polymères et micellaires ainsi que dans les protéines et les membranes biologiques.

Applications de la microspectroscopie de fluorescence à la biologie.

Résonance Magnétique Nucléaire : (8 h de cours + 3 h de TD + 3h de préceptorat, A. Trokiner)

Introduction : Effet Zeeman, populations à l'équilibre, aimantation nucléaire ; référentiel tournant, introduction à la relaxation.

Aspects expérimentaux : le signal RMN et la Transformée de Fourier, aspects quantitatifs, mesure des temps de relaxation T1 et T2. Expériences RMN en conditions extrêmes.

Les interactions : interactions dipolaire, de déplacement chimique, de couplage scalaire et interaction quadrupolaire.

Retour sur la RMN des liquides et solutions.

RMN dans les matériaux solides : effet d'anisotropie sur les interactions, méthodes spécifiques aux solides : rotation à l'angle magique (M.A.S.) et polarisation croisée. Aspects expérimentaux.

IRM : principe de l'imagerie par transformée de Fourier ; codage de l'espace, types d'images, images pondérées par les temps de relaxation T1 et T2.

Préceptorat (3h) - Relaxation spin-spin dans un polymère - Imagerie par RMN

Travaux Pratiques

Les travaux pratiques sont consacrés à l'analyse de structures de petites molécules mais également de polymères. Ils visent à faire acquérir la maîtrise de l'instrumentation et des conditions expérimentales pour une optimisation de la réponse spectroscopique. Ils visent aussi à coupler les techniques moléculaires à des techniques plus macroscopiques telles que des mesures rhéologiques pour une meilleure compréhension du comportement des polymères.

Spectroscopie vibrationnelle

- Analyse de spectres infrarouges de molécules simples.
- Utilisation de l'absorption infrarouge (moyen et proche) ainsi que de la diffusion Raman pour l'analyse de spectres de polymères.
- Structures fines de gaz et détermination de paramètres moléculaires.
- Simulation de spectres infrarouges sur ordinateur d'espèces réactionnelles et comparaison avec les spectres expérimentaux.

Absorption UV-visible et émission de fluorescence

- Influence du micro-environnement sur l'émission de fluorescence d'un fluorophore
- Utilisation de cet outil spectroscopique pour la caractérisation des propriétés d'association des polymères et couplage à des mesures de viscosité.

RMN de polymères

- Mesures de temps de relaxation T₁ et T₂ par RMN ¹H
- Application à l'étude de la dynamique de chaînes polymères à caractère associatif en solution et de polymères massifs à l'état caoutchoutique. Effet de la température.
- Comparaison de l'échelle des mouvements sondés par RMN à celle sondée par des mesures rhéologiques.

Laboratoire associé

Laboratoire de Physico-Chimie des Polymères et des Milieux Dispersés

3 Enseignements de Biologie

3.1 Physiologie

Tronc commun 2ème année

Cours : 24 h - Travaux dirigés : 6 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 30 h.

Enseignants

Bernard Calvino



Thierry Gallopin



Sophie Pezet



Brigitte Quenet



Objectifs

La physiologie est une discipline qui repose sur une analyse systémique des régulations des grandes fonctions de l'organisme. C'est un domaine en plein renouvellement qui se développe grâce à l'apport de nouvelles techniques issues tant de la biologie moléculaire (applications de l'étude du génome, du transcriptome et du protéome) que de la physique (utilisation de l'optique, de l'acoustique de la résonance magnétique nucléaire, par exemple, dans la mise au point de techniques d'analyse pour l'imagerie en temps réel). Le but de ce cours est de permettre d'entreprendre l'étude de la physiologie des régulations en abordant le monde des systèmes complexes à l'aide d'une grille : celle de la cybernétique. Pour décrire et comprendre le fonctionnement d'un système physiologique complexe il est indispensable de passer par une étape de représentation et de simplification, l'élaboration d'un modèle. Le langage de la cybernétique est particulièrement bien adapté pour la formalisation des modèles physiologiques. Ce cours va permettre de découvrir que la plupart des fonctions physiologiques concourent à faire fonctionner l'organisme en régulateur en constance ("homéostat"), qui a pour finalité la survie de l'organisme lorsque des variations brutales ou prolongées de son environnement surviennent.

Contenu

- Représentation cybernétique des systèmes vivants
- Le milieu intérieur
- Le système de communication hormonal
- Régulation de la glycémie à court terme : le glucostat
- Le système de communication nerveux
- Régulation de la pression artérielle à court terme : le barostat
- Le cerveau endocrine
- Le rôle du rein dans la régulation du milieu intérieur

Travaux Pratiques

Le but des travaux pratiques est de donner un aperçu de l'étude de la régulation des paramètres qui interviennent dans l'adaptation de l'organisme humain à un effort physique au travers de ses différentes composantes : activité cardiaque (électrocardiogramme), pression artérielle, fréquence respiratoire.

Cette étude sera complétée par des expériences de simulation sur ordinateur à l'aide d'un logiciel qui permet l'étude des effets de l'administration *in vivo* de médicaments sur la pression artérielle et la fréquence cardiaque.

Préceptorat

- Les hormones
- L'information nerveuse
- Le système nerveux végétatif
- Le système rénine/angiotensine
- Le rein

Laboratoire associé

Laboratoire de Neurobiologie et Diversité Cellulaire

4 Enseignements de Mathématiques et Méthodes Numériques

4.1 Méthodes Mathématiques II

Tronc commun 2ème année

Cours : 18 h - Travaux dirigés : 14 h - Préceptorat : 5 h -

Enseignants

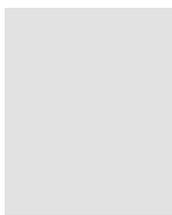
E. Bossy



E. Raphaël



E. Reyssat



Objectifs

Ce cours fait suite au cours Méthode Mathématiques de première année. La première partie du cours est consacrée à la théorie des probabilités. Après l'introduction des notions et des théorèmes fondamentaux, nous traiterons des lois de répartition de variables aléatoires ainsi que des théorèmes limites (loi des grands nombres, théorème central limite).

La deuxième partie du cours est consacrée aux calculs des variations. Le problème central consiste à trouver la fonction $y(x)$ qui minimise une fonctionnelle $I[y(x)]$ donnée. Nous verrons comment ce problème conduit naturellement aux équations différentielles d'Euler-Lagrange. La mécanique classique nous fournira un grand nombre d'exemples (principe variationnel d'Hamilton, film de savon tendu entre deux anneaux etc.).

La dernière partie du cours porte sur les équations aux dérivées partielles. Nous limiterons notre attention à un petit nombre d'équations aux dérivées partielles que l'on rencontre fréquemment en physique. Diverses méthodes de résolutions (permettant d'obtenir des solutions satisfaisant à des conditions aux limites et à des conditions initiales données) seront présentées. Enfin, la notion de fonctions de Green (qui fait suite au cours de première année sur les distributions) sera introduite.

Contenu

- Probabilités
- Notions et théorèmes fondamentaux
- Variables aléatoires et lois de répartition
- Suites de variables aléatoires, théorèmes limites
- Calculs des variations
- Dérivée fonctionnelle.
- Equations d'Euler-Lagrange
- Equations aux dérivées partielles
- Exemples et classification
- Méthodes de résolutions
- Utilisation de transformations intégrales

Fonctions de Green

Préceptorat

Introduction au calcul tensoriel
 Probabilités
 Calcul des variations
 Équations aux dérivées partielles

Laboratoire associé

Mathématique Enseignement.

4.2 Analyse numérique et Matlab

Tronc commun 2ème année

Travaux Pratiques : 22 h.

Enseignants

D. Cassereau



F. Krzakala



A. Leblanc



B. Quenet



I. Rivals



Objectifs

- savoir programmer avec Matlab, non pas comme avec une boîte noire, mais d'une part en exploitant ses spécificités (vectorisation des calculs), et d'autre part en sachant analyser les résultats et évaluer la confiance à leur accorder (importance de la notion de conditionnement d'un système linéaire).
- maîtrise théorique et pratique d'outils mathématiques (moindres carrés pour la régression linéaire, analyse en composantes principales (ACP) pour l'exploration de données multidimensionnelles, fft pour le traitement numérique du signal).
- susciter le réflexe de recourir à Matlab pour la résolution de problèmes posés dans d'autres enseignements par des applications variées et concrètes (modélisation de processus, analyse de données de puces à ADN).

Contenu

Cet enseignement est fait sous forme de TP-cours pendant lequel les notions et les outils associés sont introduits par de brefs exposés, suivis immédiatement d'une mise en œuvre pratique.

Matlab est un logiciel de programmation pour le calcul scientifique, qui permet calcul numérique, programmation et développement d'algorithmes comme n'importe quel langage de programmation. C'est aussi un outil puissant pour la visualisation en 2D et en 3D, pour l'analyse de données dans de nombreux domaines (traitement de signaux, d'images, mais aussi de données de puces à ADN par exemple), la simulation et la modélisation, ou encore le développement d'interfaces graphiques. Contrairement au C ou au Fortran, Matlab un langage interprété, comme BASIC ou Lisp, ce qui lui donne une grande souplesse d'utilisation. Le principal type de données est la matrice, d'où

son nom, Matlab, pour MATrix LABoratory. Matlab utilise les bibliothèques de calcul matriciel optimisées des projets américains Linpack et Eispack, ce qui fait que bien qu'interprété, la vitesse d'exécution de ses calculs est grande. Ces avantages font de Matlab un logiciel très utilisé pour l'enseignement, dans les laboratoires de recherche et dans l'industrie. Il s'agit néanmoins d'un logiciel commercial relativement cher. Aussi les étudiants sont-ils invités à télécharger pour leur propre usage les logiciels gratuits SCILAB et OCTAVE.

1. Introduction à MATLAB
 - L'environnement de développement
 - La manipulation des données
 - La manipulation des graphes
 - La programmation
 - La lecture et l'écriture des données
 - Aperçu des outils de Matlab
2. Algèbre et modélisation linéaires
 - Résolution de systèmes linéaires et moindres carrés
 - Valeurs et vecteurs propres
 - Valeurs et vecteurs singuliers (factorisation SVD)
 - Modélisation linéaire par rapport aux paramètres (LP)
 - Analyse en composantes principales (ACP)
3. Éléments de traitement du signal
 - Signaux à temps continu
 - Signaux à temps discret
 - Éléments de filtrage linéaire

Liens avec les autres modules d'enseignement

- Travaux Pratiques d'Ondes et Acoustique : programmation avec Matlab et mise en œuvre des outils de traitement de signal.
- Travaux Pratiques de Physiologie : programmation avec Matlab et applications de l'ACP.

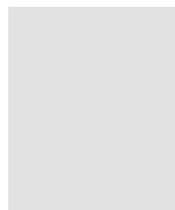
4.3 Théorie des Groupes

Tronc commun 2ème année

Cours : 10 h -

Enseignants

F. Volatron



Introduction a la Théorie des Groupes

Utilisation de la symétrie

Rappel : interaction de deux orbitales atomiques.

Recouvrement nul par symétrie.

Orbitales Moléculaires de BeH_2 .

Groupe des opérations de symétrie

Description des opérations de symétrie.

Eléments de symétrie.

Loi de composition.

Opération de symétrie inverse.

Structure de groupe.

Classes d'équivalence.

Exemples.

Représentation linéaire d'un groupe de symétrie

Base de représentation.

Représentation matricielle.

Réduction d'une représentation.

Représentations irréductibles.

Eléments de la théorie des caractères

Principe.

Table de caractère.

Produit scalaire.

Opérateur de projection.

Applications**Calcul des Orbitales Moléculaires**

OM et représentations irréductibles.

Systèmes π de molécules insaturées.

Méthode de fragmentation ; exemple de MH_4 plan carré.

Vibrations moléculaires

Généralités

Mouvements moléculaires

Exemple de H_2O

Produit tensoriel et applications Définition.

Symétrie d'une configuration.

Détermination d'une représentation.

Calcul d'intégrales ; applications à la spectroscopie.

Structure électronique des molécules**Interactions à deux orbitales**

Molécules AH_2 linéaires.

Molécules AH_3 trigonales planes

Molécules AH_4 tétraédriques.

Interactions à trois orbitales

Principe d'interaction.

Molécules AH .

Molécules AH_2 coudées

Molécules AH_3 pyramidales.

Molécules complexes

Ethane

Dication de l'éthylène. Hyperconjugaison

Chimie de coordination

Généralités.

Structure électronique des complexes ML_6 (Oh) et ML_4 (D_{4h}).

Généralisation : règle des 16-18 électrons.

Interactions fragment métallique ML_5 /ligand.

Donation π ; rétro-donation.

Struture électronique du dimère L_5M-ML_5 .

Laboratoire associé

UPMC, Laboratoire de Chimie Théorique

5 Enseignements de Langue, Communication et Economie

5.1 Anglais

Tronc commun 1ère, 2ème et 3ème années

Cours : 150 h -

Objectifs

Les activités du Département Langues et Communication ont pour but de donner aux futurs ingénieurs et chercheurs des outils pratiques et des points de repères professionnels et culturels qui, en complétant leur formation scientifique, favoriseront leur insertion dans le monde de l'entreprise en France et dans le contexte international. La maîtrise de l'anglais étant indispensable pour toute activité scientifique et technique, les élèves doivent acquérir un excellent niveau dans la pratique de cette langue, sanctionné par le passage d'un test international, le TOEIC (objectif : 750 points), indépendamment des modalités de contrôle internes.

Contenu

Les activités d'enseignement de l'anglais, langue obligatoire, sont organisés en quatre groupes de niveau, sous des formes variées, impliquant aussi bien la participation de lecteurs étrangers que des activités individuelles, conversation ou auto-formation en salle multimédia (CD-ROMs et Internet).

Un soutien personnalisé est apporté aux élèves les plus faibles, incluant des bourses linguistiques "Ville de Paris" pour un séjour d'été de 2 à 3 semaines dans un pays anglophone.

Programme :

- révision des bases de langue : grammaire, vocabulaire situationnel
- communication écrite et orale professionnelle : situations dans l'entreprise
- anglais scientifique
- culture et communication interculturelle
- préparation à la recherche de stage et d'emploi

Enseignants

Jean Le Bousse, Renée Rochard, John Hession, Bethany Cagnol, Nicolas O'Toole, Rosa Rodriguez

5.2 Seconde langue vivante

Tronc commun 1ère, 2ème et 3ème années

Cours : 120 h -

A côté des cours d'anglais obligatoires, le Département Langues et Communication organise des cours à l'Ecole en allemand, espagnol et japonais. D'autres langues sont également possibles, en collaboration avec des écoles partenaires de ParisTech, y compris des cours de perfectionnement en français pour les étudiants étrangers.

Cette pratique d'une seconde langue vivante, facultative, est vivement encouragée, car elle constitue un atout supplémentaire.

Les activités d'enseignement des langues facultatives sont organisées en deux groupes de niveau et leur contenu est similaire à celui décrit pour l'anglais. _____

5.3 Communication et Relations Sociales. Module 2

Tronc commun 2ème année

Cours : 15 h -

Enseignants

P. Pierre



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'entraînement d'une équipe autour d'un but commun
- Etre sensibilisé à travailler en lien avec des personnalités et cultures différentes
- Prendre du recul et réfléchir à sa manière de s'intégrer dans une équipe

Contenu

Les séances comprennent une étude de cas, des mises en situation et une participation active des étudiants.

5.4 Conférences socio-économiques

Tronc commun 1ère année

Cours : 12 h -

Contenu

Cycle de conférences :

Les fonctions de l'ingénieur. Aspects socio-économiques et juridiques

Planification et financement des projets de R&D. Bernard MONTARON, Schlumberger

Les relations sociales : contrainte ou opportunité pour le jeune ingénieur? Vincent MEYER, médiateur et conseil en RH

Les droits et obligations de l'ingénieur salarié Ridha BEN HAMZA, Université de Paris I (Panthéon Sorbonne)

Innovation, méthodes et perspectives industrielles

La propriété intellectuelle et les brevets Jacques LEWINER, ESPCI

Management de la qualité. Quel défi pour les entreprises? Michel PAILHES, Cosyma

Introduction au management de projets Cécile DUBROVIN, Thalès

Enseignants

Ridha BEN HAMZA, Cécile DUBROVIN, Jacques LEWINER, Vincent MEYER, Bernard MONTARON, Michel PAILHES.