

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLES
DE LA VILLE DE PARIS

Livret d'enseignement 2012-2013

Lieu d'excellence, l'Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris contribue au prestige et au rayonnement scientifique de notre capitale. Elle a ainsi toujours veillé à maintenir à un très haut niveau une recherche originale et novatrice et dispenser un enseignement adapté aux attentes et aux exigences de l'univers professionnel. Aujourd'hui, alors que les besoins des industriels deviennent de plus en plus interdisciplinaires, elle élargit son offre de formation et de recherche par une ouverture accrue vers les secteurs de la santé, de l'environnement et de l'imagerie, signe de son dynamisme et de sa capacité d'adaptation permanente aux évolutions du monde



Bertrand Delanoë, Maire de Paris

Par une série de décisions intelligentes notre précédent directeur, le prix Nobel de physique Pierre-Gilles de Gennes a porté l'activité de l'ESPCI au meilleur niveau mondial. La formation très pluridisciplinaire des élèves ingénieurs en physique, chimie et biologie est ancrée dans une pratique expérimentale forte tout en ayant un niveau théorique élevé. Par un travail intense, nous formons de vrais professionnels de l'innovation, ancrés dans le monde réel, capables d'irriguer les secteurs industriels et académiques dans les domaines traditionnels aussi bien que les domaines en émergence. La voie tracée par les Curie, Charpak, et de Gennes est poursuivie activement.



Jacques Prost, Directeur de l'ESPCI, membre de l'Académie des Sciences

Table des matières

1	Introduction	6
1.1	Histoire, site et environnement scientifique	6
1.2	Organisation	7
1.3	Politique de formation	8
2	Enseignements par année	11
2.1	Tronc commun : première et seconde années	11
2.2	Enseignements de troisième année	14
2.3	Quatrième année	16
3	Enseignements de Physique	17
3.1	Commande de Processus	18
3.2	Électromagnétisme et Télécommunications	19
3.3	Électronique des Circuits Intégrés	20
3.4	Génie Nucléaire	21
3.5	Méthodes et instrumentation pour l'imagerie biomédicale	23
3.6	Lumière et Image	23
3.7	Lumière et Matière	25
3.8	Mécanique Appliquée	26
3.9	Mécanique des Fluides	27
3.10	Mécanique du Solide et des Matériaux	29
3.11	Microfluidique	30
3.12	Ondes et Acoustique	31
3.13	Ondes en Milieux Complexes	33
3.14	Physique des Composants Microélectroniques	34
3.15	Physique de la mesure	34
3.16	Physique Quantique	36
3.17	Physique du Solide - Introduction	37
3.18	Physique du Solide	38
3.19	Relativité et électromagnétisme	39
3.20	Rhéologie	39
3.21	Systèmes énergétiques	40
3.22	Télécommunications Avancées	41
3.23	Thermodynamique	42
3.24	Thermodynamique Statistique	43
4	Enseignements de Chimie	45
4.1	Chimie fine et biologie	46
4.2	Chimie Inorganique Avancée	46
4.3	Chimie et Matériaux Inorganiques	48
4.4	Chimie Organique	49
4.5	Environnement et développement durable	50
4.6	Etats colloïdaux et biomolécules	52
4.7	Identification des Composés Organiques	52
4.8	Liquides Colloïdaux	54
4.9	Matériaux Cristallisés	54
4.10	Matériaux Macromoléculaires	55
4.11	Matériaux sur mesure	56
4.12	Matière Molle et Développement	57
4.13	Réactivité	58
4.14	Sciences Analytiques et Bioanalytiques	59
4.15	Synthèse Approfondie et Chimie Verte	61

4.16 Synthèse Organique	63
4.17 Chimie des Polymères	65
4.18 Techniques Moléculaires de Caractérisation	66
4.19 Thermodynamique Physico-chimique	68
5 Enseignements de Biologie	70
5.1 Biochimie	71
5.2 Biologie Générale	71
5.3 Biophysique	73
5.4 Biotransformations et Génie des procédés	74
5.5 Physiologie	75
6 Enseignements de Mathématiques et Méthodes Numériques	77
6.1 Analyse numérique et Matlab	78
6.2 Chimométrie	79
6.3 Méthodes Mathématiques I	80
6.4 Méthodes Mathématiques II	81
6.5 Programmation	82
6.6 Statistiques appliquées	83
6.7 Statistiques et apprentissage	84
6.8 Systèmes linéaires et représentations des signaux	85
6.9 Théorie des Groupes	86
7 Enseignements de Langues, Sciences Economiques et Sociales	88
7.1 Anglais	89
7.2 Seconde langue vivante	89
7.3 Propriété intellectuelle et droit des brevets	90
7.4 Fondamentaux de la finance	90
7.5 Communication et Relations Sociales. Module 1	91
7.6 Communication et Relations Sociales. Module 2	92
7.7 Management de l'innovation	92
7.8 Management de projets	93
7.9 Conférences socio-économiques	94
7.10 Conférences Sciences et Techniques en Sociétés	94
7.11 Préparation à la recherche d'emplois	95

1 Introduction

1.1 Histoire, site et environnement scientifique

A la fin du 19^e siècle, suite à l'annexion de l'Alsace et de la Lorraine par l'Allemagne, la France perd l'École de Chimie de Mulhouse, qui était à l'époque la meilleure École de Chimie. Un de ses professeurs, Charles Lauth, tente dès 1878 d'obtenir des pouvoirs publics la création d'une Grande École. Celle-ci aura non seulement pour vocation de pallier le manque de cadres de haut niveau en Chimie, mais également de fournir à ses élèves une culture scientifique suffisamment vaste pour pouvoir s'adapter aux mutations technologiques rapides de la révolution industrielle.

L'École de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris voit le jour en 1882, et prendra le nom actuel d'ESPCI en 1948. Dès la fondation de l'École, ses créateurs ont insisté sur la pluridisciplinarité de la formation dispensée à l'École ; l'introduction de l'enseignement de la Biologie en 1994 n'en est que la continuité.

L'École devient rapidement le point de rencontre de scientifiques de haut niveau. A partir de 1880, les frères Pierre et Jacques Curie commencent une série d'études sur les propriétés électriques des cristaux qui les mènent à la découverte de la piézo-électricité. A la fin de l'année 1897, Marie Curie commence ses travaux sur les rayonnements uraniques découverts par Becquerel un an plus tôt. En juillet 1898, les Curie annoncent la découverte du Polonium, suivie, en décembre 1898, de celle du Radium. Cette découverte leur vaut le Prix Nobel de Physique en 1903.

Cette excellente scientifique s'est poursuivie jusqu'à nos jours, par l'intermédiaire, entre autres de Paul Langevin directeur de 1925 à 1946 et Pierre-Gilles de Gennes, directeur de 1976 à 2002.

L'ESPCI-ParisTech est située au coeur du Quartier Latin sur la montagne Sainte-Geneviève. Elle bénéficie d'un environnement scientifique exceptionnel à proximité immédiate : École Normale Supérieure, Institut Curie, Agro-ParisTech, Chimie ParisTech. L'ESPCI est un des membres fondateurs de ParisTech regroupant 12 grandes écoles d'ingénieur et de commerce.

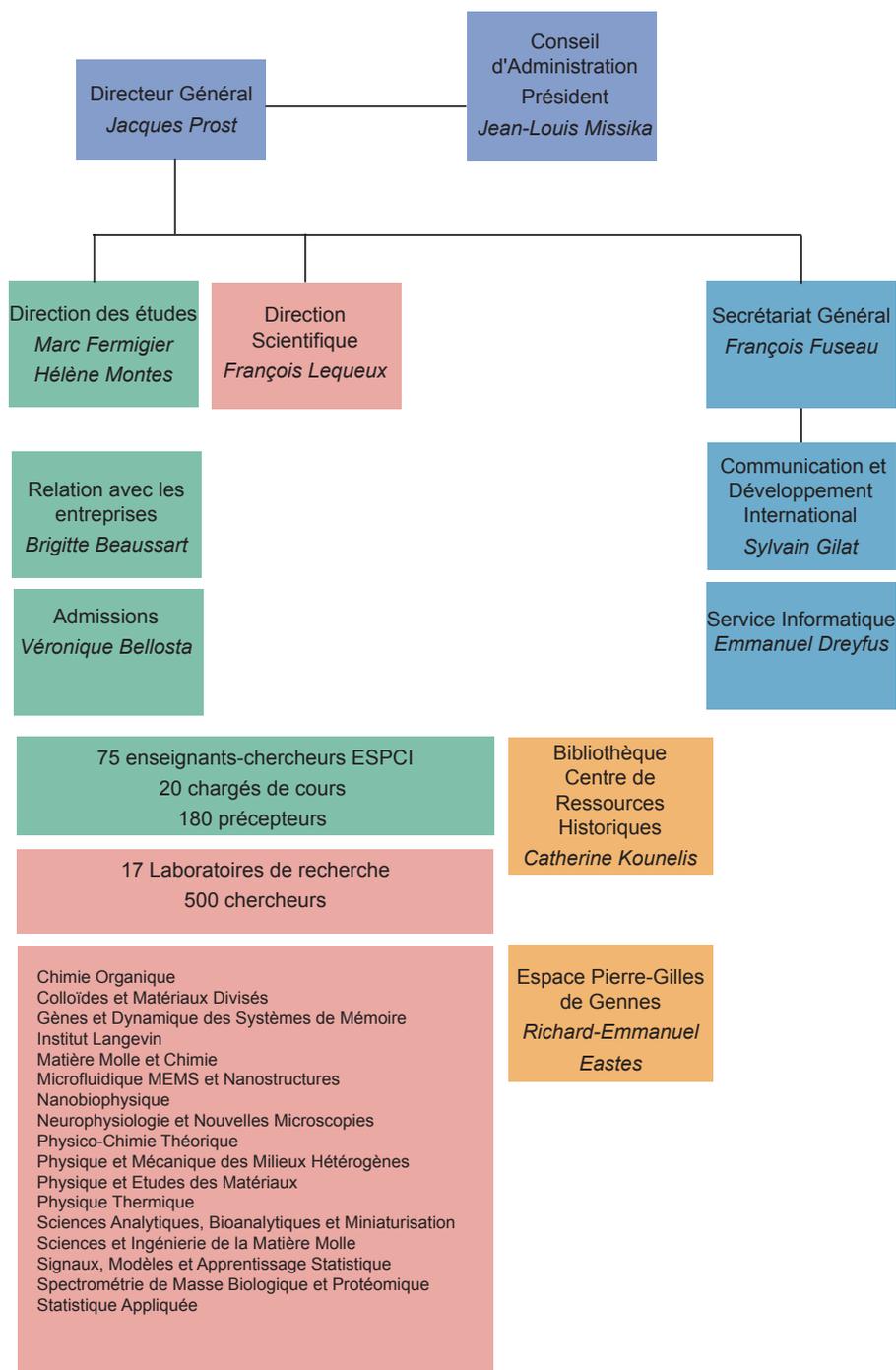
L'ESPCI ParisTech est également membre fondateur de [Paris Sciences et Lettres](#).



1.2 Organisation

L'ESPCI-ParisTech est gouvernée par un Conseil d'Administration composé d'élus siégeant au conseil de Paris, de représentants du ministère de la recherche, des universités parisiennes, du monde industriel, des élèves et anciens élèves. Le président actuel est Jean-Louis Missika, adjoint au maire de Paris, chargé de l'innovation, de la recherche et des universités.

Le directeur général de l'ESPCI-ParisTech, Jacques Prost, membre de l'Académie des Sciences, est assisté par un directeur scientifique et un directeur des études.



1.3 Politique de formation

Les principes mis en avant par les fondateurs avaient été réaffirmés par Paul Langevin en 1932 alors directeur de l'école :

“A la base de notre enseignement, trois principes étroitement liés. En premier lieu, la solidarité de plus en plus étroite que j'ai signalée plus haut entre la science et la technique a pour conséquence qu'une même formation doit satisfaire aux besoins de l'une et de l'autre : une forte initiation à la méthode expérimentale, fondée sur des notions théoriques solides. Pour le jeune ingénieur, les détails de la technique actuelle s'apprendront à l'usage d'autant plus rapidement que les idées générales seront plus claires et la méthode de recherche et d'observation plus familière. Ici comme toujours, l'esprit vaut plus que la lettre.

Dans un temps surtout où la technique se transforme chaque jour, utilise des résultats scientifiques toujours nouveaux et changeants, la possibilité de comprendre les applications de demain et de participer à leur développement est beaucoup plus important pour le jeune ingénieur que le fait de connaître dès l'école les détails, toujours plus complexes et nombreux de la technique d'aujourd'hui..... Comprendre va plus loin que connaître.”

“Notre second principe est de réaliser l'enseignement scientifique élevé qui nous est nécessaire en donnant une place prépondérante au travail de laboratoire, d'enseigner les sciences expérimentales surtout par l'expérience, de construire l'idée sur le fait, l'abstrait sur le concret, appliquant ainsi au degré supérieur la méthode actives et directe de l'éducation nouvelle.”

“Un troisième principe concerne l'union intime entre la chimie et la physique, appuyée elle-même sur une formation mathématique et et mécanique sérieuse.”

Ces lignes directrices : primauté des connaissances fondamentales sur les détails techniques, pratique du laboratoire et pluridisciplinarité guident toujours la conception de l'enseignement.

Le caractère pluridisciplinaire a été renforcé sous la direction de P.G. de Gennes par l'introduction d'enseignements de biologie. De ce fait, beaucoup de nos diplômés s'orientent vers des carrières aux interfaces physique-biologie (instrumentation biomédicale) et chimie-biologie (industrie pharmaceutique, biotechnologies).

La participation active des étudiants à leur formation est assurée :

- par le travail de laboratoire (la plupart du temps en binôme)
- par le séances de préceptorat, autre innovation introduite par P.G. de Gennes et L. Monnerie : les étudiants travaillent par groupe de 4 sur un sujet proposé par un enseignant-chercheur, sujet qui doit être inspiré d'un travail de recherche et dépasser le cadre strict de l'enseignement magistral auquel le préceptorat est associé.

La préparation aux métiers de l'ingénieur et les contacts industriels

L'ESPCI a tissé des liens très étroits avec le monde industriel, en particulier au travers de nombreux contrats de collaboration avec les laboratoires de l'école. Pour les étudiants ces liens se concrétisent dès leur arrivée par le parrainage de leur promotion par une entreprise de premier plan. Après Total en 2009, la promotion entrante en 2010 sera parrainée par Lundbeck France, un des leaders mondiaux des médicaments des troubles neurologiques.

La préparation aux métiers de l'ingénieur comporte notamment des enseignements de tronc commun sur la propriété industrielle, la gestion de l'innovation, les relations sociales dans l'entreprise. Pendant ces deux premières années de nombreuses entreprises viennent présenter leurs métiers et leurs carrières. Le forum Horizon Chimie organisé chaque année par les étudiants est une occasion d'initier des contacts directs avec les recruteurs de ce secteur.

Le stage en industrie, long de 4 à 6 mois, en début de 3ème année est un moment clé de la scolarité. Il permet, en effet, une découverte en profondeur du métier d'ingénieur et de l'organisation des entreprises. Le bagage scientifique et technique acquis pendant les deux premières années offre aux étudiants l'opportunité de s'attaquer d'emblée à des problèmes difficiles et de contribuer efficacement à l'innovation des entreprises.

Enfin, L'ESPCI a des relations privilégiées avec Michelin, Saint-Gobain et Total dans le cadre de chaires industrielles. Ces chaires favorisent le développement de recherches d'intérêt commun

entre l'ESPCI et les entreprises et soutiennent la formation donnée aux étudiants par des bourses d'études.

L'expérience internationale

Les étudiants ont cinq occasions pendant leur cursus d'acquérir une expérience internationale :

- Un stage facultatif en entreprise ou en laboratoire universitaire entre la 1^è et la 2^è année
- Le stage en entreprise en début de 3^è année que plus de 55% des étudiants effectuent à l'étranger, depuis nos voisins européens jusqu'à la très lointaine Australie.
- Dans le cadre du programme ATHENS, organisé par ParisTech et 15 universités étrangères partenaires les étudiants suivent 1 semaine de formation hors de France.
- Le projet de recherche de fin de troisième année : les étudiants bénéficient du réseau des enseignants-chercheurs de l'ESPCI dans les meilleures universités mondiales.
- Enfin, la quatrième année d'études peut être une formation diplômante dans une université étrangère.

Ces différentes opportunités cumulées permettent à tous les étudiants d'effectuer pendant leur cursus un séjour long à l'étranger.

L'interface avec la recherche

L'ESPCI est un centre de recherche très actif comportant 19 laboratoires avec 250 chercheurs permanents, une centaine de post-doctorants et 170 doctorants. Ces laboratoires publient en moyenne un article par jour dans une revue à comité de lecture et déposent en moyenne un brevet par semaine.

Les étudiants sont progressivement intégrés à cette activité de recherche. Dès leur première semaine à l'école, ils passent deux jours dans un laboratoire au contact d'un chercheur pour découvrir son activité. Ils assistent aux journées scientifiques qui ont lieu chaque année et où des chercheurs de l'école et du comité scientifique international présentent leurs travaux. En fin de première année, ils ont la possibilité de faire un stage facultatif en laboratoire.

La troisième année se termine par un projet de recherche de mi-avril à fin juin. Ces projets ont lieu majoritairement à l'école, mais aussi dans quelques institutions proches (ENS, Institut Curie, UPMC, AgroParisTech) et dans quelques universités étrangères ciblées (Imperial College, Cambridge, ETH Zurich, MIT, Northwestern, Princeton, Doshisha). Enfin, la 4^{ème} année est le plus souvent l'occasion de faire une seconde année de master avec un stage associé en laboratoire ou en entreprise.

Cette intégration au monde de la recherche est une des raisons du fort taux de diplômés qui s'engagent dans une thèse, tout en visant une carrière dans l'industrie.

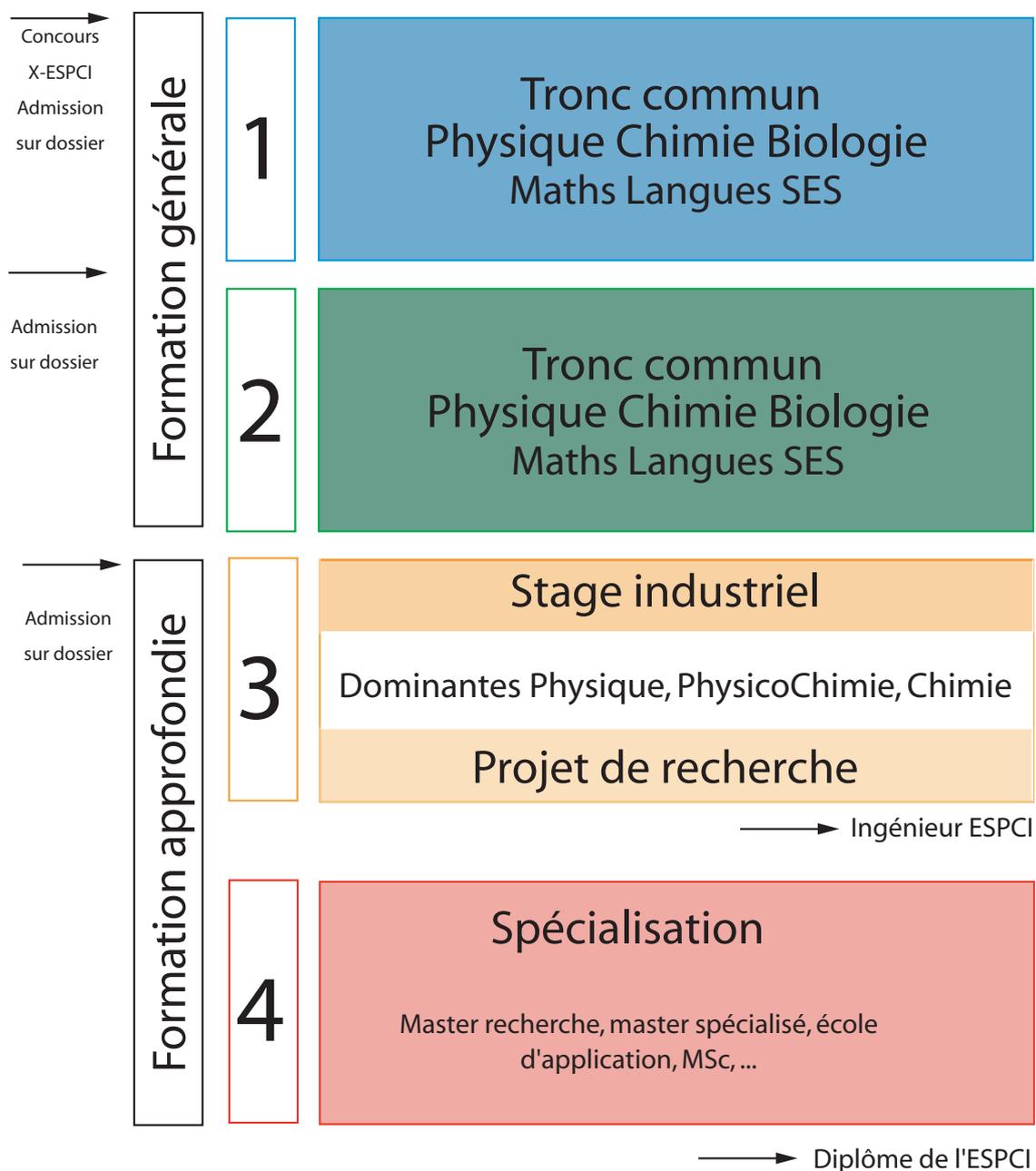
Le corps enseignant

L'essentiel des enseignements (cours et travaux pratiques) est assuré par les 75 professeurs et maîtres de conférence de l'ESPCI qui exercent presque tous leur activité de recherche sur le campus. A ceux-ci s'ajoutent une vingtaine de conférenciers extérieurs, surtout pour les langues et les enseignements socio-économiques. Le système du préceptorat implique plus d'une centaine d'intervenants supplémentaires, chercheurs des laboratoires de l'école ou des établissements voisins.

Une stratégie d'enseignement en évolution permanente

Les programmes d'enseignement sont régulièrement évalués par un conseil de perfectionnement comprenant des experts français extérieurs à l'école du monde industriel et du monde académique.

Un cursus en quatre ans



2 Enseignements par année

2.1 Tronc commun : première et seconde années

Les deux premières années sont consacrées à l'acquisition d'une solide culture scientifique en physique, chimie et biologie. La plupart des modules associent cours magistraux et travaux dirigés, séances de préceptorat et travaux pratiques. Les enseignements scientifiques sont complétés par des cours d'anglais et une introduction à l'économie sous forme de conférences.

	8h30	12h	13h	17h
Lundi	Cours			
Mardi	Cours		Tutorat	Anglais
Mercredi	Module Expérimental		Module Expérimental	
Jeudi	Module Expérimental			
Vendredi	Cours		Module Expérimental	

Une semaine typique : trois matinées consacrées aux cours et TD. Quatre demi-journées pour les activités de laboratoire. Un après-midi est réservé aux séances de préceptorat et à l'anglais. Le jeudi après-midi est réservé pour le sport et les autres activités extrascolaires. Le lundi après-midi est occupé par la préparation des préceptorats, la seconde langue facultative ou des conférences extérieures, industriels ou chercheurs.

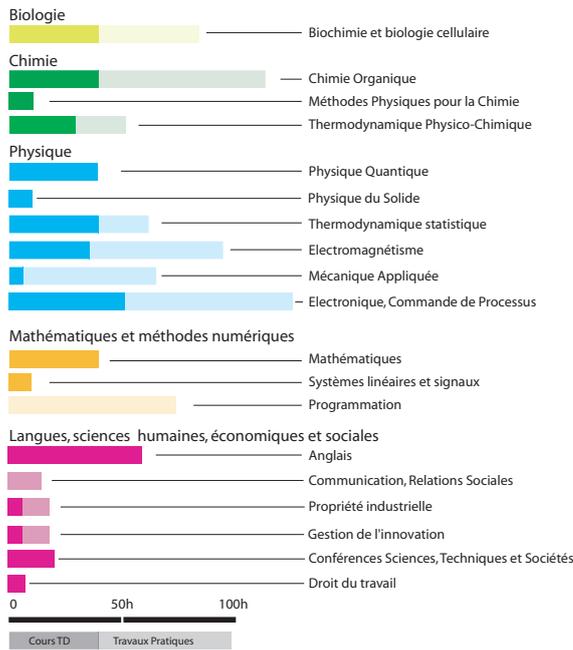


Tableau synoptique de la première année

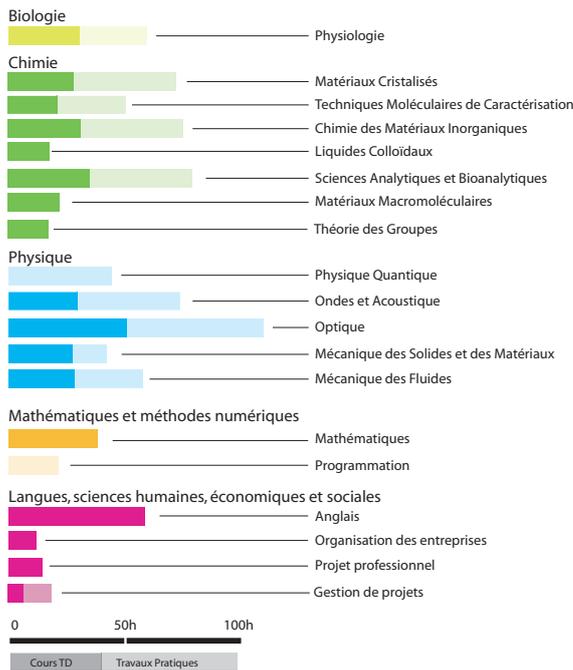


Tableau synoptique de la seconde année

Première année

Biologie

Biologie générale

Chimie

Chimie Organique
 Identification des Composés Organiques
 Thermodynamique Physico-Chimique

Physique

Commande de Processus
 Électromagnétisme et Télécommunications
 Électronique des Circuits Intégrés
 Mécanique Appliquée
 Physique Quantique
 Thermodynamique
 Thermodynamique Statistique
 Physique du solide

Méthodes Mathématiques et Numériques

Méthodes Mathématiques
 Systèmes linéaires et représentations des signaux
 Programmation

Langues, Sciences Economiques et Sociales

Anglais
 Seconde langue vivante
 Communication et Relations Sociales
 Propriété intellectuelle et droit des brevets
 Management de l'innovation
 Conférences Sciences et Sociétés

Seconde année

Biologie

Physiologie

Chimie

Chimie et Matériaux Inorganique
 Liquides Colloïdaux
 Matériaux Cristallisés
 Introduction à la Physique des Polymères
 Techniques Moléculaires de Caractérisation
 Sciences Analytiques et Bioanalytiques

Physique

Mécanique des Fluides
 Mécanique du Solide et des Matériaux
 Lumière et Image
 Lumière et Matière
 Ondes et Acoustique

Méthodes Mathématiques et Numériques

Méthodes Mathématiques
 Analyse numérique et Matlab
 Théorie des Groupes

Langues, Sciences Economiques et Sociales

Anglais
 Seconde langue vivante
 Communication et Relations Sociales
 Management de projets

2.2 Enseignements de troisième année

La troisième année est une année de spécialisation et d'initiation à la recherche. Elle commence par un stage industriel de 4 à 6 mois jusqu'au 31 décembre. Ce stage a deux objectifs : la conduite d'un projet en entreprise, avec rédaction d'un rapport technique et présentation orale et la connaissance du milieu industriel sous forme d'une enquête socio-économique. La majorité des étudiants effectue ce stage à l'étranger.

Les étudiants ont alors le choix entre trois dominantes : **physique**, **physico-chimie** et **chimie** avec des enseignements magistraux entre janvier et avril qui sont ensuite complétés par un stage de recherche en laboratoire de 2 à 3 mois.

Les étudiants ont également la possibilité de s'engager dans des cursus de double diplôme avec l'AgroParisTech, l'Institut d'Optique Graduate School, l'ESSEC, l'université Doshisha, l'École Polytechnique de Montréal.

Enseignements communs à toutes les dominantes

Matière molle et développement
Statistiques appliquées
Fondamentaux de la finance
Anglais

Dominante physique

Enseignements obligatoires
Physique de la Mesure
Physique du solide
Statistiques et apprentissage
Enseignements au choix
Biophysique
Ondes en milieux complexes

Dominante physico-chimie

Enseignements obligatoires
Physique de la Mesure
Statistiques et apprentissage
ou Chimiométrie
Chimie inorganique avancée
Enseignements de physique
au choix
Physique du solide
Physique de la Mesure
Ondes en milieux complexes
Biophysique
Enseignements de chimie au
choix
Chimie inorganique avancée
Synthèse des Polymères
Biochimie
Réactivité
Rhéologie
Synthèse organique

Dominante chimie

Enseignements obligatoires
Synthèse organique
Synthèse des Polymères
Réactivité
Chimiométrie
Chimie inorganique avancée
Rhéologie
Enseignements au choix
Rhéologie
Synthèse Approfondie et
Chimie verte
Biophysique
Biochimie

Options "sciences et technologies" au choix pour toutes les dominantes

Microfluidique
Introduction au génie nucléaire
Télécommunications avancées
Physique des microsystèmes
Environnement et Développement Durable
Etats colloïdaux et biomolécules
Biotransformations et génie des procédés

Option d'ouverture pour toutes les dominantes

1 module au choix (3 ECTS) :

Matériaux sur mesure

Méthodes et instrumentation pour l'imagerie biomédicale

Systèmes énergétiques

Chimie fine et biologie

Relativité et électromagnétisme

2.3 Quatrième année

La quatrième année est très ouverte, y compris aux formations internationales. Elle permet aux étudiants d'acquérir une spécialisation en sciences ou en économie. Les accords avec certaines institutions comme l'Institut d'Optique Graduate School, AgroParisTech, l'université Doshisha (Kyoto) donnent accès à un double diplôme.

En France :

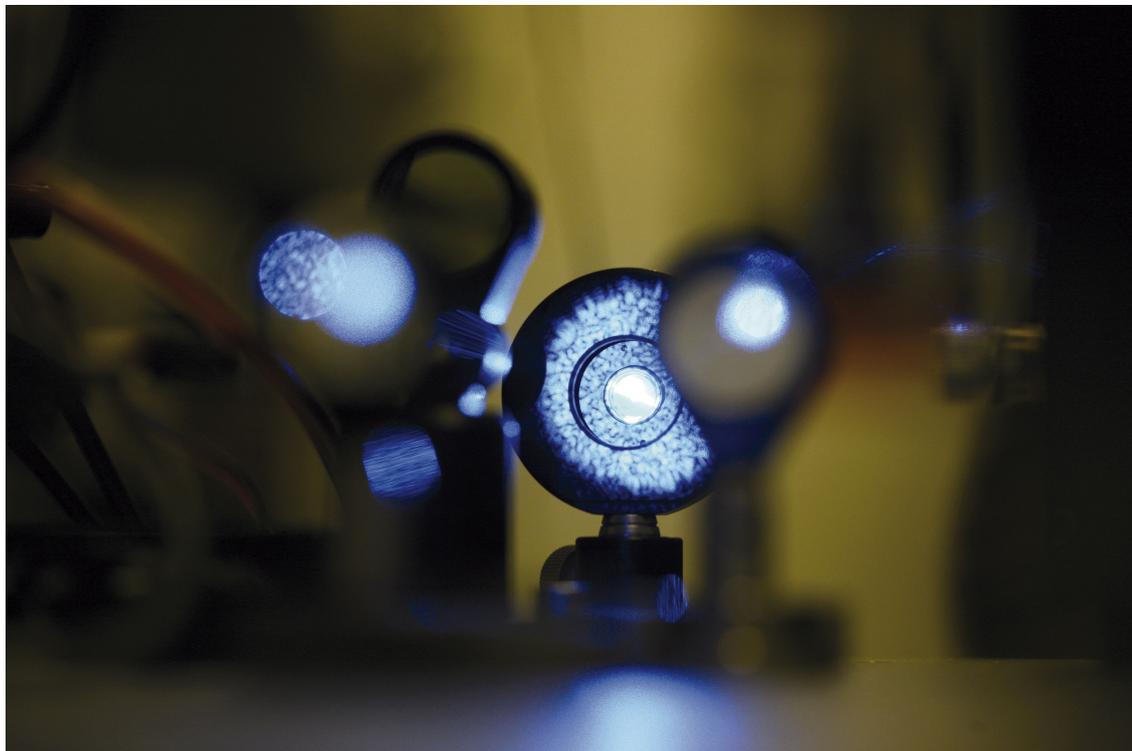
- Masters Recherche des grandes Universités (en Physique, Chimie ou Biologie)
- Mastères Spécialisés proposés par les Ecoles d'Ingénieurs, dont le mastère de bioingénierie de l'ESPCI ParisTech
- Mastères Spécialisés proposés par les Ecoles de Commerce
- Masters Science-Po
- Masters de l'IFP School (anciennement Ecole Nationale Supérieure des Pétroles et Moteurs)
- Ecoles d'application : ENGREF, ISAA, INSTN, CEIPI
- Institut d'Optique Graduate School

A l'étranger :

- Masters of Science (par exemple à l'Imperial College de Londres, à l'université de Cambridge, au MIT)
- Programme Erasmus

3 Enseignements de Physique

©proxima



3.1 Mécanique Appliquée

Tronc commun 1ère année

Cours : 8 h - Travaux Pratiques : 30 h - 4 ECTS.

Enseignants

A. Devulder



P. Jenffer



P. Kurowski



L. Olanier



Objectifs

L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants les bases nécessaires de mécanique en vue d'un dialogue efficace avec des intervenants spécialisés (mécaniciens, techniciens et ingénieurs d'études) dans une optique de création de projets expérimentaux dédiés à la recherche. Il s'articule sur 3 axes principaux : le bureau d'étude, la fabrication et l'analyse de contraintes.

Contenu

Conception : Bureau d'étude

Les techniques de représentation sont d'abord présentées, à la fois dans un but de lecture de document, mais aussi d'écriture pour la réalisation. L'élaboration d'un Cahier des Charges (CdC) fait l'objet d'un cours spécifique où sont données les notions de base de besoin, de fonctions de service et techniques, pour aboutir à des solutions constructives. La réflexion autour de ces thèmes reste dans un contexte de conception mécanique dédiée à la recherche, expérience évolutive, moyens de fabrication limités aux machines courantes, sans les notions de type industrialisation (coût, marché, ..). Avant de commencer une étude de cas spécifique, une présentation des solutions constructives de base est donnée : assemblage, guidage en rotation, guidage en translation, étanchéité. Le choix des matériaux constitue avec une présentation rapide des chaînes fonctionnelles (actionneurs, réducteurs, transmetteurs) les dernières notions à mettre en place.

Fabrication : travail sur machines-outils

Une introduction sur les techniques de mise en forme des pièces mécaniques par enlèvement de matière permet de présenter les différentes machines présentes dans un atelier de base à l'intérieur d'un laboratoire de recherche : tours, fraiseuses, perceuses à colonnes. Sont également abordés la mécanique de formation et de rupture de copeau, les différents outils et leur utilisation, ainsi que les choix des conditions de coupe.

Il est proposé aux étudiants la réalisation d'un ensemble mécanique (prototype) simple proche de celui conçu en BE. L'utilisation de tours, de fraiseuses et de perceuses permet de donner les notions de base en fabrication, et un grand éventail de techniques : surfacage, pointage, perçage, alésage, filetage et taraudage. Des notions élémentaires de métrologie viennent naturellement en complément. La mise en place (montage, assemblage) en dernier lieu met en évidence les problèmes d'ajustement entre pièces.

Résistance des Matériaux : analyse des contraintes

Les notions de base de la résistance des matériaux, contraintes et déformations en régime élastique, sont introduites sous la forme d'un cours de 5 heures. Il s'agit d'étudier la réponse de matériaux déformables à des sollicitations simples : traction/compression (loi de Hooke, constantes

élastiques, jauges de déformation ...), flexion (équation de la déformée d'une poutre, calcul de flèche ...), cisaillement (simple et pur, torsion. Ce cours est complété par des travaux dirigés où est mise en avant la résolution de problèmes mécaniques concrets.

Travaux Pratiques

Pour des raisons pratiques, les cours, les TD et les TP sont contenus dans un seul module de « TP » avec passage de l'un à l'autre le long de la formation.

Bureau d'étude : Réalisation de projet (conception, cahier des charges, dessins techniques)

Fabrication : Réalisation des pièces correspondant au projet de Bureau d'étude

RDM : Illustration des principes de résistance des matériaux : détermination de constantes d'élasticité (module d'Young, module de cisaillement, coefficient de Poisson) par extensiométrie sur des éprouvettes en traction, flexion, torsion, et détermination du champ de contraintes par méthode photoélastique (réseau d'isoclines, d'isochromes et d'isostatiques sur des modèles géométriques simples en traction ou compression.

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes

3.2 Commande de Processus

Tronc commun 1ère année

Cours : 17 h - Préceptorat : 5 h - Travaux Pratiques : 30 h - 3,5 ECTS.

Enseignants

G. Dreyfus



C. Margo



P. Roussel



F. Vialatte



Objectifs

Ce cours est destiné à fournir aux étudiants les concepts généraux et les outils mathématiques qui leur permettront d'analyser la dynamique des systèmes, qu'ils soient mécaniques, électroniques, chimiques, biologiques, économiques, écologiques, etc. de concevoir des systèmes de commande de processus, ou de participer à l'élaboration du cahier de charges et à la conception de ceux-ci.

Contenu

Introduction à la commande des processus :
 Transformation de Laplace
 Fonction de transfert et gain complexe
 Graphes de fluence
 Réponses temporelles des systèmes linéaires du premier ordre et du second ordre.
 Modélisation des systèmes dynamiques linéaires :
 Variables d'état
 Equations d'état d'un système à temps continu
 Dynamique des systèmes linéaires à temps continu (description d'état et description externe)

Dynamique des systèmes linéaires à temps discret
 Gouvernabilité et observabilité des systèmes linéaires
 Analyse des systèmes linéaires asservis :
 Cahier des charges d'un système asservi
 Réalisation du cahier des charges (placement des pôles et des zéros de la fonction de transfert)
 Réponse temporelle des systèmes asservis
 Réponse fréquentielle des systèmes asservis
 Stabilité des systèmes asservis
 Conception d'asservissements :
 Conception de commandes par retour d'état
 Conception d'asservissements avec correcteur en cascade (PID, avance de phase, retard de phase)
 Commande numérique.

Travaux Pratiques

Analyse et réalisation d'un asservissement analogique de température
 Etude de la commande numérique d'un moteur électrique
 Commande de moteurs pas à pas à l'aide de microprocesseurs

Préceptorat

Principes de la régulation
 Commande proportionnelle en analogique et en numérique
 Commande avec modèle de référence
 Conception dans le domaine fréquentiel
 Commande numérique

Laboratoire associé

Laboratoire SIGnaux, Modèles, Apprentissage statistique (SIGMA)

3.3 Électronique des Circuits Intégrés

Tronc commun 1ère année

Cours : 23 h - Préceptorat : 7 h - Travaux Pratiques : 45 h - 4 ECTS.

Enseignants

G. Dreyfus



C. Margo



P. Roussel



F. Vialatte



Objectifs

Ce cours est destiné à fournir aux étudiants les outils fondamentaux qui leur permettront d'analyser le fonctionnement des systèmes électroniques, numériques (ordinateurs, microprocesseurs) ou analogiques (amplificateurs, oscillateurs), qu'ils rencontreront durant leur vie professionnelle, de

concevoir des circuits intégrés, ou de participer à l'élaboration du cahier de charges et à la conception de ceux-ci.

Contenu

Généralités et rappels : théorèmes de Thévenin et de Norton, adaptation d'impédance, circuits RC, schémas équivalents. Fonctions logiques et numériques : algèbre de Boole (diagrammes de Karnaugh), circuits logiques fondamentaux (combinatoires et séquentiels), technologies TTL et MOS.

Diodes : propriétés, applications.

Conception de circuits intégrés MOS : éléments de physique des semi-conducteurs, transistors MOS, caractéristiques statiques de l'inverseur CMOS, éléments de technologie, caractéristiques dynamiques des circuits intégrés CMOS, circuits combinatoires asynchrones CMOS, circuits séquentiels CMOS (mémoire RAM).

Conception de circuits bipolaires : propriétés fondamentales des transistors bipolaires, régime linéaire, circuits collecteur commun et émetteur commun, amplificateurs différentiels.

Amplificateurs opérationnels : propriétés fondamentales, circuits fondamentaux, fonctionnement et caractéristiques de l'amplificateur opérationnel.

Quelques grandes fonctions de l'électronique : oscillateurs, conversion analogique-numérique et numérique-analogique.

Microprocesseurs : architecture interne, organisation d'un micro-ordinateur, périphériques.

Travaux Pratiques

Conception de circuits numériques et intégration en FPGA

Conception et réalisation de circuits analogiques

Amplificateurs opérationnels

Simulation sous SPICE de circuits analogiques

Préceptorat

Conception de circuits numériques

Technologie MOS en commutation

Technologie MOS analogique

Technologie bipolaire analogique

Oscillateurs, filtres, convertisseurs et autres fonctions

Laboratoire associé

Laboratoire SIGnaux, Modèles, Apprentissage statistique (SIGMA)

3.4 Électromagnétisme et Télécommunications

Tronc commun 1ère année

Cours : 15 h - Travaux dirigés : 3 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 60 h - 7 ECTS.

Enseignants

E. Bossy



E. Géron



J. Lucas



Y. Oussar



Objectifs

Cet enseignement constitue le premier module d'un cours sur les systèmes de télécommunications. Il a pour but, à travers un exemple, de présenter les différents aspects physiques et les architectures utilisés dans les systèmes de télécommunications modernes.

Dans une première partie introductive, au travers de l'histoire des télécommunications, sont abordés les systèmes qui ont permis l'avènement de la téléphonie filaire.

Les systèmes de télécommunications actuels sont ensuite présentés sous trois volets : transport, information et réseaux par une approche qui suit l'exemple suivant :

Que se passe-t-il quand, depuis un téléphone mobile GSM, on envoie un message vocal encapsulé dans un email à un correspondant équipé d'un ordinateur relié à un réseau intranet d'entreprise lui même connecté à une ligne ADSL ?

Contenu

Introduction

Un peu d'histoire

Transport

Analogie : le cheval - les poteaux dans la prairie

Ondes hertziennes

Propagation sur les lignes

L'adaptation d'impédance

Information

Introduction

Caractérisation de l'information

Modulation, démodulation

Modulations évoluées

Architecture d'un système d'émission-réception pour les modulations numériques complexes

Schéma bloc

Le modulateur IQ

Le démodulateur IQ

La synthèse de fréquence

Mélange et transposition de fréquence

Commutation d'antennes

Diversité des antennes en réception

Réseaux et protocoles

Topologie d'un réseau

Décomposition en couches

Le protocole TCP/IP

Travaux Pratiques

Hyperfréquences (abaque de Smith, ondes stationnaires)
Lignes de transmission (bande passante, vitesse de groupe, vitesse de phase, dispersion)
Antennes
Adaptation d'impédance (analyseur de réseau)
Simulation hyperfréquence et adaptation d'impédance
Analyse spectrale numérique (FFT et échantillonnage, filtre)
Analyse spectrale analogique (analyseur de spectre, analyse de modulations simples)
Modulations numériques complexes (IQ)
Étude d'un système d'émission/réception conforme à la norme DECT
Transmission sur câble en bande de base - De la liaison série RS232 à Ethernet
Synthèse de fréquence - Étude et application d'une boucle à verrouillage de phase numérique
Détection synchrone

Laboratoire associé

Laboratoire d'Electricité Générale

3.5 Thermodynamique

Tronc commun 1ère année

Travaux Pratiques : 45 h - 3 ECTS.

Enseignants

M. Djabourov



F. Krzakala



Y. Tran



A. Trokiner



Objectifs

Les travaux pratiques se déroulent sur 3 semaines et ont pour objectif d'illustrer par des expériences, le cours de Thermodynamique Chimique et celui de Physique Statistique. Nous avons également souhaité garder une certaine indépendance dans le choix des sujets par rapport au cours, pour introduire des notions importantes qui néanmoins ne sont pas enseignées forcément dans la 1ère année de l'ESPCI.

Contenu

- Analyse thermique différentielle : la cristallisation et la fusion de l'eau et les phénomènes de nucléation, de métastabilité, l'influence des vitesses de refroidissement sur la formation et la fusion de la glace, la mesure de l'enthalpie de fusion. Thermoporométrie. Cristallisation des paraffines de différentes masses.
- Transitions de phases dans les ferroélectriques et les cristaux liquides.
- Rayonnement infrarouge du corps noir. Loi de Planck.
- Diffusion brownienne mesurée par une technique de photo-blanchiment localisé.

- Etude de films de Langmuir à l'interface eau-air. Description d'une isotherme (identification des phases, notions d'équilibre et de relaxation), effet de la nature (acides gras hydrogénés et fluorés) et de la longueur des chaînes carbonées sur les isothermes, étude des mélanges et écart par rapport aux mélanges idéaux, détermination de la température critique à partir des isothermes.
- Simulations de dynamique moléculaire.

Laboratoires associés

Equipe de Physique Thermique, [Laboratoire Sciences et Ingénierie de la Matière Molle](#), [LPEM](#), [Laboratoire de physico-chimie théorique](#)

3.6 Thermodynamique Statistique

Tronc commun 1ère année

Cours : 24 h - Travaux dirigés : 10 h - Préceptorat : 8 h - 3 ECTS.

Enseignants

J.F. Joanny



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 statistique, température) et sur la pertinence des méthodes utilisées dans d'autres disciplines (comme l'économie et la finance, la biologie, ou l'informatique). On discutera certains exemples classiques (gaz parfait, paramagnétisme, élasticité des polymères), ainsi que la physique des transitions de phase et des phénomènes collectifs. On évoquera la dynamique vers l'équilibre et les méthodes Monte-Carlo, ainsi que les statistiques quantiques. On tentera de maintenir un (difficile) équilibre entre approche intuitive des phénomènes et calculs plus rigoureux.

Contenu

Introduction générale et rappels ; probabilités
 Dynamique chaotique et entropie de Boltzmann. Le second principe.
 La température et l'ensemble microcanonique
 Système canonique en équilibre avec un réservoir thermique, énergie libre
 Potentiel chimique et ensemble grand-canonique
 Applications : paramagnétisme et élasticité des polymères
 Approche de l'équilibre Equation Maître et méthode Monte-Carlo
 Le gaz parfait
 Systèmes en interaction transition para-ferromagnétique
 Le gaz sur réseau et la transition liquide-gaz
 Fluctuations spatiales, tension de surface et nucléation
 Les statistiques quantiques Fermions et Bosons, condensation de Bose.

Préceptorat

Les tuteurs ont une grande liberté de choix des sujets traités. Parmi les thèmes abordés : Le Mouvement Brownien, les phonons, la simulation numérique des transitions de phase. Le but est à la fois d'approfondir les notions du cours (ce qui complète les Travaux Dirigés) et d'explorer des sujets plus pointus.

Travaux Pratiques

Travaux pratiques communs aux cours de Thermodynamique Statistique et de Thermodynamique Physico-Chimique.

3.7 Physique Quantique

Tronc commun 1ère année

Cours : 24 h - Travaux dirigés : 8 h - Préceptorat : 8 h - 3 ECTS.

Enseignants

N. Bergeal



J.B. d'Espinose



H. Hommel



J. Lesueur



C. Feuillet-Palma



Objectifs

Le but est de donner une culture de base sur la mécanique à l'échelle des atomes. Cette culture sera ensuite développée dans d'autres cours : en optique, en chimie, en physique des solides, etc. L'esprit du cours consiste à introduire les principes et les concepts qui sous-tendent la physique quantique, et à montrer comment ils s'appliquent pour décrire des expériences.

Contenu

- Ondes et particules : niveaux d'énergie
- Les principes de la Mécanique Quantique
- Les systèmes usuels : oscillateurs, effet tunnel, ...
- Les niveaux atomiques
- Le moment cinétique et le spin

Préceptorat

Les séances de préceptorat 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).

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

Formation de l'Hydrogène moléculaire interstellaire.

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

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

Travaux Pratiques

Pompage optique du Cs et du Rb
 Résonance paramagnétique électronique
 Résonance Magnétique Nucléaire : doublet de PAKE
 Microscope à effet tunnel : imagerie atomique du graphite
 Radioactivité et pouvoir de ralentissement
 Microscopie à Force Atomique : imagerie de surfaces
 Initiation aux techniques du vide

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et d'Etudes des Matériaux

3.8 Physique du Solide - Introduction

Tronc commun 1ère année

Cours : 10 h - 1 ECTS.

Enseignants

D. Roditchev



Objectifs

L'objectif du cours est d'introduire les connaissances générales en physique de la matière condensée. A partir des modèles microscopiques classiques simples puis en utilisant des approches quantiques plus élaborées, montrer comment il est possible de remonter aux phénomènes macroscopiques observés : conduction électrique ou comportement isolant, transport de chaleur ou propriétés d'émission-absorption optiques. Le cours se veut un aller - retour continu entre les propriétés et phénomènes de base découlant de la nature quantique de solides et les fonctions complexes « utiles » qui sont au coeur des éléments de l'électronique et de l'optique modernes.

Contenu

Un premier module (2 heures) introduit, à travers le modèle de Drude, la vision classique de la matière. Différents phénomènes de transport d'électrons et de chaleur seront introduits. La conductivité électrique des métaux sera utilisée pour souligner les points forts et les limites des approches classiques.

Le second module (2 heures) introduit la nature quantique de la matière par l'intermédiaire du modèle des électrons libres de Sommerfeld. Le principe de Pauli débouche sur la statistique Fermi-Dirac et détermine l'ordre électronique. On introduit les notions d'espace réciproque et de niveau de Fermi. L'apparition des bandes interdites est discutée en termes de la diffraction de Bragg des ondes électroniques sur le potentiel périodique cristallin. Les modes de vibrations du cristal (phonons) sont introduits de manière classique. Le module se termine par une conférence (1 heure) sur les spectroscopies modernes des états électroniques.

Le troisième module (3 heures) traite la conséquence de l'existence des bandes interdites sur les propriétés électriques et optiques des semi-conducteurs. Le confinement quantique est proposé comme une voie de contrôle et d'ingénierie des propriétés électroniques de la matière. Le module se termine par une conférence (1 heure) sur les propriétés optiques des semi-conducteurs et le rôle du confinement. Alternativement, une conférence sur le transport d'électrons et de chaleur dans les circuits mésoscopiques est proposée.

La 4e partie du cours (2 heures dont 1 heure de conférence) traite le phénomène de supraconductivité. Une conférence introductive portera sur la découverte même de ce phénomène extraordinaire. Une démonstration thermodynamique appuiera la nature quantique de l'effet. Une deuxième partie sera consacrée à la réponse du condensat supraconducteur aux excitations extérieures telles que champs magnétique et électrique. Les applications de la supraconductivité seront évoquées.

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et d'Étude des Matériaux

3.9 Mécanique des Fluides

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

C. Clanet



J. Bico



N. Brémond



M. Fermigier



M. 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

3.10 Mécanique du Solide et des Matériaux**Tronc commun 2ème année**

Cours : 19 h - Travaux dirigés : 5 h - Préceptorat : 4 h - Travaux Pratiques : 45 h - 3 ECTS.

Enseignants

A. Devulder



M. Ciccotti



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 dégagant 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

3.11 Ondes et Acoustique

Tronc commun 2ème année

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

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

Institut Langevin/Laboratoire Ondes et Acoustique

3.12 Lumière et Image

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

R. Carminati



S. Gigan



F. Ramaz



J.P. Roger



G. Tessier



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

Institut Langevin/Laboratoire d'Optique Physique

3.13 Lumière et Matière

Tronc commun 2ème année

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 6 h - Préceptorat : 7 h - Travaux Pratiques : 30 h - 4 ECTS.

Enseignants

R. Carminati



S. Gigan



F. Ramaz



J.P. Roger



G. Tessier



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
- Milieux isotropes (diélectriques et métalliques)
- Milieux 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

Institut Langevin/Laboratoire d'Optique Physique

3.14 Physique du Solide

Dominantes physique et physico-chimie 3ème année

Cours : 24 h - Préceptorat : 14 h - 5 ECTS.

Enseignants

D. Roditchev



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

Préceptorat

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

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et d'Étude des Matériaux

3.15 Physique de la mesure

Dominantes physique et physico-chimie 3ème année

Cours : 12 h - Travaux Pratiques : 12 h - 2 ECTS.

Enseignants

D. Cassereau



V. Croquette

**Contenu**

1. Systèmes non-linéaires et introduction au chaos
2. 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 à un signal expérimental ne marche pas !
 - Existence d'un temps de corrélation d'un signal expérimental.
 - Moyennage et détection synchrone.
3. La transformée de Fourier 1D
 - Décomposition d'un signal sur une base orthogonale, exemple 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 artéfacts de la FFT.
 - Filtrage, corrélation, convolution, applications.
 4. Numérisation et théorème de Shannon
 - Nécessité du filtrage avant numérisation, aliasing.
 - Cas particulier d'une caméra, conséquence de l'absence de filtrage temporel.
 5. La transformée de Fourier 2D
 - Convolution et déconvolution, exemple rendre net une photo bougée.
 - 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 supérieur à celle donnée par le critère de Rayleigh.
 6. La physique du bruit
 - Les différents type 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.
 7. Travaux Pratiques : traitement numérique de signaux et images
 - 3 séances consacrées au traitement de signaux expérimentaux.
 - Expériences inspirées des recherches sur les matériaux tactiles.
 - Traitements à base de corrélations, en lien avec la physique.
 - 3 séances consacrées à la manipulation des images. I
 - Quelques opérations simples (rotation, zoom, ...).
 - Filtrage dans l'espace réel (passe-bas, passe-haut, défloutage).
 - Filtrage dans l'espace des fréquences spatiales (TF2D).
 - Nettoyage d'une image de Saturne à travers une grille.

3.16 Ondes en Milieux Complexes

Dominantes physique et physico-chimie 3ème année

Cours : 10 h - 1 ECTS.

Enseignants

E. Bossy



R. Carminati

**Contenu****Diffusion de la lumière par des particules**

Diffusion, sections efficaces, théorème optique.

Rappels de rayonnement. Rayonnement dipolaire.

Cas particuliers (diffusion Rayleigh, particules grandes devant λ , diffusion de Mie)**Diffusion multiple (I)**

Extinction par un nuage de particules

Balistique et diffus. Echelles de longueur. Champ moyen et champ fluctuant

Homogénéisation (exemple du milieu finement divisé)

Homework : Diffusion par les fluctuations d'un gaz. Bleu du ciel

Diffusion multiple (II) : transport

Equation de transfert radiatif. Méthode à deux flux

Approximation de la diffusion. Conductance radiative

Transitions entre régimes

Exemples d'application, imagerie

Speckle (I)

Modèle de lumière chaotique. Statistique de l'intensité (Rayleigh)

Photodétection des fluctuations d'intensité (modèle semi-classique)

Techniques d'imagerie en milieux diffusants.**Ultrasons, photo-acoustique, acousto-optique****Speckle (II)**

Statistiques du second ordre. Corrélations angulaires

Diffusion dynamique de la lumière

Régime de diffusion simple (DLS)

Régime de diffusion multiple (DWS)

Exemples d'application en imagerie (matière molle, vivant)

Diffusion par des surfaces rugueuses

Propriétés radiatives. Réflexion spéculaire et diffuse

Approximation de Kirchhoff, méthode perturbative

Speckle de surface, champ proche

Laboratoire associé

Laboratoire d'Optique Physique

3.17 Rhéologie**Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année**

Cours : 10 h - 1 ECTS.

Enseignants

M. Djabourov

**Objectifs**

Le cours de rhéologie est destiné aux élèves chimistes et physico-chimistes de 3ème année et il a pour objectif de permettre aux futurs ingénieurs d'être en mesure de caractériser les propriétés d'écoulement des milieux complexes, tels que des solutions contenant des polymères et des particules colloïdales, des émulsions ou des pâtes humides formées de particules non colloïdales. . . Ces problèmes interviennent dans un grand nombre de domaines industriels tels que l'agro-alimentaire, les peintures et les revêtements, les formulations pharmaceutiques ou cosmétiques, les procédés de polymérisation en suspension, le transport des minerais . . . Le cours suppose que les notions de mécanique de fluides sont bien acquises au cours des années précédentes et que l'élève est familiarisé avec le langage de la rhéologie (contrainte, déformation, taux de cisaillement, mesures dynamiques, spectre en fréquences, mesures transitoires, mesures stationnaires. . .). L'enseignement des polymères leur a également permis auparavant de comprendre la visco-élasticité linéaire des solutions et des fondus et son interprétation en termes de paramètres moléculaires.

Contenu

Bref rappel des notions de base de rhéologie. Sensibilisation aux notions de rhéométrie : choix des géométries de mesure pour rhéomètres rotatifs (géométries classiques, géométries non standard, à ailettes ou hélicoïdales). Problèmes de glissement aux parois et de fracture des milieux structurés.

Rhéologie des suspensions colloïdales : milieux dilués, semi-dilués ou concentrés.

Comportements rhéologiques et interprétation structurale. Suspensions de sphères dures sans interactions, fraction volumique variable (Keiger-Dougherty, Quémada, Brady). Suspensions complexes : approche simplifiée du modèle de Quémada. Quelques notions sur la rhéologie des suspensions non colloïdales et les pâtes.

La gélification ou transition sol-gel et l'analogie avec la percolation. Quelques exemples de relations rhéologie-structure dans les systèmes réels.

Rhéologie des émulsions et des mousses : modèle de Princen. Exemples. Rhéologie de mélanges immiscibles de fondus ou de solutions démixtés : modèle linéaire de Palierne. Exemples.

Travaux dirigés

Rhéologie des fluides complexes

Rhéologie des suspensions et modélisation

Rhéologie des émulsions et des gels

3.18 Génie Nucléaire**Cours d'option "Sciences et Technologies" 3ème année**

Cours : 21 h - 3 ECTS.

Contenu

Physique nucléaire Structure de l'atome – Eléments chimiques Structure du noyau – Isotopes Radioactivité – Types de rayonnement, Cinétique de la radioactivité Défaut de masse –

Energie nucléaire Réactions nucléaires Caractéristiques des neutrons – Domaines d'énergie Interactions des neutrons Sections efficaces

Principe des réacteurs Fusion et Fission – Energie dégagée Produits de fission Réaction en chaînes – Facteur de multiplication Choix du combustible Choix du modérateur Rapport de modération – Réacteur sous modérés Choix du caloporteur Filières des réacteurs

Cinétique des réacteurs Réactivité Neutrons retardés – Précurseurs Temps de vie des neutrons Equations de la cinétique Cinétique en neutrons prompts (hypothétique) Cinétique à 1 groupe de neutrons retardés Relation et courbe de Nordheim Evolution de la population neutronique en fonction de la réactivité Temps de doublement Principes de pilotage des réacteurs Poisons neutroniques – Xénon et Samarium Effet en réactivité induit par les variations de température Approche sous-critique avant démarrage du réacteur

La filière des réacteurs à eau sous pression Principe de fonctionnement et description : bâtiments, circuits primaire, secondaire et tertiaire, piscines, salle de commande. Présentation de certains circuits auxiliaires et de sauvegarde.

L'EPR European Pressurized water Reactor : Présentation des particularités de l'EPR par rapport aux réacteurs actuels.

Les acteurs du nucléaire en France Les acteurs du nucléaire en France : Gouvernement, DGEMP, ASN, IRSN, ANDRA, CEA, AREVA, ALSTOM et EdF

Cycle du Combustible Nucléaire et Gestion des Déchets

Combustible nucléaire pour filière REP

Uranium ; aspects de chimie et de physique nucléaire

U, élément chimique ; famille actinides, configuration électronique, multiplicité des degrés d'oxydation,... U radio-élément ; ses isotopes et leurs périodes, descendants, fissile/fertile, uranium nature/enrichi/appauvri, filière réacteurs/isotopie.

Uranium ; dans le cœur des REP

Quelle forme chimique ? Pourquoi ? Quel conditionnement ? L'assemblage, le crayon, la pastille, la poudre UO₂. Besoins du parc électronucléaire français. L'industrie de la fabrication du combustible ; quelques aspects. Du combustible neuf au combustible usé ; réactions nucléaires, production de nouveaux éléments chimiques, aspects de corrosion,...

De la mine à la fabrication du combustible ; l'amont du cycle du combustible nucléaire

De la mine à la fabrication du combustible ; une simple logique d'enchaînement d'étapes

Objectifs des 3 étapes ; extraction- concentration, conversion, enrichissement. L'uranium sous plusieurs formes chimiques et dans plusieurs états. Ressources minières mondiales, usines de conversion et enrichissement.

L'enrichissement de l'uranium ; un procédé de séparation physique

Principes de séparation par procédé diffusion gazeuse ; opération unitaire, cascade, l'UTS. Composition d'un module de DG. Comparaison procédé DG / procédé ultracentrifugation gazeuse. L'usine Georges Besse 1 et le projet Georges Besse 2.

Devenir du combustible usé et gestion des déchets ultimes ; l'aval du cycle du combustible nucléaire

Des étapes qui dépendent d'une stratégie de fin de cycle

Cycle ouvert / cycle fermé ; éclairage sur le choix de quelques pays. Stratégie retraitement – recyclage : les implications industrielles. Industrie du retraitement et du recyclage ; combustibles MOX, l'URT, l'URE). Stratégie retraitement – recyclage : les implications en matière de gestion des déchets de fin de cycle. La situation aujourd'hui.

Procédé de traitement des combustibles usés : les grandes lignes du procédé PUREX

Gestion des déchets radioactifs : la situation aujourd'hui en France

Origine, classification, production annuelle. Stockage en surface des déchets très faible et faible activité à vie courte (TFA, FA/MA vie courte). R&D associée à la gestion des déchets de haute activité et moyenne activité à vie longue (HMA-VL).

Gestion des déchets radioactifs HMA-VL : les perspectives en France, les stratégies développées par nos voisins

Enseignants

François Foulon, Patrick Jouenne, Pascal Dannus.

Laboratoire associé

Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires

3.19 Télécommunications Avancées**Cours d'option "Sciences et Technologies" 3ème année**

Cours : 13 h - 1,5 ECTS.

Enseignants

E. Géron

J. Lucas

**Objectifs**

Cet enseignement a essentiellement pour but d'approfondir plusieurs aspects liés aux télécommunications. Il comporte également une initiation au domaine dit de la compatibilité électromagnétique (CEM).

Dans ce module sont abordés les outils nécessaires à la compréhension des nouvelles normes de communications radioélectriques et filaires, publiques et privées ainsi que les moyens utilisés pour réaliser les composants électroniques et les équipements associés.

Contenu**Les systèmes de Télécommunications avancés (10h)**

Les besoins

Télécommunications privées - télécommunications publiques (voix et données)

Interaction entre les systèmes

L'augmentation du débit et les nouvelles modulations (bande étroite - large bande)

L'attribution spatiale (les antennes intelligentes)

Le "tout communiquant" : Wifi et Bluetooth

Les supports alternatifs : réseau de transport d'énergie (powerline)

Processus de standardisation mondiale

Le futur

Vivre avec les autres : la Compatibilité électromagnétique (CEM) (3h)

Grandeurs physiques

La susceptibilité électromagnétique

Les émissions parasites

Les décharges électrostatiques

Méthodes de mesure

Normalisation

Laboratoire associé

Laboratoire d'Electricité Générale

3.20 Microfluidique

Cours d'option "Sciences et Technologies" 3ème année

Cours : 16 h - Préceptorat : 8 h - 3 ECTS.

Enseignants

M.C. Jullien



P. Tabeling

**Objectifs**

Le but est d'introduire les élèves 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 à la séparation dans les microsystèmes
Phénomènes électrocinétiques : électroosmose, électrophorèse, diélectrophorèse
Introduction aux techniques de microfabrication

Préceptorats

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

Laboratoire associé

Laboratoire de Microfluidique, MEMs et Nanostructures

3.21 Physique des Microsystèmes

Cours d'option "Sciences et Technologies" 3ème année

Cours : 12 h - 1,5 ECTS.

Objectifs

Ce cours est destiné à expliquer le fonctionnement physique des composants électroniques qui ont été étudiés et mis en oeuvre à l'occasion du cours et des TP d'électronique de première année ; il décrit également les éléments de la technologie de fabrication des circuits intégrés et des microsystèmes.

Contenu

Semi-conducteurs à l'équilibre et hors d'équilibre : loi d'action de masse, injection et extraction, centres de création-recombinaison.

La jonction p-n : caractéristiques statiques, polarisation directe et inverse, temps de recouvrement, capacité différentielle.

Les transistors MOS : effet de champ, propriétés de la structure MOS (capacité différentielle, résistance du canal), caractéristiques statiques courant-tension des transistors MOS.

Transistors bipolaires : modèle statique du transistor bipolaire, comportement à haute fréquence, régime saturé, effet Early.

Technologie de fabrication des circuits et systèmes intégrés : lithographie (optique et électronique), diffusion, épitaxie, oxydation, pulvérisation cathodique, implantation ionique.

Enseignants

Jean-Jacques Ganem

3.22 Méthodes et instrumentation pour l'imagerie biomédicale

Option d'ouverture 3ème année

Cours : 21 h - 3 ECTS.

Coordonnateur

Emmanuel Bossy.

Objectifs

Cette option a pour but de présenter les concepts physiques et les méthodes sur lesquels reposent les principales modalités d'imagerie médicale. Si dans ce cours l'accent est mis sur l'imagerie médicale, les concepts abordés ne se limitent néanmoins pas à cette thématique, et sont applicables au contrôle non destructif des matériaux par exemple. Un objectif majeur du cours est de comprendre comment sont formées les images fournies par telle ou telle technique, en se basant sur les connaissances acquises au cours des deux premières années à l'ESPCI.

Contenu

La première partie du cours s'articulera autour des quatre modalités suivantes : rayons X, ultrasons, imagerie par résonance magnétiques et optique. Chacune de ses approches met en oeuvre des principes physiques et méthodologiques qui lui sont propres. Les résolutions impliquées par l'ensemble de ces méthodes vont typiquement du μm au mm. Nous nous attacherons à identifier les

points communs ou analogies ainsi que les différences fondamentales entre les différentes modalités. Au delà des modalités utilisées à ce jour en routine clinique, nous présenterons également dans la seconde partie du cours quelques techniques actuellement en cours de développement dans les laboratoires et/ou dans l'industrie, en particulier les approches dite multi-ondes qui conduisent à de nouvelles modalités d'imagerie, alternatives ou complémentaires des modalités plus classiques. Le cours s'appuiera en particulier sur les techniques développés au sein des laboratoires de l'ESPCI, et sera illustré au cours de visites en laboratoire sur des instruments disponibles à l'ESPCI (IRM, échographes, microscopie optique, pour en citer quelques uns).

Laboratoire associé

Institut Langevin

3.23 Relativité et électromagnétisme

Option d'ouverture 3ème année

Cours : 30 h - 3 ECTS.

Enseignants

J. Lesueur



Contenu

- Limites de la mécanique de Newton-Galilée
- Relativité restreinte
- Structure de l'espace temps de Minkowski (quadrivecteurs, causalité)
- Cinématique relativiste
- Dynamique relativiste
- Electromagnétisme
- Equation de Dirac (spin de l'électron, antimatière)

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et Etude des Matériaux

3.24 Systèmes énergétiques

Option d'ouverture 3ème année

Cours : 30 h - 3 ECTS.

Contenu**Le système pétrolier (conférenciers de l'IFP School, 12h)**

Problématique pétrolière et énergétique M. Orivel

Exploration pétrolière J.P. Roy,

Exploitation des gisements A. Couturier

Valorisation du pétrole et du gaz, P. Bichet

Stockage et conversion d'énergie ; systèmes électrochimiques (D. Larcher Univ.

Picardie, 9h)

L'énergie, quelques généralités

Conversion d'énergie chimique en énergie électrique

Piles et batteries : du concept à la réalisation

accumulateurs à ions lithium

Piles à combustibles

Supercondensateurs

Les énergies renouvelables (6h)

Solaire photovoltaïque (D. Lincot, ENSCP)

Bioénergie, biomasse (M. Rousset, CNRS BIP)

Hydraulique, éolien, énergies marines (X., EDF)

Quels systèmes énergétiques ? Choix et données économiques (D. Blaustein ADEME)

(3h)

Vue d'ensemble

Objectifs et risques

Perspectives par type de solution

Scénarios

4 Enseignements de Chimie

© Proxima



4.1 Chimie Organique

Tronc commun 1ère année

Cours : 26 h - Travaux dirigés : 7 h - Préceptorat : 9 h - Travaux Pratiques : 75 h - 9 ECTS.

Enseignants

V. Bellosta



J. Cossy



A. Duprat



D. GomezPardo



S. Reymond



Objectifs

Le cours de Chimie Organique vise à donner à tous les étudiants les bases essentielles dans cette discipline. Ces bases, bien assimilées, leur permettront de disposer des outils conceptuels indispensables quelles que soient leurs futures orientations (chimiques ou biologiques et même physiques).

Contenu

Stéréochimie

Analyse conformationnelle des molécules linéaires et cycliques.

Chiralité des molécules organiques.

Configurations absolues (Convention CIP). Configurations relatives appliquées en particulier aux acides aminés et aux sucres. Convention D/L.

Principe des réactions énantiosélectives et diastéréosélectives.

Mécanismes réactionnels

Effet inductif, effet mésomère

Acidité et basicité en Chimie Organique

Contrôle cinétique et thermodynamique des réactions

Réactions de substitution, d'élimination et d'addition

Réaction de substitution électrophile aromatique

Réactions électrocycliques

Etude des groupes fonctionnels

Amines et alcools

Alcènes

Aldéhydes et cétones

Acides et dérivés

Travaux Pratiques

Les Travaux Pratiques mettent l'accent sur l'aspect préparatif de la Chimie Organique ainsi que sur l'analyse structurale (IR, RMN, SM).

Préceptorat

Révisions de classes préparatoires, nomenclature
Effets électroniques, acides et bases, groupements protecteurs
Aldéhydes et cétones, première partie
Aldéhydes et cétones, fin.
Enols, énolates et énones
Acides carboxyliques et dérivés d'acides, révisions

Laboratoire associé

Laboratoire de Chimie Organique

4.2 Identification des Composés Organiques**Tronc commun 1ère année**

Cours : 5 h - Travaux dirigés : 6 h - 1 ECTS.

Enseignants

V. Bellosta



S. Reymond



C. Soulié-Ziakovic



A. Trokiner

**Objectifs**

Dans ce cours sont présentés les concepts de base de la Résonnance Magnétique nucléaire et de la spectrométrie de Masse permettant de comprendre les applications de ces deux techniques pour la caractérisation chimique de composés organiques.

Contenu

Résonance magnétique nucléaire : Le format retenu pour cette partie du cours est de présenter les principaux concepts de base de la RMN du liquide et de les faire manipuler par les étudiants via l'interprétation de nombreux spectres ^1H et ^{13}C .

- Principe de la RMN.
 - Spin nucléaire et moment magnétique associé.
 - Effet Zeeman, phénomène de résonnance.
- Les principales interactions rencontrées en RMN du liquide et des solutions.
 - Le déplacement chimique. - constante d'écran et déplacement chimique. - comment mesurer la constante d'écran. - contributions au déplacement chimique.
 - Le couplage indirect spin-spin ou couplage J - introduction (niveaux d'énergie, multiplets, etc...). - découplages homo et hétéronucléaire. - équivalence : noyaux chimiquement et/ou magnétiquement équivalents.
 - conditions de mesures vs allure des spectres RMN - fréquence du spectromètre. - température
 - pH - concentrations - mise en évidence des protons mobiles
- Echange chimique. - échange lent/échange rapide (équilibres tautomères, conformationnels, etc..). - échelle de temps de la RMN

- Introduction à la RMN par impulsion et à la RMN par transformée de Fourier. - RMN du ^{13}C . - séquence d'impulsion, découplage 1H - séquence DEPT
- Principe de la RMN 2D. - RMN du ^{13}C . - séquence d'impulsion, découplage 1H - séquence DEPT

Spectrométrie de Masse : Principe général de la spectrométrie de masse.

Ionisation par impact électronique. - Description d'un appareillage dit classique (analyseur à déviation magnétique) - enregistrement d'un spectre de masse - utilisation de la masse à basse résolution et à haute résolution - étude des fragmentations

Principe de l'ionisation chimique

Introduction au couplage chromatographie-spectrométrie de masse

Illustration de l'utilisation des différentes techniques (IR, RMN 1H et ^{13}C , Masse) pour la détermination de structure de deux composés organiques complexes

Travaux Pratiques

A l'occasion des Travaux Pratiques de Chimie Organique, les étudiants mesurent et interprètent des spectres de RMN 1H , RMN ^{13}C et des spectres de Masse sur des produits synthétisés en TP. Ils ont ainsi un retour expérimental sur leurs manipulations en TP de Chimie Organique

Laboratoires associés

Chimie Organique, Physique et Etudes des Matériaux, Science et Ingénierie de la Matière Molle

4.3 Thermodynamique Physico-chimique

Tronc commun 1ère année

Cours : 16 h - Travaux dirigés : 8 h - Préceptorat : 4 h - 2 ECTS.

Enseignants

Y. Tran



H. Van Damme



Objectifs

L'objectif du cours est de montrer comment utiliser le cadre très général et formel de la thermodynamique pour prédire le comportement et l'évolution d'un système chimique formé de molécules, de particules et d'interfaces, dans lequel peuvent se produire des phénomènes de mélange, de séparation, des réactions, des changements d'états, ou des processus de transport. Le cours se veut un aller - retour continu entre les potentiels et les grandes relations thermodynamiques et leur déclinaison en termes microscopiques. Le lien avec le cours de thermodynamique statistique se fait par la prise en compte de la complexité interne des molécules.

Il n'est pas prévu d'activités de laboratoire, mais l'enseignement expérimental de Thermodynamique fait abondamment appel aux notions du cours.

Contenu

Un premier module introduit la diversité des états moléculaires et particulières de la matière (gaz, liquide, solide, matière molle, matière en grains) et les outils pour la caractériser : potentiel de paire, fonctions de corrélations. Les grandes classes de forces intermoléculaires et de forces de surface sont passées en revue.

Le second module est un rappel des notions et relations thermodynamiques de base (phases, potentiels thermodynamiques, grandeurs molaires partielles, potentiel chimique, conditions d'équilibre, relation de Gibbs-Duhem...), dans un contexte élargi par la prise en compte des phénomènes de surface et d'interface.

Le troisième module concerne les solutions -liquides ou solides- et les mélanges. En partant de la solution idéale et ses propriétés (tension de vapeur, pression osmotique...), on évolue progressivement vers des situations plus complexes impliquant des molécules ou particules en interaction. La démarche consiste à mener en parallèle une approche thermodynamique et un modèle statistique (Bragg-Williams pour les solutions régulières; Flory-Huggins pour les solutions de polymères; Debye-Hückel pour les solutions d'électrolytes).

Un quatrième module concerne les équilibres, les transformations, les séparations et les diagrammes de phases. La stabilité est analysée dans le cadre général du développement d'un potentiel thermodynamique et dans la cadre particulier du modèle des solutions régulières. Les deux mécanismes de séparation que sont la nucléation - croissance et la décomposition spinodale sont abordés.

Le cinquième module concerne les systèmes dans lesquels se produisent des réactions chimiques. Le coeur du module est la description des constantes d'équilibres et de l'affinité en termes de fonctions de partitions moléculaires.

Le dernier module est une introduction à la thermodynamique linéaire des processus irréversibles : vitesse de production d'entropie, phénomènes de transport, couplages, application au génie des procédés chimiques et à la biologie.

Travaux Pratiques

Travaux pratiques communs aux cours de Thermodynamique Statistique et de Thermodynamique Physico-Chimique.

Laboratoire associé

Laboratoire de Physicochimie des Polymères et Milieux Dispersés

4.4 Matériaux Cristallisés

Tronc commun 2ème année

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 7 h - Préceptorat : 4 h - Travaux Pratiques : 45 h - 5 ECTS.

Enseignants

Emanuel Bertrand



Emerson Giovanelli



Sandrine Ithurria



Nicolas Lequeux



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

4.5 Chimie et Matériaux Inorganiques

Tronc commun 2ème année

Cours : 21 h - Travaux dirigés : 4 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 45 h - 5 ECTS.

Enseignants

Renaud Nicolay



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

4.6 Sciences Analytiques et Bioanalytiques

Tronc commun 2ème année

Cours : 20 h - Travaux dirigés : 10 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 60 h - 7 ECTS.

Enseignants

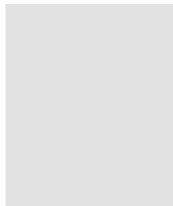
J. Dugay



M.C. Hennion



C. Sarazin



J. Vial



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'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 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 Sciences Analytiques, Bioanalytiques et Miniaturisation

4.7 Liquides Colloïdaux

Tronc commun 2ème année

Cours : 15 h - 2 ECTS.

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

4.8 Introduction à la Physique des Polymères

Tronc commun 2ème année

Cours : 17 h - Préceptorat : 6 h - 2 ECTS.

Enseignants

K. Dalnoki-Veress



Ce cours est dispensé en anglais.

Objectifs

Macromolecular materials play an ever expanding role in our daily life. They range from the usual "plastics" intended to cover the needs of daily life, building and leisure activities to very elaborate polymers intended for the aeronautic and space industries.

The objective of this introductory course and its associated tutorials is to familiarise students with the specificities of polymers, and make them aware of the great variety of physical and mechanical behaviours they present. This course is intended to be an introduction to the fundamental topics in polymer physics. The objective is to ensure that students from a variety of backgrounds acquire the basic knowledge in the field. Topics include polymer chain conformations, elasticity of polymer chains and networks, excluded volume effects, polymer mixtures and phase behaviour, polymer crystallisation, polymer dynamics and the glass transition, mechanical properties like viscoelasticity, non-Newtonian flow, yield processes and fracture. Current research topics such as polymer self-assembly, morphologies and polymer thin films will be discussed.

No laboratory work is associated with this course, which will have an extension in the industry training course at the beginning of the 3rd year.

Syllabus

- Introduction :
polymer vs oligomer, homopolymer, polymer architecture
- Chain conformations
tacticity
degree of polymerization, polydispersity, molecular weight
Polymer length scales, end-to-end distance, persistence length
Kuhn length, freely-jointed chain model, restricted bond models
- Probability distribution function for ideal chains
entropic elasticity of a single chain
- Elasticity of a polymer network
non-linear elasticity
- Excluded volume effects self avoiding walk, Flory chains, Flory calculation
- Entangled polymer fluids
Reptation theory, viscoelasticity
the compliance curve, time/temp superposition
entanglement molecular weight
viscosity dependence on molecular weight
tube picture, primitive path, terminal relaxation time, reptation time
confinement effects (chain in a tube, 2D confinement/thin films)
- The glass transition
Vogel-Fulcher-Tammann equation (VFT)
Williams-Landel-Ferry equation (WLF)
measurements of T_g
free volume theory
brief intro to other theories
applications of free volume theory
- Polymer crystallinity
spherulites formation
equilibrium lamellar thickness
crystal growth rate
classic nucleation theory

Research Laboratory

Soft condensed matter group at McMaster University

4.9 Techniques Moléculaires de Caractérisation

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

N. Brémond



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 vibrateurs ; 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 des 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 vibrateur 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

4.10 Matière Molle et Développement

Tronc commun 3ème année

Cours : 19 h - Préceptorat : 7,5 h - 3 ECTS.

Enseignants

M. Cloitre



S. Norvez



Objectifs

Le terme Matière Molle désigne un ensemble de matériaux qui va des matières plastiques aux cristaux liquides en passant par les gels, les pâtes colloïdes, les solutions de tensio-actifs, les biopolymères, les mousses... Qu'ont donc en commun ces matériaux qui sont tantôt solides, tantôt liquides ? Comme leur nom l'indique, ils ont la faculté de se déformer facilement et de réagir à des sollicitations physiques ou chimiques faibles. Cette propriété découle de la nature des forces d'interaction dont l'amplitude est généralement comparable à celle des forces Browniennes. L'entropie joue aussi un rôle considérable et peut être à l'origine de phénomènes surprenants. Ainsi la compétition entre forces enthalpiques et forces entropiques se trouve à l'origine des phénomènes d'auto-assemblage qui conduisent à des structures fascinantes impliquant toute une hiérarchie d'échelles de longueur et de temps.

Ces matériaux sont à la base d'une multitude de produits industriels techniques et de commodité. Les mélanges de polymères et les copolymères à blocs sont à l'origine de matières plastiques extrêmement performantes, d'élastomères recyclables, de films barrière pour l'emballage, d'adhésifs... Nos écrans et nos dispositifs d'affichage contiennent des cristaux liquides qui peuvent être orientés par la simple application d'un champ électrique. La formulation des peintures, des encres d'impression, des cosmétiques utilise des associations de molécules tensio-actives, de colloïdes et de polymères qui permettent d'atteindre les propriétés physico-chimiques requises avec de faibles concentrations.

Le cours Matière Molle et Développement, qui s'adresse à la fois aux physiciens, chimistes et physico-chimistes, illustre comment une bonne connaissance des concepts de base en Matière Molle, une approche résolument interdisciplinaire, ainsi que beaucoup d'imagination, permettent de concevoir et de développer à façon des matériaux et des procédés innovants.

Contenu

Ingénierie macromoléculaire

Mélanges et alliages de polymères

Copolymères à blocs

Séparation de microphase dans les copolymères à blocs

Elastomères thermoplastiques

Matériaux nanostructurés

Contrôle de la nanostructuration

Analogie avec les phases de tensio-actifs

Cristaux liquides

Nématiques, smectiques, phases chirales

Défauts et textures

Afficheurs à cristaux liquides et autres dispositifs d'écrans plats

Mise en forme des matériaux

Injection, extrusion, moulage et procédés dérivés

Applications de l'extrusion (galénique, céramiques)

Mise en forme des élastomères et des polymères fondus

Ecoulement de polymères (viscoélasticité linéaire et non-linéaire)

Glissement et instabilités d'extrusion
Matériaux cellulaires et mousses polymères

Formulation en solution

Colloïdes, polymères et gels neutres : structure et dynamique
Systèmes chargés en Matière Molle et en Biologie
Notions sur les polyélectrolytes
Equation de Poisson Boltzmann, condensation de Manning ...
Polyélectrolytes à squelette hydrophobe
Polymères et gels polyélectrolytes

Préceptorat

Nouveaux copolymères multiblocs pour le stockage de l'information
Hybrides à base de copolymères à blocs et de nanoparticules
Polymères hydrosolubles associatifs
Membranes réactives à reconnaissance moléculaire
Réseau optique modulable utilisant des cholestériques

Laboratoire associé

Laboratoire Matière Molle et Chimie

4.11 Chimie Inorganique Avancée

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 12 h - 3 ECTS.

Enseignants

Sophie Norvez



Corinne Soulié



Catalyses industrielles

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**

1. Catalyse : concepts fondamentaux
 - (a) Principe de la catalyse
 - (b) Catalyse homogène vs hétérogène
 - (c) Estimer qu'un catalyseur est bon : activité, sélectivité, stabilité, quotient environnemental, efficacité atomique
 - (d) Connaissances et développements de la catalyse
2. Catalyses et grands procédés industriels
 - (a) Catalyse homogène : procédés, mécanismes et aspects cinétiques, problèmes et solutions
 - (b) Catalyse hétérogène : procédés, préparation des catalyseurs, mécanismes
3. Mécanismes et cinétique de catalyse hétérogène
 - (a) Etapes réactionnelles : physisorption vs chimisorption
 - (b) Adsorption : modèles de Langmuir, BET, mesures des aires spécifiques
 - (c) Equations de vitesses : systèmes solide-gaz et solide-liquide, mécanismes de Langmuir-Hinshelwood, Eley-Rideal
4. Performances d'un système catalytique hétérogène
 - (a) Propriétés d'un bon catalyseur
 - (b) Stabilité : désactivation du catalyseur
 - (c) Sélectivité
 - (d) Types de réacteurs

Biocatalyses

1. Eléments de la biosphère
 - (a) Rôle biologique des ions métalliques
 - (b) Calcium dans les systèmes biologiques
 - (c) Transport et stockage de l'oxygène
2. Catalyse acide, enzyme à zinc
 - (a) Métalloenzymes, généralités
 - (b) Anhydrase carbonique
 - (c) Carboxypeptidases
3. Catalyse redox
 - (a) Généralités et importance dans les processus de respiration et de photosynthèse
 - (b) Protéines Fer-Soufre
 - (c) Cytochromes de la chaîne de transport des électrons
 - (d) Les protéines à cuivre bleu
 - (e) Cytochrome P-450
 - (f) Coenzyme B12, une biomolécule organométallique
 - (g) Fixation de l'azote
 - (h) Photosynthèse
4. Procédés industriels utilisant des biocatalyseurs.
 - (a) Cinétique des réactions catalysées par les enzymes
 - (b) Acrylamide à partir d'acrylonitrile
 - (c) Aspartame par synthèse peptidique enzymatique
 - (d) L-aminoacides par procédé à l'amylocylase

Laboratoire associé

Laboratoire de Matière Molle et Chimie

4.12 Réactivité

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 8 h - Préceptorat : 4,5 h - 2 ECTS.

Enseignants

F. Volatron

**Contenu****Méthodes d'analyse**

Domaine d'étude

Diagrammes de corrélation

Approximation des orbitales frontières

Applications à la chimie organique

Réactions électrocycliques

Corrélation des OM

Corrélation des états

Réactions de cycloaddition

Approximation des orbitales frontières

Règle d'Alder

Effet *endo*

Applications à la chimie de coordination

Rappels sur les fragments ML_n

Etude de la conformation de ML_4 (éthylène)

Description des grands types de réaction en catalyse homogène

Addition oxydante de H_2

Couplage de carbènes

Préceptorat

Application des méthodes théoriques (diagramme de corrélation et approximation des orbitales frontières à l'étude de la réactivité en chimie organique.

Structure des complexes boryles des métaux de transition.

Etude théorique de la réactivité des nickelacyclopentane.

Structure des complexes borohydrure.

Laboratoire associé

UPMC, Laboratoire de Chimie Théorique

4.13 Synthèse Organique

Dominante chimie 3ème année

Cours : 12 h - Travaux dirigés : 3 h - Préceptorat : 6 h - 3 ECTS.

Enseignants

V. Bellosta



J. Cossy



A. Duprat



D. GomezPardo



S. Reymond



Objectifs

Que ce soit au travers des médicaments, parfums, de la cosmétique, des matériaux, la Chimie organique fine est partout. Connaître les bases de la synthèse organique est essentiel pour un chimiste.

Cet enseignement s'adresse aux chimistes et vise à les initier, par l'exemple, aux nouvelles réactions utilisées en synthèses organique. Ce travail trouve son application dans l'étude de grandes synthèses de produits biologiquement actifs. Ces études constituent de surcroît une première approche relative aux stratégies de synthèse en Chimie Organique.

Contenu

Réactions d'alkylation
 Formation des carbanions par déprotonation
 Formation régiosélective des énolates. Conditions cinétiques et thermodynamiques
 Stéréochimie des énolates (Z, E)
 Alkylation des énolates et des dianions (Nature de l'agent alkylant, RX donnant C-alkylation, O-alkylation avec silylation et acétylation)
 Utilisation des éthers d'énol silylés (lithien ? monoalkylation)
 Conditions d'alkylation des esters (énolate E), amides (énolate Z), et nitriles
 Action des nucléophiles carbonés sur le groupement carbonyle.
 Alkylation en milieu basique
 Formation et hydrolyse des énamines
 Réactions de condensation des énamines (régiosélectivité)
 Aldolisation, Robinson
 Réaction de Mannich
 Réaction de Knoevenagel
 Acylation des carbanions : réaction de Claisen, cyclisation de Dieckmann
 Intermédiaire réactifs : imidazole d'acyle
 Additions conjuguées : réaction de Michael, réaction de Sakurai, éther d'énol silylé (Mukaiyama)
 Préparation des α -cétoesters, réactif de Mander (CNCO₂Me)
 Transformation d'ester en cétone
 Réactions de Wittig et de Wittig-Horner, Peterson
 Ylures de soufre nucléophiles
 Réaction de Darzens.
 Interconversion des groupes fonctionnels
 Halogénures et esters sulfoniques à partir des alcools

Effets de solvant
 Formation des nitriles, des azides (réaction de Mitsunobu)
 Alkylation des amines et des amides
 Nucléophiles oxygénés : réaction de Mitsunobu sur les alcools
 Nucléophiles soufrés
 Groupes protecteurs (ROTHP, ROSiR₃, ROBn, ROME), formation et déprotection.
 Rupture des liaisons C-O d'esters et d'éthers (TMSI, BBr₃, H₂ pour OBn)
 Interconversion des dérivés des acides carboxyliques : réactifs pour l'acylation (imidazoles, chlorures d'acides). Préparation d'esters (DCC), et d'amides à partir d'esters, de nitriles, de chlorures d'acides. Formation de cétones suivie du piégeage (COCl + NEt₃)
 Additions électrophiles sur les doubles liaisons. Oxydations et Réductions, Métathèse.
 NBS, PhSeCl, Hg(OAc)₂, iodolactonisation
 Organoboranes, formation d'amines à partir d'organoboranes.
 Réduction : Diimide, LAH-NaBH₄ et réduction des amides en amines NaBH₃CN, Dibal-H, n-Bu₃SnH (Barton). Métaux dissous, Clemmensen, Wolf-Kishner Réaction de Shapiro
 Oxydation : Swern, PCC et PDC comparés, Dess-Martin, oxydation allylique par SeO₂. Formation de cétones ??-insaturées à l'aide de PhSeCl et PhSSPh, OsO₄, Bayer-Villiger. Coupure oxydante des diols
 Intermédiaires réactifs
 Réarrangements des carbocations : réarrangement pinacolique, cascades de Johnson.
 Agrandissement de cycle par CH₂N₂.
 Fragmentation de Grob. Transposition de Favorski
 Les réarrangement d'Hofmann, de Schmidt, de Curtius et de Beckman
 Réaction de Métathèse et applications

Préceptorat

Basés sur l'étude approfondie de quelques grandes réactions intégrées dans des synthèses multistades :

Alkylation, additions nucléophiles carbonées sur la double liaison C=O
 Additions nucléophiles carbonées (suite), interconversion de groupes fonctionnels, métathèse
 Additions électrophiles sur les doubles liaisons, oxydations et réductions
 Intermédiaires réactifs, révisions

Laboratoire associé

Laboratoire de Chimie Organique

4.14 Synthèse Approfondie et Chimie Verte

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 13 h - Travaux dirigés : 5 h - Préceptorat : 4,5 h - 3 ECTS.

Enseignants

V. Bellosta



J. Cossy



S. Gilat



D. GomezPardo



Objectifs

A l'heure actuelle, la sélectivité, et en particulier l'énantiosélectivité sont incontournables en synthèse organique. Obtenir de façon sûre et économique tel ou tel énantiomère d'une molécule donnée est l'objet d'efforts très importants, tant dans l'industrie que dans le monde académique.

Contenu

Enantiosélectivité, diastéréosélectivité : définitions et rappels
 Enantiotopie, diastéréotopie. Configuration absolue et configuration relative.
 Rappels sur les dédoublements : acides et bases du pool chiral, enzymes.
 Synthèses diastéréosélectives. Additions nucléophiles sur le carbonyle muni d'un centre stéréogène.
 Modèles de Cram et de Felkin-Anh (réduction par LiAlH_4 et addition nucléophile). Cas du Cram chélaté.
 Réactions avec RMgX chélaté ou non. Cas de $\text{RMgX} + \text{MgX}_2$.
 Alkylation énantiosélective
 Alkylation en série racémique
 Copule d'Heathcock
 Oxazolidinones d'Evans Copule de Nagao-Fujita
 Copules d'Opolzer et de Meyers.
 Copule d'Enders (SAMP et RAMP)
 Aldolisation énantiosélective
 Etat de transition de Zimmermann.
 Aldolisation intermoléculaire (Aldéhydes et énolates sans centre stéréogène).
 Réaction des énamines chirales (Michael). Imines (cat. Corey)
 Addition conjuguées : Sakurai (TiCl_4), (utilisation de la proline)
 Oxydation énantiosélective
 Epoxydation : réactifs possibles, m-CPBA, H_2O_2 , oxone, N-sulfonyloxaziridines.
 Epoxydation de Katsuki-Sharpless avec modèle du mécanisme et résolution cinétique.
 Réaction de Jacobsen (oléfines de type Z). (Comparaison des différentes méthodes d'époxydation)
 $\text{VO}(\text{acac})_2$
 Ouverture des époxydes par les nucléophiles. ($\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$, HBr , OH^- , HBr , DIBAL-H, RedAl, cuprates)
 Attaque des hydroxyépoxydes par des nucléophiles (Ti, REDAL, $\text{LiCu}(\text{CH}_3)_2$). Réarrangement de Payne suivie d'attaque nucléophile.
 Ouverture d'époxyde avec des bases chirales (Simpkins).
 Dihydroxylation de Sharpless
 Coupure des oléfines (O_3 , $\text{OsO}_4\text{-NaIO}_4$, OsO_4/NMO et NaIO_4 , $\text{Pb}(\text{OAc})_4$)
 Oxydation de cétones (m-CPBA, O_2 , SeO_2 et CrO_3).
 Réaction des oléfines munies d'un centre stéréogène, Réactions de réduction
 Modèle de Houk
 Hydroboration des oléfines avec un centre stéréogène en.
 Utilisation du 9-BBN
 Réducteurs : AlpineBorane, Boronate (avec Rh), réducteur de Corey, BINAL.
 Hydrogénations énantiosélectives : Noyori, Knowles, Kagan (DIOP); réduction des cétones.
 Enaminoester donne dérivé d'acide aminé actif.
 Réarrangements [4+2] et sigmatropiques [3+3]
 Diels-Alder, réactions normales, intramoléculaires. Diels-Alder en série optiquement active ($\text{Ti}(\text{OR}^*)_4$).
 Diels-Alder sur alcynes.
 Hétéro Diels-Alder. Réarrangement d'ylures, réarrangement chélotropique (SO_2). Diène de Danishefsky [4+2] et [2+3], oxyde de nitriles, N-oxydes, Cycloadditions [2+2] thermiques et photochimiques. Réaction de Paterno-Buchi. Cétène. [2+2] sur des énones
 Cope, Claisen, oxy-Cope et ène-réaction.

Réarrangement des hydroxyesters silylés. Sigmatropiques [2,3]. Ene sulfoxyde/Zn, énylures de soufre, énaminiuns (Simpkins).

Eliminations thermiques : chélotropiques (SO₂), réarrangement de Wittig. Décomposition des dérivés azo, des oxydes de séléniums et des oxydes d'amines.

Organométalliques

Vinylolithien, synthèse (échange métal-métal) et réactivité.

Transmétallation avec vinylstannane (cis > > trans)

Attaque équatoriale RMgX sur des cétones.

Shapiro. Organométallique sur l'amide de Weinreb, attaque RMgX sur ester avec TMSCl.

Réformatsky.

Diéthylzinc activé. R₂CuLi : attaque SN' sur un acétate d'allyle

Organocadmiens, Organocériens, Organocuivreux.

Complexes du palladium sur oléfines (Trost, Tsuji, Stille et Suzuki), réaction de Wacker.

Intermédiaires électrodéficients

LDA-TMSCl tBuBr sur les cétones, Friedel-Craft, Diazocétones.

Réactions en cascade (Johnson).

Réarrangements : Pinacoliques (acide et basique), Diazométhane sur C=O, Halogénocétones, Halogéno sulfones, réarrangement de Grobb.

Carbènes et nitrènes

Décomposition thermique ou photochimique des diazo. Préparation des aziridines.

Carbénoides.

Nitrènes : réarrangements de Hofmann, Schmidt et de Curtius.

Préceptorat

Etude de grandes réactions énantiosélectives, de leurs applications et des facteurs qui les régissent :

Énantiosélectivité, alkylations énantiosélectives, aldolisations énantiosélectives

Oxydations énantiosélectives, réactions de réduction, réductions énantiosélectives sur alcènes avec centre stéréogène, réarrangements (première partie)

Réarrangements (fin), organométalliques, intermédiaires électrodéficients

Laboratoire associé

Laboratoire de Chimie Organique

4.15 Chimie des Polymères

Dominantes chimie et physico-chimie 3^{ème} année

Cours : 10 h - Travaux dirigés : 4 h - 2 ECTS.

Enseignants

R. Nicolay



Objectifs

L'ingénierie macromoléculaire permet aux chimistes des polymères de préparer à façon une infinité d'architectures macromoléculaires. Ces architectures peuvent varier de par leurs masses, composition, stéréochimie, topologie, fonctionnalités... Le cours de chimie des polymères vise à fournir les outils permettant de concevoir et de préparer ces objets.

Contenu

Les principales techniques - radicalaire, coordination, ouverture de cycles, ionique, condensation, addition - et procédés de polymérisation - masse, solution, émulsion, précipitation - sont présentés en essayant de mettre en avant les différences et les points communs entre chaque technique. Les développements actuels en termes de recherche sont également abordés.

Le concept de polymérisation vivante/contrôlée est présenté en détails ainsi que certaines des réactions couramment utilisées pour la fonctionnalisation de polymères.

Des exemples de synthèse d'architectures macromoléculaires (copolymères, étoiles, broches, hyperbranchés, gels) sont ensuite détaillés en s'appuyant sur les notions précédemment introduites.

Finalement, des exemples de matériaux polymères et d'architectures macromoléculaires incorporant des polymères stimulables et/ou des liens réversibles (supramoléculaire, dynamique covalent) sont étudiés.

Laboratoire associé

Laboratoire de Matière Molle et Chimie

4.16 Environnement et développement durable

Cours d'option "Sciences et Technologies" 3ème année

Cours : 24 h - 3 ECTS.

Enseignants

M.C. Hennion



Objectifs

Toutes les industries, mais plus particulièrement celles dans le domaine de la pétrochimie, métallurgie, chimie, construction automobile, pharmacie, alimentation, fabrication ou recyclage du papier, textile, sont confrontées à des problèmes environnementaux. Actuellement, elles mènent toutes des actions spécifiques, tels la prévention des risques à l'intérieur et à l'extérieur des sites de production, des études de l'impact sur l'environnement des biens produits, des analyses du cycle de vie des produits, la gestion des déchets, le traitement des rejets, l'augmentation de la possibilité de recyclage et de récupération-valorisation des déchets en matière et en énergie ou la mise au point de technologies propres.

Ce cours s'inscrit dans le contexte "mieux connaître pour mieux apprécier les divers contextes liés aux problèmes environnementaux", avec comme objectifs prioritaires, la notion de développement durable, la prise en compte de l'environnement dans toutes ses dimensions, et la compréhension

de la complexité de l'environnement, tant naturel que modifié par l'homme, complexité qui tient de l'interaction de ses aspects biologiques, physiques, sociaux économiques et culturels.

Contenu

Introduction : pourquoi une formation à l'environnement ?
Les questions de l'environnement
Historique de la mise en évidence de la pollution d'origine chimique à l'échelle globale
De la prise en compte des problèmes environnementaux au développement durable
Comment appréhender les problèmes environnementaux et nécessité de pluridisciplinarité ?
Les pollutions chimiques actuelles
Les outils
Réglementation et directives
Le programme REACH
Analyse de cycle de vie
Notions d'écotoxicologie et d'écotoxicité
Ecosystèmes et cycles de la matière
Problématique de l'accroissement de la population humaine
Notions d'écotoxicité (les diverses voies de transport et transformation des polluants, leur effet sur le fonctionnement et la structure des écosystèmes)
Exemple de perturbation des écosystèmes aquatiques : le phénomène d'eutrophisation
Exemples de contamination par les polluants organiques persistants (POP) : hydrocarbures, PCB, dioxines, insecticides organochlorés...
Effet des activités humaines sur l'atmosphère
Effet de serre et changement climatique
Ozone stratosphérique
Atmosphère troposphérique
Surveillance de la qualité de l'air : AirParif
Pollution diffuse des systèmes aquatiques : exemple des pesticides
Caractéristiques générales, physico-chimie, toxicité et écotoxicité, transfert, transformation et contamination des systèmes aquatiques et des sols, méthodes d'estimation des risques environnementaux, établissement des listes de surveillance.
Cas d'études de suivi de sites : conséquences sur la connaissance du transport dans les eaux de surface et souterraines. Exemple de l'atrazine et de ses produits de transformation.
Importance des produits de dégradation
Elimination des polluants lors du traitement des eaux
Les contaminants émergents : retardateurs de feu, disrupteurs endocriniens, résidus de médicaments, toxines des microalgues, etc.

Laboratoire associé

Laboratoire Environnement et Chimie Analytique

4.17 Etats colloïdaux et biomolécules

Cours d'option "Sciences et Technologies" 3ème année

Cours : 12 h - 3 ECTS.

Enseignants

Jérôme Bibette

**Objectifs**

Les biotechnologies et la biophysique font un large usage des colloïdes. La bioanalyse et l'imagerie, par exemple, utilisent les colloïdes comme marqueurs, la biophysique les utilise afin de manipuler mécaniquement des structures biologiques. La reconnaissance spécifique entre colloïdes greffés par anticorps et par antigènes est la base de diagnostics biologiques (ELISA. . .).

Le cours décrit d'abord les principes associés à cette reconnaissance spécifique. Il donne ensuite un aperçu de ces applications et autres applications potentielles dans le domaine de l'immuno-diagnostic. Il évoque finalement l'élaboration de matériaux biomimétiques.

Contenu

Reconnaissance spécifique : généralités et définitions
 Durée de vie d'un assemblage et paysage d'énergie
 Formation d'un assemblage, cas à 2 et 3 dimensions
 Application au diagnostic biologique
 Application à la micromécanique des filaments

Laboratoire associé

Laboratoire Colloïdes et Matériaux Divisés

4.18 Chimie fine et biologie

Option d'ouverture 3ème année

Cours : 30 h - 3 ECTS.

Objectifs

La recherche de nouveaux médicaments est un défi perpétuel. L'objectif de l'option Chimie Fine et Biologie est d'illustrer, à l'aide d'exemples, les principes et outils utilisés pour la recherche et la mise au point de nouveaux médicaments. Différentes étapes du processus conduisant à la mise sur le marché d'un médicament seront abordées selon les intervenants.

Contenu

Professeur Jean-Marc PARIS (Rhodia et ENSCP, Paris) (9h)

Processus de découverte et de développement de nouveaux médicaments (recherche et découverte du premier "hit", optimisation d'un "hit", développement préclinique ...).

Cibles thérapeutiques

Les antibactériens.

Docteur Hervé MINOUX (Sanofi-Aventis) (3h)

La modélisation moléculaire appliquée à la découverte et optimisation de nouveaux médicaments.

Démonstration en salle 3D (Sanofi-Aventis à Vitry sur Seine)

Professeur Jean-Marie Aubry (ENSC Lille) (3h)

La formulation

Dr Gillian Barratt (Univ. Paris XI) (3h)

La vectorisation

Dr Patrice DENEFLÉ (Ipsen) (3h)

Les biothérapies

Dr Etienne HIRSCH (Faculté de Médecine, UPMC) (3h)

Les maladies neurodégénératives

Dr Michel HAMON (Faculté de Médecine, UPMC) (3h)

Dépression et antidépresseurs

Pr Bernard ROQUES (INSERM, Université Paris V, Pharmaleads) (3h)

Opioides endogènes et exogènes : différences et implications dans la douleur et l'addiction

4.19 Matériaux sur mesure

Option d'ouverture 3ème année

Cours : 30 h - 3 ECTS.

Contenu

Cette option est placée dans le cadre de la chaire **Sciences des Matériaux et Surfaces Actives** mise en place conjointement par Saint-Gobain, l'ESPCI et l'Ecole Polytechnique.

Les thèmes abordés sont :

1. Physique et chimie des matériaux
 - Propriétés massiques des matériaux (électronique, catalyse,)
 - Mise en forme des matériaux et engineering de surface (PVD, CVD, sol- gel, texturation...)
2. Surfaces actives
 - Optique des couches minces
 - Propriétés mécaniques (fractures, frottement, ...)
 - Mouillage et adhésion

L'option comprend 7 conférences et une visite d'une usine Saint-Gobain.

Chaque conférence couvre deux aspects :

- un aspect "socle de connaissances " : compréhension des mécanismes
- un aspect " "connaissances à la frontière" : nouveaux matériaux, nouvelles fonctionnalités, avancées scientifiques

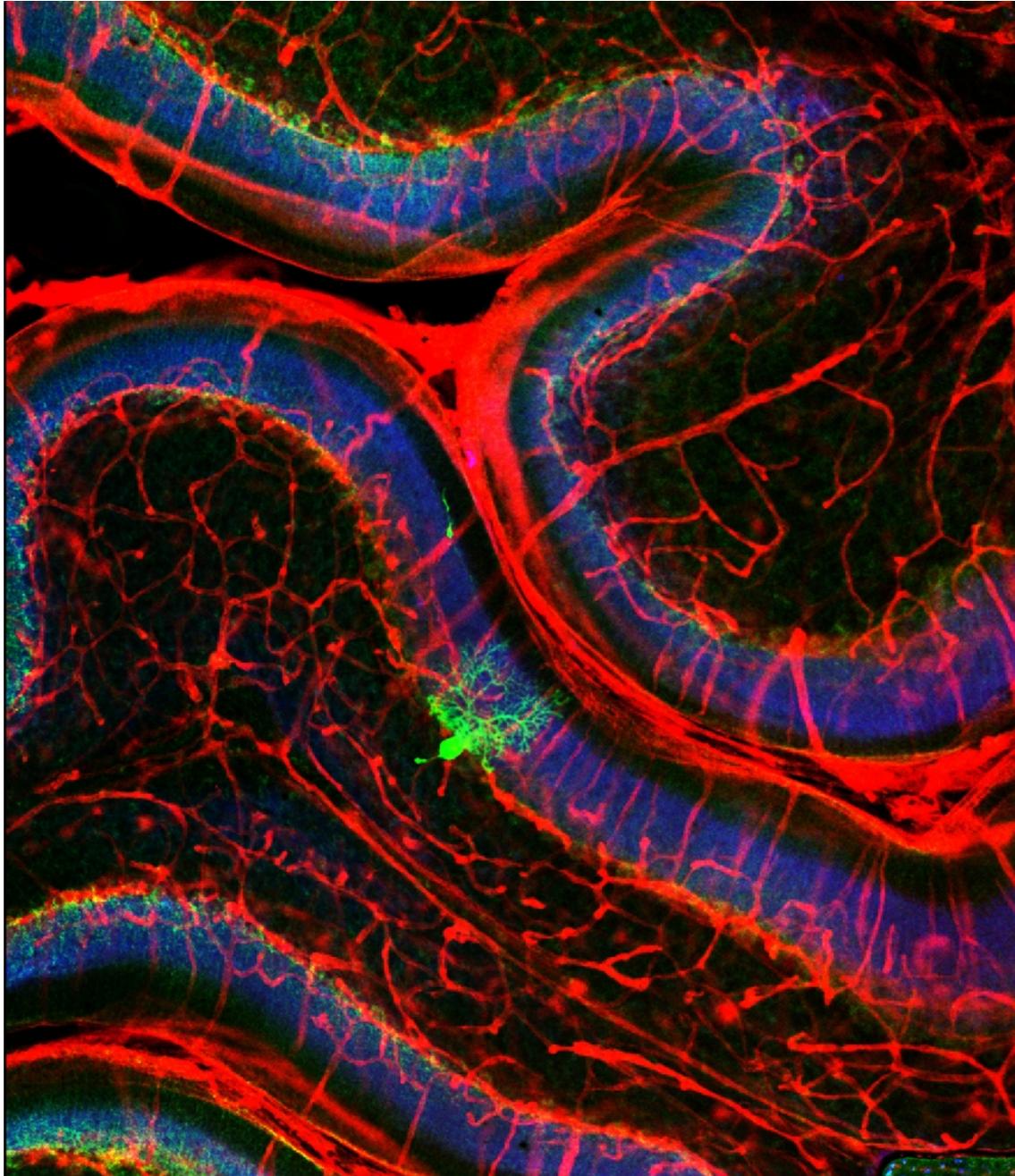
Conférenciers 2013

- Erich Wimmer (Materials Design) Electronic structure calculation in industrial context
- C. Weisbuch (UC Santa Barbara) : The revolution of LEDS for lighting
- W. Poon (Univ. Edinburgh) : How to use concepts in physics of colloids for elaboration of ceramics
- M. Wuttig (Univ. Aachen) A new class of exciting materials : phase change materials for rewriteable optical data storage
- A. Popoff (St Gobain Recherche) : Les coatings industriels
- M. Van Damme (Ecole des Ponts ParisTech) : Mechanics and physics of porous solids
- T. Graule (EMPA Switzerland) : Ceramic based nanomaterials for application in photocatalysis, filtration technology and fuel cell research.

Laboratoire associé

Physico-chimie des Polymères et des Milieux Dispersés

5 Enseignements de Biologie



5.1 Biochimie

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 12 h - 3 ECTS.

Enseignants

Andrew Griffiths



Contenu

Applications

- Protein Engineering (for fundamental studies and industrial applications of enzymes)
- Protein engineering for therapeutic applications (e.g. Antibodies)
- Engineering of diagnostic systems
- Engineering of vaccines

Techniques

- Recombinant DNA techniques : amplification, cloning, synthesis, and sequencing of DNA
 - Mutagenesis (directed and random) and recombination
 - Strategies for overexpression of recombinant proteins
 - Strategies for screening and selection
 - Directed evolution
-

5.2 Biologie Générale

Tronc commun 1ère année

Cours : 32 h - Préceptorat : 8 h - Travaux Pratiques : 45 h - 6 ECTS.

Enseignants

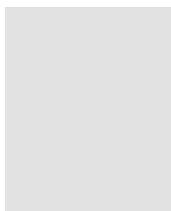
P. Dupuis-Williams



Andrew Griffiths



Eric Le Glou



Yann Verdier



Objectifs

L'enseignement de biologie de première année est construit pour faire acquérir aux étudiants une culture biologique générale leur permettant en fin d'année de lire des articles de biologie dans les revues scientifiques générales anglo-saxonnes comme « Science » et « Nature ». En participant aux cours magistraux, conférences, préceptorats et travaux pratiques, l'étudiant deviendra familier avec les concepts généraux du monde vivant. Le cours insiste sur l'importance des sciences de la

vie sur la terre en comparant la terre aux autres planètes. La simple observation montre que c'est l'apparition de la vie sur terre avec la production d'oxygène par photolyse de l'eau qui a façonné le monde dans lequel nous vivons aujourd'hui. Des phénomènes qui semblent à première vue uniquement chimiques ou physiques, comme la corrosion des métaux ou la production d'H₂S par les sources hydrothermales, sont en fait dus à des microorganismes.

Le cours décrit les principes généraux de la biologie avec la description de la chimie de la vie, la réplication conforme, le cycle cellulaire, l'origine et l'évolution de la vie sur terre. Outre ces chapitres généraux, plusieurs cours, donnés par des conférenciers extérieurs venant du monde académique ou industriel, offrent des points de vue variés sur des sujets tels que la fonction catalytique des enzymes, le cancer, l'analyse des génomes par bioinformatique, et les biotechnologies (puces à ADN, thérapie génique).

Le cours magistral insiste sur l'aspect épistémologique des expériences fondamentales de biologie. Les travaux pratiques donnent à l'étudiant l'occasion de se familiariser avec tous les outils de la biologie moléculaire telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui dans les laboratoires de recherche.

Contenu

- Introduction aux Sciences de la Vie
- La chimie de la vie
- ADN et Biologie Moléculaire
- Biologie Cellulaire (Organelles, cytosquelette, membranes et seconds messagers)
- Les principes de base de l'immunologie (soi et non-soi)
- Cycle Cellulaire et Cancer
- Les origines de la vie, la théorie de l'évolution
- Analyse des génomes et bioinformatique
- Biotechnologies, puces à ADN et thérapie génique
- Les protéines :
 - liaisons de faible énergie et construction des édifices macromoléculaires.
 - l'hémoglobine et les débuts de la biologie structurale
 - structure tridimensionnelle
 - fonction catalytique des enzymes
 - régulation cellulaire par des enzymes allostériques
 - communication cellulaire : récepteurs allostériques

Travaux Pratiques

Les travaux pratiques sont conçus comme une suite d'expériences de biologie moléculaire. Chaque binôme réalise toutes les étapes du clonage d'un gène qui confère aux bactéries une coloration verte par surexpression d'une protéine fluorescente : la GFP.

- Préparation du vecteur (linéarisation, déphosphorylation, purification)
- Préparation de l'insert (PCR, purification, digestion enzymatique)
- Ligation
- Transformation
- Criblage des clones recombinants par PCR
- Expression induite de la protéine
- Extraction de la protéine et analyse par électrophorèse

Préceptorat

Les préceptorats offrent aux étudiants une réflexion sur les recherches actuelles dans les différents domaines abordés en cours par l'analyse d'articles récents parus dans des journaux scientifiques. A l'issue des tutorats, les étudiants devront être capables d'écrire des projets de recherche à partir de la lecture d'articles originaux.

Les sujets abordés lors des préceptorats sont les suivants :

Régulation de l'expression génique
Structure des génomes
Cycle cellulaire et cancer
Membranes biologiques
Evolution et Théorie Darwinienne
Génomique fonctionnelle

Laboratoire associé

Laboratoire de Neurobiologie et Diversité Cellulaire

5.3 Biophysique

Dominantes physique, physico-chimie et chimie 3ème année

Cours : 12 h - Préceptorat : 4,5 h - 1 ECTS.

Enseignants

U. Bockelmann



H. Isambert



T. Maggs



Objectifs

Ce cours traitera les bases physiques et les méthodes d'investigation physiques de la vie à l'échelle de la cellule biologique. Une sélection de techniques expérimentales et de concepts théoriques est considérée, pour illustrer l'apport de la physique aux études des objets, des assemblages et des processus biologiques et aux applications correspondantes, qui vont de la technologie au diagnostic médical. Le cours de biophysique est aussi une introduction à un domaine de recherche importante en pleine expansion. L'enseignement se servira des différents pré acquis de l'élève, notamment en biologie moléculaire, physique expérimentale et physique statistique.

Contenu

Constituants et principes physiques de la cellule biologique.
Techniques de mesure sur molécule unique.
Biopuces, biocapteurs et nanotechnologie à base d'ADN.
Moteurs moléculaires.
Réseaux de régulation.

Préceptorat

Dénaturation de l'ADN
Mouvement d'une bactérie
Evolution des génomes et grands réseaux biologiques.

Laboratoire associé

Laboratoire de Nanobiophysique

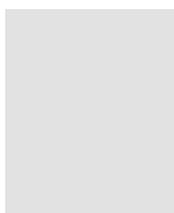
5.4 Biotransformations et Génie des procédés

Cours d'option "Sciences et Technologies" 3ème année

Cours : 12 h - Préceptorat : 5 h - 2 ECTS.

Enseignants

Catherine Béal

**Objectifs**

Une approche rationnelle des transformations de la matière biologique sera présentée en s'appuyant sur les fondements du génie des procédés. Ce cours permet de passer en revue les principaux principes théoriques qui président à la maîtrise des Bioprocédés. Des exemples de procédés industriels seront choisis dans le secteur des agro-industries débouchant sur les applications alimentaires, énergétiques, chimiques ou encore pharmaceutiques. De manière plus originale, ce cours ouvre sur l'intérêt des concepts du génie des procédés à la compréhension du fonctionnement de l'organisme humain avec la notion d'opérations unitaires du vivant.

Ce cours fait appel à des connaissances en physique, cinétiques physiques et réactionnelles, mécanique des fluides, thermodynamique, chimie organique et informatique.

Contenu

Introduction au génie des procédés (bases et concepts appliqués aux biotransformations)
Génie microbiologique : outils pour les biotransformations
Séparation : des opérations unitaires pour de nouvelles fonctionnalités
Stabilisation des bioproduits
Un exemple de procédé industriel
Les opérations du vivant : la perception en bouche par le consommateur

Préceptorat

Mise en oeuvre d'outils de simulation : conduite d'une biotransformation (production d'antibiotiques) et/ou maîtrise du relargage des composés d'arômes dans les matrices alimentaires.

Laboratoire associé

AgroParisTech UFR Technologie et procédés alimentaires

5.5 Physiologie

Tronc commun 2ème année

Cours : 24 h - Travaux dirigés : 6 h - Préceptorat : 6 h - Travaux Pratiques : 30 h - 4 ECTS.

Enseignants

Thierry Gallopin



André Klarsfeld



Sophie Pezet



Brigitte Quenet



Objectifs

La chronobiologie est une discipline relativement récente. Elle est née principalement de la découverte et de l'étude des horloges biologiques qui rythment nos jours et nos nuits. Ces horloges se sont révélées contrôler la quasi-totalité des organes et des fonctions des organismes vivants. Les objectifs du cours sont de donner un aperçu de leurs rouages, et de présenter des notions fondamentales de physiologie (telles que signalisation neuro-endocrinienne, rétroaction, homéostasie) en utilisant l'orchestration interne de l'organisme, et sa mise à l'heure par l'environnement, comme fil directeur. Les retombées médicales de la chronobiologie seront également évoquées.

Contenu

La chronobiologie comme fil conducteur.

Les rythmes circadiens (du latin "environ un jour") sont présents dans tout le monde vivant, dont ils facilitent l'adaptation aux cycles géophysiques des jours et des saisons. Ils reflètent l'existence d'horloges biologiques internes. Leur période propre, en libre cours, est proche (mais distincte) de 24 h. Sa valeur exacte, caractéristique de l'espèce considérée, est dans une large mesure indépendante de l'environnement. Des signaux extérieurs (température ou lumière) peuvent néanmoins remettre les horloges circadiennes à l'heure solaire, d'un jour sur l'autre. Elles sont ainsi "entraînées" par le rythme environnemental de l'alternance jour-nuit. Celle-ci impose à l'organisme une périodicité de 24 h, bien que la période propre de son horloge interne soit un peu différente.

L'étude des rythmes biologiques utilise des concepts bien connus des physiciens, tels que période, phase, analyse spectrale, oscillations forcées ou amorties. Chez les organismes multicellulaires, il apparaît de plus en plus que les horloges circadiennes sont constituées d'oscillateurs autonomes (cellules ou groupes de cellules) en réseau. Leur hiérarchie et leurs signaux de couplage très variés (nerveux, hormonaux, métaboliques) sont en cours d'élucidation. Présentes dans la quasi-totalité des organes, ces horloges contrôlent la physiologie d'ensemble de l'organisme, jusqu'au niveau comportemental (prise de nourriture, alternance veille-sommeil). Elles nous serviront donc de fil conducteur pour aborder la physiologie.

Le fonctionnement des horloges circadiennes, au niveau moléculaire, repose sur des boucles de rétroaction négatives. Depuis la découverte des premiers mutants d'horloge, en 1971, on a identifié de nombreux éléments de ces boucles. Mais on est encore loin de comprendre comment, au final, elles génèrent des oscillations persistantes en libre cours, avec une période proche de 24 h, ni pourquoi cette période dépend très peu de la température ambiante.

Au niveau de l'organisme, nous nous intéresserons plus en détail à trois systèmes : le contrôle de l'horloge circadienne et d'une synthèse hormonale par la lumière, le système cardio-vasculaire (qui sera également abordé lors des Travaux Pratiques), et le sommeil. Ce dernier est contrôlé à

la fois par les horloges circadiennes et par un homéostat sensible à la privation de sommeil, mais encore mal caractérisé. Bien que les troubles du sommeil constituent un enjeu de santé publique important, sa fonction même reste mal connue. Des organismes modèles tels que la drosophile, voire le ver nématode, ont apporté ces dernières années un éclairage nouveau sur les mécanismes et l'origine évolutive du sommeil. Pour finir, nous évoquerons les retombées chronothérapeutiques générales de l'étude des horloges circadiennes (traitements anti-cancéreux, anti-inflammatoires...).

Plan général du cours :

- La physiologie : de la molécule à l'organisme dans son environnement
- Un fil conducteur : la structure temporelle de l'organisme
- Une voie de communication nerveuse chez les vertébrés : de la rétine à la synthèse de mélatonine (en passant par l'horloge)
- Une fonction contrôlée par l'horloge : le système cardio-vasculaire
- Le sommeil, produit d'une interaction entre horloge et homéostat
- Implications médicales : chronopharmacologie et chronothérapies sur mesure

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

6.1 Analyse numérique et Matlab

Tronc commun 2ème année

Travaux Pratiques : 22 h - 1 ECTS.

Enseignants

D. Cassereau



F. Krzakala



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.

6.2 Chimométrie

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 11 h - 1 ECTS.

Enseignants

J. Vial



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 2^n
- Significativité des effets

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

Laboratoire associé

Laboratoire Environnement et Chimie Analytique

6.3 Méthodes Mathématiques I

Tronc commun 1ère année

Cours : 18 h - Travaux dirigés : 14 h - Préceptorat : 7 h - 3 ECTS.

Enseignants

E. Bossy



E. Raphaël



E. Reyssat



Objectifs

L'objectif du cours Méthodes Mathématiques est de présenter un certain nombre de méthodes mathématiques nécessaires à une bonne formation en physique et en chimie. Il ne s'agit pas de "recettes" à appliquer aveuglément, mais d'outils mathématiques dont il importe de bien maîtriser le maniement.

La première partie du cours est consacrée à la théorie des fonctions holomorphes. L'approche de Cauchy - qui repose sur la notion d'intégrale le long d'un chemin dans le plan complexe - est très féconde et conduit en particulier à la méthode des résidus et à ses diverses applications.

La deuxième partie du cours présente tout d'abord les rudiments de la théorie de l'intégration de Lebesgue, puis expose en détail les notions importantes de produit de convolution, de transformation de Fourier et de transformation de Laplace.

La dernière partie du cours est consacrée à la théorie des distributions conçue par Laurent Schwartz vers 1944. Cette théorie est devenue un outil essentiel dans de nombreux domaines des mathématiques et de la physique (citons, à titre d'exemple, la théorie des équations aux dérivées partielles étudiée dans le cours de deuxième année)

Contenu

- Fonctions holomorphes
 - Dérivée d'une fonction d'une variable complexe
 - Définition et propriétés
 - Intégration dans le plan complexe
 - Théorème des résidus et applications
- Complément sur l'intégration et transformations intégrales
 - Notion de mesure et intégration de Lebesgue
 - Produit de convolution
 - Transformation de Fourier
 - Transformation de Laplace

- Distributions
 - Définitions et propriétés générales
 - Dérivation
 - Produit de convolution
 - Transformation de Fourier

Préceptorat

- Équations différentielles ordinaires
- Fonctions analytiques
- Fonctions analytiques
- Transformées de Fourier et de Laplace
- Distributions

Laboratoire associé

Mathématique Enseignement.

6.4 Méthodes Mathématiques II

Tronc commun 2ème année

Cours : 18 h - Travaux dirigés : 14 h - Préceptorat : 5 h - 3 ECTS.

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.](#)

6.5 Programmation

Tronc commun 1ère année

Travaux Pratiques : 60 h - 4 ECTS.

Enseignants

D. Cassereau



F. Krzakala



B. Quenet



I. Rivals



Objectifs

Cet enseignement destiné aux élèves de première année a pour objectif l'apprentissage d'un langage de programmation évolué (langage C) largement utilisé dans les domaines de la simulation numérique ou le calcul sur ordinateur. Cet enseignement est exclusivement pratique, les séances de travaux pratiques donnant l'occasion d'apprendre les bases nécessaires à la programmation, puis de les appliquer immédiatement dans des situations concrètes.

Au-delà de la phase d'apprentissage du langage de programmation proprement dit, l'accent est mis ensuite sur diverses techniques numériques, avec la mise en évidence de toutes les difficultés liées aux erreurs d'arrondis qui ont lieu lors des calculs en virgule flottante. Différents algorithmes sont proposés, permettant de mettre en oeuvre les techniques numériques de résolution (équations différentielles, inversion de systèmes linéaires,...).

Les travaux pratiques se déroulent dans un environnement unix, ce qui permet par ailleurs aux étudiant(e)s de se familiariser avec cette grande famille de système d'exploitation. Les outils performants de compilation disponibles sous unix sont largement utilisés.

Contenu

Au cours des séances de travaux pratiques, les étudiant(e)s ont dans un premier temps la possibilité de travailler sur divers exercices simples, permettant de mettre en oeuvre les éléments de la programmation en langage C.

Par la suite, les travaux pratiques évoluent peu à peu vers des programmes un peu plus complexes, permettant de mettre en application d'une part les techniques de bases de la programmation, d'autre part les spécificités des algorithmes numériques.

Liens avec les autres modules d'enseignement

Ces travaux pratiques permettent en outre de mettre en application certaines techniques d'acquisition et de traitement de signaux physiques vues dans le cours [Systèmes linéaires et représentations des signaux](#).

6.6 Statistiques appliquées

Tronc commun 3ème année

Cours : 10 h - 1 ECTS.

Enseignants

I. Rivals



Contenu

Variables aléatoires

- Définitions, notions de statistique descriptive
- Densités de probabilité utiles
- Théorème de Fisher-Cochran

Estimation ponctuelle et par intervalle des paramètres d'une distribution

- Estimation ponctuelle de l'espérance mathématique et de la variance d'une variable aléatoire
- Estimation par intervalle
- Exemples illustratifs

Les tests d'hypothèse

- Tests de comparaison de deux échantillons
- Test d'élimination de valeurs aberrantes
- Tests de χ^2
- Risque de première espèce et valeur-p

Laboratoire associé

Equipe de Statistiques Appliquées

6.7 Statistiques et apprentissage

Dominantes physique et physico-chimie 3^{ème} année

Cours : 11 h - 1 ECTS.

Enseignants

G. Dreyfus

**Contenu****I - Introduction à l'apprentissage statistique**

- Un exemple simple de classification automatique
- Un exemple simple de modélisation pour la prédiction
- Éléments de la théorie de l'apprentissage : Fonction de régression, classifieur de Bayes, dilemme biais-variance, dimension de Vapnik-Cervonenkis, méthodes de sélection de modèles

II - Régression linéaire

- Méthode des moindres carrés
- Estimation de l'erreur de généralisation, leave-one-out virtuel
- Sélection des variables d'un modèle : orthogonalisation de Gram-Schmidt, méthode de la variable sonde. Application à la modélisation du soudage par points et au traitement automatique du langage.

III - Réseaux de neurones

- Définition et propriétés d'approximation parcimonieuse ; application à la prédiction de la température de liquidus de verres industriels
- Apprentissage des réseaux de neurones
- Sélection de modèle
- Application à la prédiction du stress oxydatif

IV - Classification, machines à vecteurs supports

- Classification automatique : principe
- Règle du Perceptron, séparabilité linéaire
- Classifieur linéaire optimal
- Machines à vecteurs supports et méthodes à noyaux pour la classification
- Application à la reconnaissance automatique des codes postaux

Laboratoire associé

Laboratoire SIGnaux, Modèles, Apprentissage statistique (SIGMA)

6.8 Systèmes linéaires et représentations des signaux

Tronc commun 1ère année

Cours : 10 h - 1 ECTS.

Enseignants

E. Bossy



Objectifs

L'objectif du cours est de familiariser les étudiants avec les notions et outils relatifs aux systèmes linéaires. Les outils techniques pré-requis (transformation de Fourier et de Laplace, théorie des distributions, etc..) sont abordés dans le cours de Méthodes Mathématiques de 1ère année. Le cours tente d'introduire de manière aussi unifiée que possible des notions communes à de nombreuses matières, notions qui seront par la suite souvent appréhendées avec des points de vue et/ou des terminologies qui diffèrent selon le contexte. Les cours plus particulièrement concernés sont les cours d'électronique et commande de processus, d'électromagnétisme et télécommunications, d'optique et d'acoustique.

Contenu

La première partie introduit de façon générale les systèmes linéaires invariants par translation dans le temps ou l'espace. On montre en particulier que de tels systèmes sont entièrement caractérisés dans l'espace physique (temps ou espace) par leur réponse impulsionnelle, ou dans un espace transformé (Fourier ou Laplace) par leur fonction de transfert. Cette première partie se termine par des exemples concrets de systèmes linéaires qui seront rencontrés tout au long de la scolarité (phénomène de propagation d'onde, commande de processus, circuit électronique, imagerie, etc.), en insistant sur les terminologies propres à chaque domaine.

La seconde partie est consacrée aux systèmes temporels, et en particulier à la description du comportement des systèmes décrits par une équation linéaire à coefficients constants. Une attention particulière est portée à l'utilisation de la transformation de Laplace, courante en commande de processus.

La troisième partie concerne la représentation et la manipulation des signaux dans le domaine de Fourier. La transformation de Fourier est présentée d'une part comme un outil de calcul, mais aussi comme un outil de représentation fréquentielle des signaux, représentation naturelle et intuitive pour la description de nombreux phénomènes physiques.

La dernière partie est une introduction à l'échantillonnage des signaux. On y démontre le théorème de Shannon et la formule de reconstruction d'un signal continu à partir de sa version correctement échantillonnée.

Laboratoire associé

Laboratoire d'Optique Physique

6.9 Théorie des Groupes

Tronc commun 2ème année

Cours : 10 h - 2 ECTS.

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 AH₂ linéaires.

Molécules AH₃ trigonales planes

Molécules AH₄ tétraédriques.

Interactions à trois orbitales

Principe d'interaction.

Molécules AH.

Molécules AH₂ coudées

Molécules AH₃ pyramidales.

Molécules complexes

Ethane

Dication de l'éthylène. Hyperconjugaison

Chimie de coordination

Généralités.

Structure électronique des complexes ML₆ (Oh) et ML₄ (D_{4h}).

Généralisation : règle des 16-18 électrons.

Interactions fragment métallique ML₅/ligand.

Donation π ; rétro-donation.

Structure électronique du dimère L₅M-ML₅.

Laboratoire associé

UPMC, Laboratoire de Chimie Théorique

7 Enseignements de Langues, Sciences Economiques et Sociales



7.1 Anglais

Tronc commun 1ère, 2ème et 3ème années

Cours : 150 h - 8 ECTS.

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

7.2 Seconde langue vivante

Tronc commun 1ère, 2ème et 3ème années

Cours : 120 h - 4 ECTS.

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.

7.3 Propriété intellectuelle et droit des brevets

Tronc commun 1ère année

Cours : 4 h - Travaux dirigés : 15 h - 1 ECTS.

Enseignants

R. Cases



Objectifs

- Faire comprendre les enjeux économiques, juridiques, sociaux et industriels liés à la propriété intellectuelle
- Donner les notions de base concernant les brevets
- Faire comprendre les méthodes de négociation, les procès en contrefaçon

Contenu

- Introduction au droit : logique/lexique propres
 - Introductions aux droits de la propriété intellectuelle : droit d'auteur, marques, dessins & modèles, base de données
 - Enjeux économiques, juridiques, sociaux et industriels : Inventeur particulier, PME, Grande Entreprise, États
 - Brevetabilité : Quoi ? Logiciel, ADN, clonage, espèce végétal ... Pourquoi ? Technique, nouveauté, activité inventive, ...
 - Notions en matière de brevet : lecture d'un brevet, description versus revendication, divulgation versus monopole
 - Rédaction d'un brevet : description versus revendication, recherche d'antériorité
 - Base de données brevets :
 - Méthode de négociation/contrefaçon : étude de cas réel et entretien avec des intervenants (magistrat, avocat, entrepreneur, ...)
-

7.4 Management de l'innovation

Tronc commun 1ère année

Cours : 8 h - Travaux dirigés : 12 h - 1 ECTS.

Enseignants

G. Bacquet

**Objectifs**

Que l'innovation porte sur un nouveau produit, procédé ou service, son déploiement au sein d'une entreprise est parfois laborieux. La difficulté à implémenter une idée innovante ne dépend pas du secteur d'activité ou la taille de l'entreprise, mais surtout de la culture des équipes concernées. La formation proposée est une sensibilisation sur la notion d'innovation et permet aux étudiants de comprendre les freins internes et externes aux développements de nouveaux concepts.

Avec les différents modules sur l'innovation, les élèves seront initiés aux différentes définitions données à l'innovation afin de saisir la différence entre l'évolution incrémentale et l'évolution de rupture et ainsi comprendre pourquoi, contrairement à l'incrémental, l'innovation échoue. Le profil de l'innovateur, qu'il soit industriel, collectif ou individuel sera décrit afin d'identifier les rôles de chacun comme, à titre d'exemple, des pôles de compétitivités.

La bonne compréhension des moteurs de l'innovation, vue à travers l'approche de Porter élargie, et de son évolution dans le temps, vue sous l'angle quantitatif et sociologique, permettra in-fine à chacun de conclure pourquoi manager l'innovation est indispensable.

Contenu

- Définitions de l'innovation selon la communauté européenne, selon les économistes, selon des dirigeants d'entreprises (témoignage)
- Le management de l'innovation en entreprise, sa diffusion intersectorielle, les Clusters /les pôles de compétitivité/les clusters virtuels
- La raison d'être de l'innovation : cycle de vie d'un produit, la facilité d'entrée d'une innovation, les approches alternatives, le pouvoir des brevets, la réglementation et la normalisation, les mouvements sociétaux.
- Evolution d'une innovation. Courbes en S et sociabilisation de l'innovation : réseaux sociaux, communication selon les modèles Gatignon et de Robertson, étude des cinq populations qui sociabilisent l'innovation.
- Travail en groupe : Réalisation d'une étude de cas à partir d'une innovation existante, d'une idée nouvelle du groupe, d'un brevet à exploiter (en relation avec le module sur la propriété intellectuelle et les brevets).

7.5 Communication et Relations Sociales. Module 1**Tronc commun 1ère année**

Cours : 15 h - 1 ECTS.

Enseignants

B. Beaussart



E. Honikman



Objectifs

Les objectifs principaux de ce premier module sont de :

- Découvrir 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
 - Place de l'ingénieur dans l'entreprise
 - Travaux pratiques : CV, lettres de motivation, recherche de stage
-

7.6 Conférences Sciences et Techniques en Sociétés

Tronc commun 1ère année

Cours : 21 h - 2 ECTS.

Coordonnateur

Emanuel Bertrand



Objectifs

Inaugurée en juin 2010, cette semaine transverse, à l'interface entre les sciences « dures » et les sciences humaines et sociales, intitulée "Sciences et Techniques en Sociétés", a pour objectif de faire réfléchir les élèves ingénieurs sur la co-construction des sciences (et techniques) et du social. Le but est de contribuer à former des futurs diplômés qui n'aient pas une vision naïve des sciences et des techniques, et qui aient une conscience professionnelle (et personnelle) ouverte aux causes et aux conséquences des pratiques scientifiques. Il s'agit donc, pour les enseignants de cette semaine,

d'aider les élèves à prendre du recul sur les sciences, sur ce qu'elles sont, et surtout de leur faire sentir ce que les sciences ne sont pas.

Contenu

- Un exemple d'étude de controverse scientifique dans les années 1970 : Harry Collins et les ondes gravitationnelles (Emanuel Bertrand, ESPCI-ParisTech).
- Un exemple d'étude de controverse sociale contemporaine due à une innovation technoscientifique : les OGM (Christophe Bonneuil, CNRS).
- Sciences et mondialisations : qu'est-ce que la science des pays du Sud et qu'entend-on par "savoirs indigènes ? (Kapil Raj, EHESS)
- Étude d'un cas en histoire de la médecine : le cerveau et les fonctions cérébrales à l'époque moderne (Rafael Mandressi, CNRS).
- L'énergie nucléaire en France : le gouvernement de la critique (Sezin Topçu, CNRS).
- Le déploiement d'une controverse sociotechnique contemporaine dans l'espace public : le débat public sur les nanotechnologies (Pierre-Benoit Joly, INRA).
- Biodiversité et valorisation des ressources biologiques indigènes (Valérie Boisvert, IRD).
- Profils d'ingénieurs : propos sur l'évolution d'une profession (Catherine Kounelis, ESPCI-ParisTech).
- Le pouvoir de la science pour redéfinir le social : cas de Pasteur et des microbes (Emanuel Bertrand, ESPCI-ParisTech).

7.7 Management de projets

Tronc commun 2ème année

Cours : 8 h - Travaux dirigés : 12 h - 1 ECTS.

Enseignants

G. Bacquet



Objectifs

Le management de projet tient aujourd'hui une place prépondérante au sein des entreprises et des instituts de recherches et de développements. Le management de projet fait appel à de nombreuses compétences techniques et relationnelles : de la réalisation du cahier des charges, au suivi des coûts et des délais en passant par l'animation de comités de pilotage et l'animation d'équipes.

La formation mettra l'accent sur :

- Les pratiques et méthodes de management de projet,
- Les phases d'exécutions pour structurer les décisions
- Des listes de vérification basées sur l'exposition aux risques du projet lors de l'exécution des tâches
- Les outils de management de projet pour maîtriser l'ensemble des étapes du processus : La planification ; l'analyse financière ; l'analyse de la valeur et fonctionnelle ; la maîtrise du risque

Contenu

- Définitions et généralités sur le management de projet : Les 4 générations de management de la R&D, la raison d'être du management de projet et la vision systémique du management de projet.
 - Le « Project Exécution Protocole » : Définition d'un projet & Exemple de projets ; Rôles & Responsabilités ; Phasage & Actions
 - La Valeur Actuelle Nette (VAN) - Taux de Rentabilité(TRI)
 - La planification de projet
 - L'analyse et le management des risques
 - Optionnel : L'analyse de la valeur et l'analyse fonctionnelle des besoins
-

7.8 Communication et Relations Sociales. Module 2

Tronc commun 2ème année

Cours : 12 h - 1 ECTS.

Enseignants

B. Beaussart

E. Honikman



Objectifs

- Les objectifs principaux de ce second module sont de :
- préparer le projet professionnel personnalisé
 - identifier ses valeurs professionnelles et personnelles
 - savoir exprimer ses compétences
 - construire son projet professionnel

Contenu

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

7.9 Conférences socio-économiques

Tronc commun 1ère année

Cours : 12 h - 1 ECTS.

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.

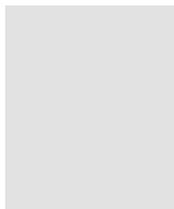
7.10 Fondamentaux de la finance

Tronc commun 3ème année

Cours : 14 h - Travaux dirigés : 4 h - 2 ECTS.

Enseignants

V. Rouanne



Objectifs

Cet enseignement est une introduction aux mécanismes de la finance d'entreprise.

Contenu

- Les états financiers
 - La trésorerie : quels enjeux ?
 - Le cycle économique de l'entreprise
 - Le bilan
 - Le tableau des flux de trésorerie
 - Le compte de résultat
-

7.11 Préparation à la recherche d'emplois

Tronc commun 3ème année

Cours : 8 h -

Enseignants

B. Beaussart



E. Honikman

**Contenu**

- Ce module, qui vise à préparer les élèves à la recherche d'emploi comporte deux parties :
- recherche d'informations sur les sociétés (méthodes et outils)
 - simulations d'entretiens interactifs avec debriefing personnalisé



©Proxima



ÉCOLE SUPÉRIEURE
DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLES
DE LA VILLE DE PARIS

10 Rue Vauquelin
75231 Paris Cedex 05 | France

33 1 40 79 44 00
www.espci-paristech.fr