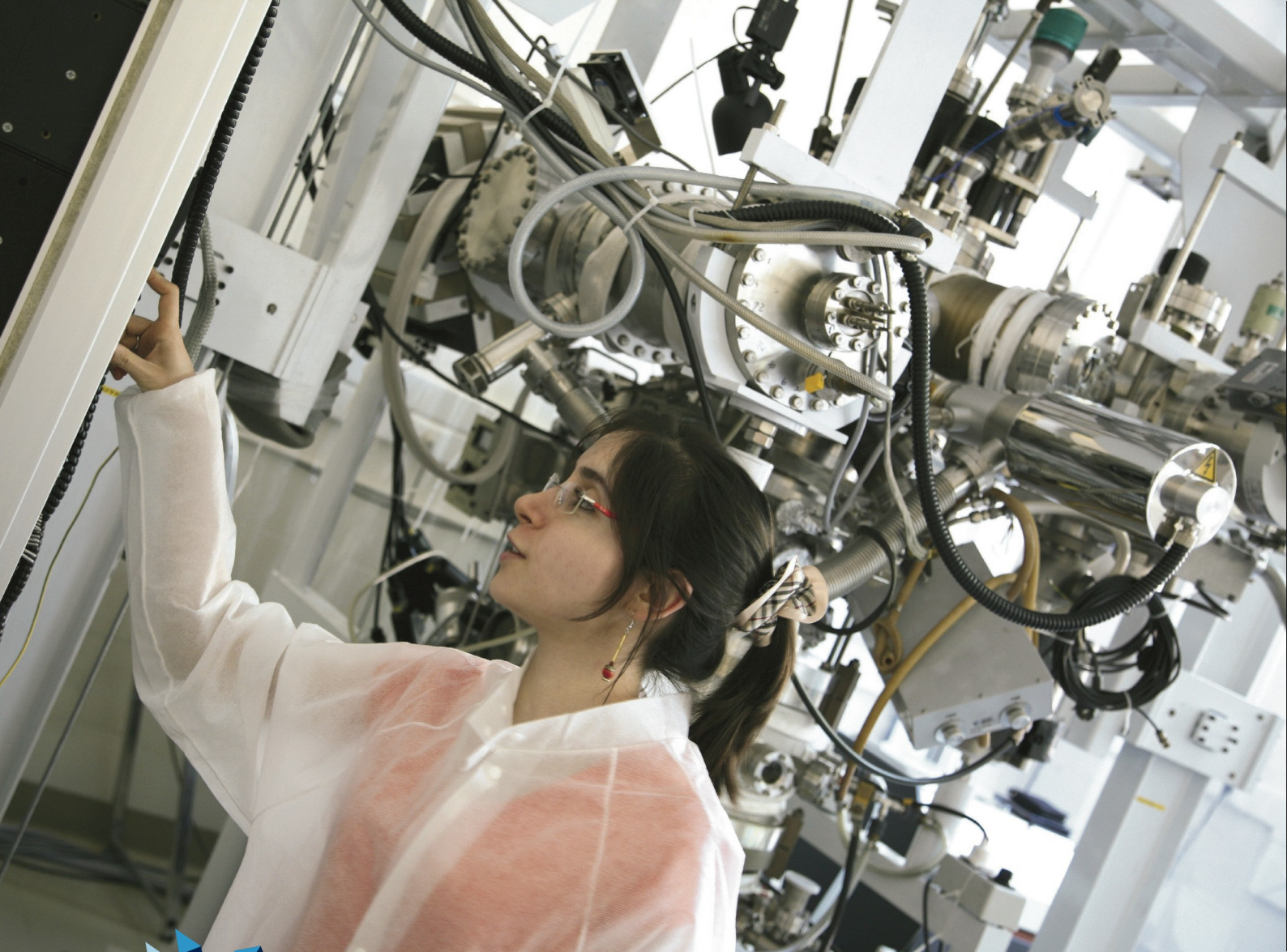




ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLES
DE LA VILLE DE PARIS

Livret d'enseignement 2010-2011

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 Général de l'ESPCI

Table des matières

1	Introduction	6
1.1	Histoire, site et environnement scientifique	6
1.2	Organisation	7
1.3	Politique de formation	8
1.3.1	L'expérience internationale	9
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	15
3	Enseignements de Physique	16
3.1	Commande de Processus	17
3.2	Échelles d'Espace et de Temps	18
3.3	Électromagnétisme et Télécommunications	19
3.4	Électronique des Circuits Intégrés	20
3.5	Électrotechnique et Propriétés Électriques de la Matière	21
3.6	Génie Nucléaire	22
3.7	Méthodes et instrumentation pour l'imagerie biomédicale	24
3.8	Lumière et Image	24
3.9	Lumière et Matière	25
3.10	Mécanique Appliquée	27
3.11	Mécanique des Fluides	28
3.12	Mécanique du Solide et des Matériaux	30
3.13	Microfluidique	31
3.14	Ondes et Acoustique	32
3.15	Ondes en Milieux Complexes	33
3.16	Physique des Composants Microélectroniques	34
3.17	Physique de la mesure	35
3.18	Physique Quantique	36
3.19	Physique du Solide	37
3.20	Relativité et électromagnétisme	39
3.21	Rhéologie	39
3.22	Systèmes énergétiques	40
3.23	Télécommunications Avancées	41
3.24	Thermodynamique	42
3.25	Thermodynamique Statistique	42
4	Enseignements de Chimie	44
4.1	Chimie fine et médicaments	45
4.2	Chimie Inorganique Avancée	45
4.3	Chimie et Matériaux Inorganiques	47
4.4	Chimie Organique	48
4.5	Environnement et développement durable	50
4.6	Etats colloïdaux et biomolécules	51
4.7	Identification des Composés Organiques	52
4.8	Liquides Colloïdaux	53
4.9	Matériaux Cristallisés	53
4.10	Matériaux Macromoléculaires	54
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	Synthèse 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	Conférences de Biologie	74
5.5	Biotransformations et Génie des procédés	74
5.6	Physiologie	75
6	Enseignements de Mathématiques et Méthodes Numériques	77
6.1	Analyse numérique et Matlab	78
6.2	Chimiométrie	79
6.3	Méthodes Mathématiques I	80
6.4	Méthodes Mathématiques II	81
6.5	Programmation	82
6.6	Simulation numérique	83
6.7	Statistiques appliquées	84
6.8	Statistiques et apprentissage	84
6.9	Systèmes linéaires et représentations des signaux	85
6.10	Théorie des Groupes	86
7	Enseignements de Langue, Sciences Economiques et Sociales	88
7.1	Anglais	89
7.2	Seconde langue vivante	89
7.3	Introduction à la finance d'entreprise	90
7.4	Communication et Relations Sociales. Module 1	91
7.5	Communication et Relations Sociales. Module 2	91
7.6	Conférences socio-économiques	92
7.7	Conférences Sciences et Sociétés	93
7.8	Préparation à la recherche d'emplois	93

1 Introduction

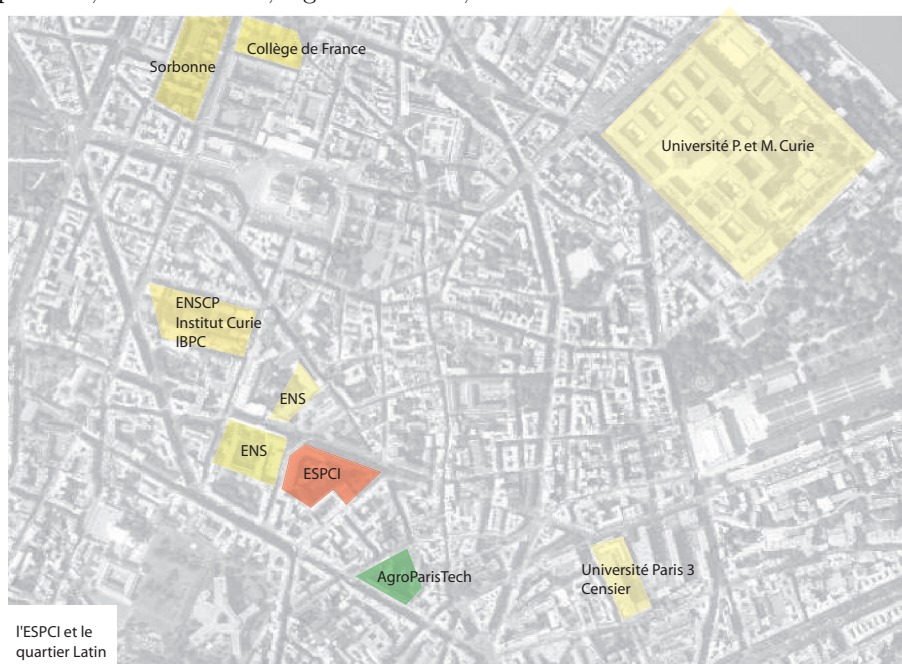
1.1 Histoire, site et environnement scientifique

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'Ecole de Chimie de Mulhouse, qui était à l'époque la meilleure Ecole de Chimie. Un de ses professeurs, Charles Lauth, tente dès 1878 d'obtenir des pouvoirs publics la création d'une Grande Ecole. 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'Ecole 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'Ecole, ses créateurs ont insisté sur la pluridisciplinarité de la formation dispensée à l'Ecole ; l'introduction de l'enseignement de la Biologie en 1994 n'en est que la continuité.

L'Ecole 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. Après de nombreuses expériences menées au sein des laboratoires de l'ESPCI, elle établit que la pechblende est 45 fois plus radioactive que l'Uranium et le Thorium. 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. Après la mort de son mari, Marie Curie obtient le Prix Nobel de Chimie en 1911.

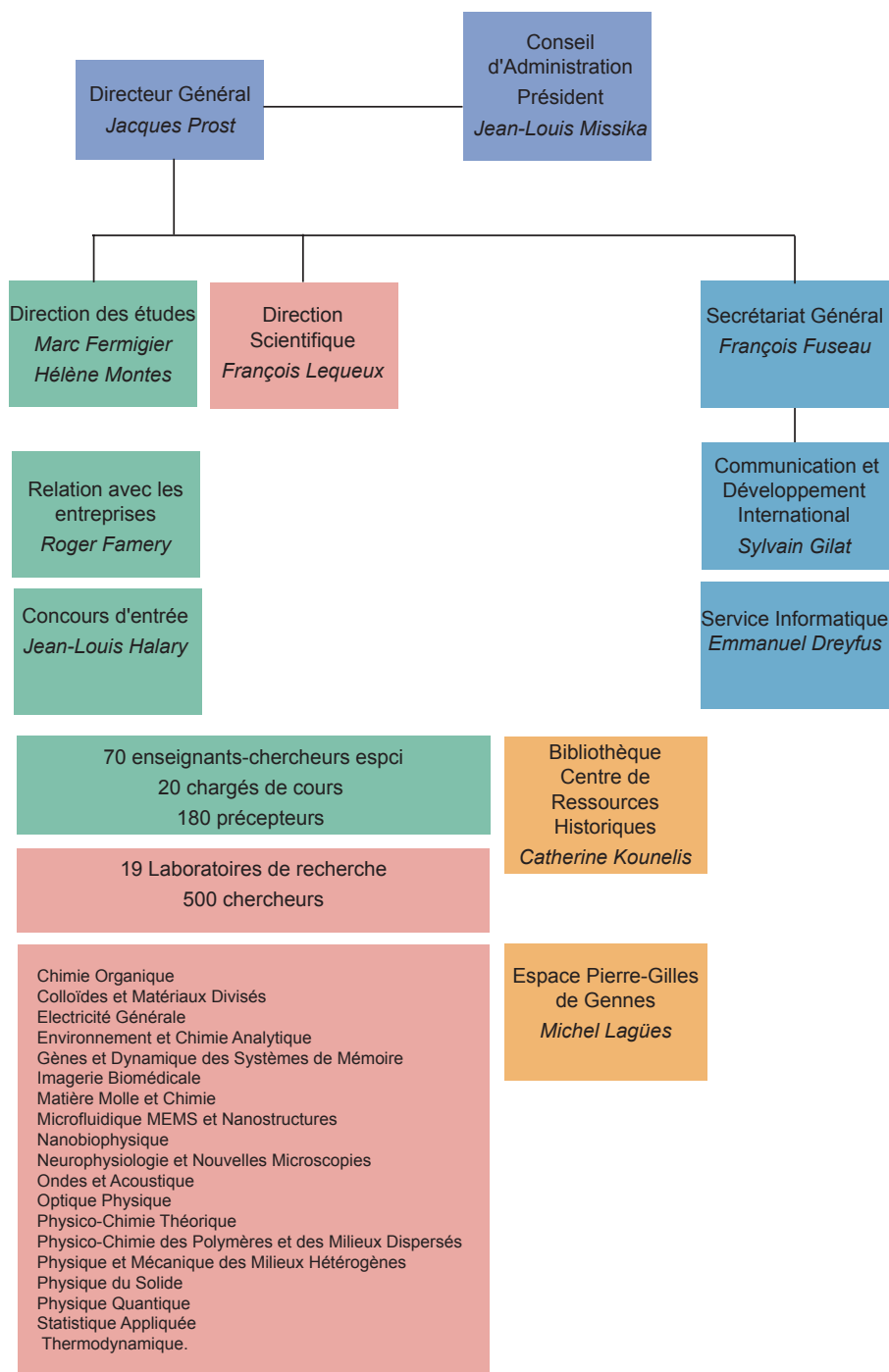
L'ESPCI-ParisTech est située au coeur du Quartier Latin sur la montagne Sainte-Geneviève. Elle bénéficie d'un environnement scientifique exceptionnel à proximité immédiate : Ecole Normale Supérieure, Institut Curie, Agro-ParisTech, Chimie ParisTech.



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 management 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 en février 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 bientôt 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.

1.3.1 L'expérience internationale

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

- La première d'entre elles est le stage en entreprise que plus de 55% des étudiants effectuent à l'étranger, depuis nos voisins européens jusqu'à la très lointaine Australie.
- La seconde est le projet de recherche de fin de troisième année : les enseignants de l'ESPCI sont reconnus dans les meilleures universités mondiales et ceci nous permet d'y envoyer nos étudiants dans le cadre de relations ciblées.
- Enfin, la quatrième année d'études peut être un master dans une université étrangère.

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.

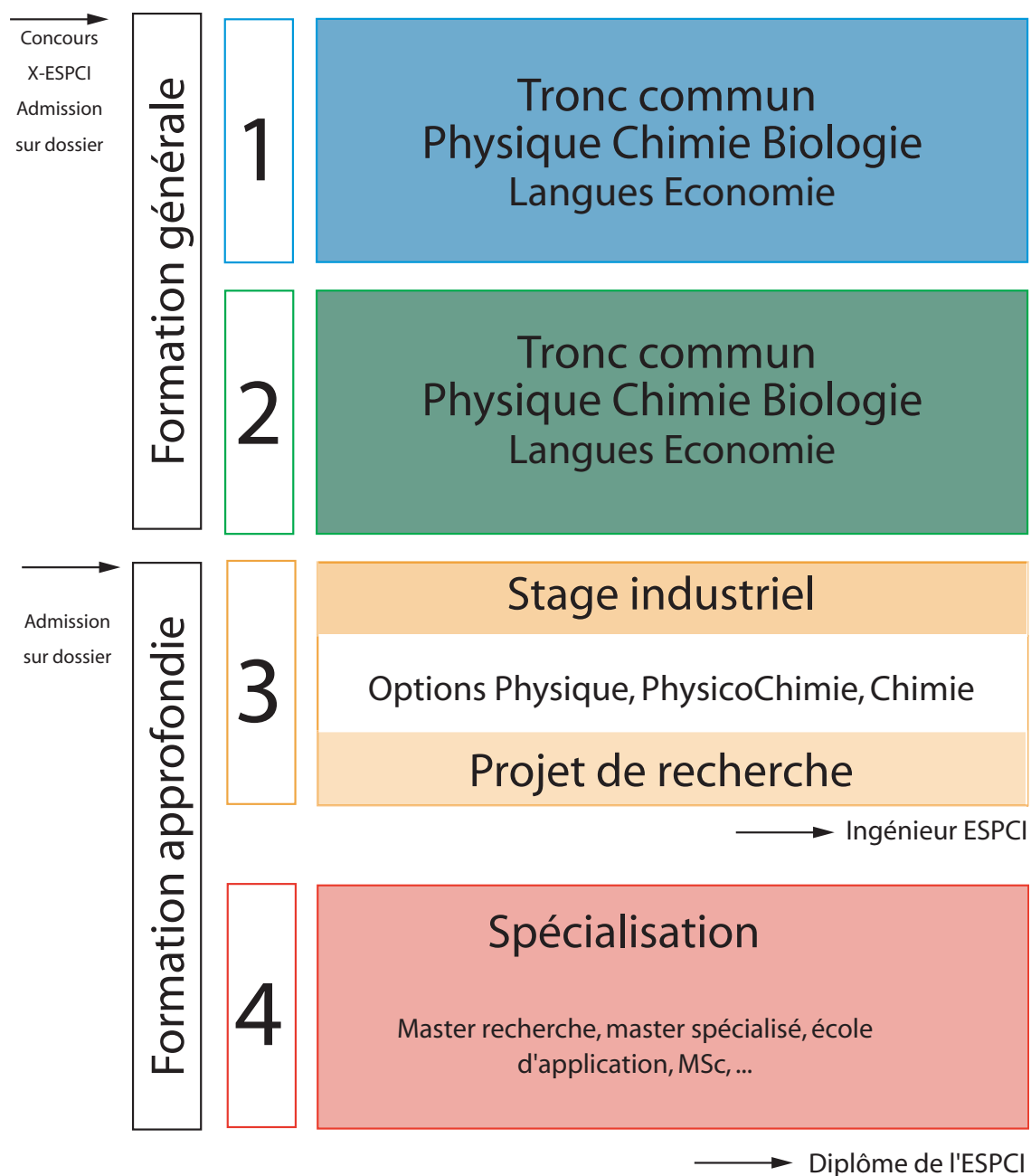
Le corps enseignant

L'essentiel des enseignements (cours et travaux pratiques) est assuré par les 70 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 locaux ou voisins.

Une stratégie d'enseignement en évolution permanente

C'est à dire une refonte permanente des programmes et des matières enseignées qui cadre avec l'évolution rapide des sciences et des techniques. Cette stratégie d'adaptation continue implique aussi une ouverture croissante de l'Ecole vers l'Europe et ses formations équivalentes de haut niveau.

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 conférenciers extérieurs, industriels ou chercheurs.

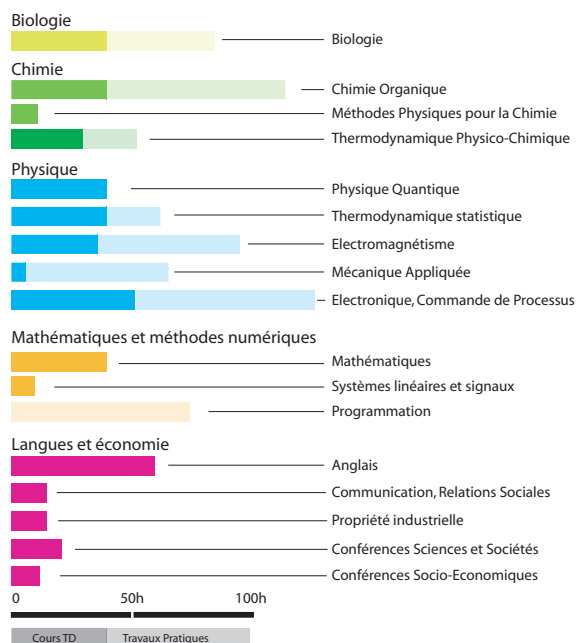


Tableau synoptique de la première année

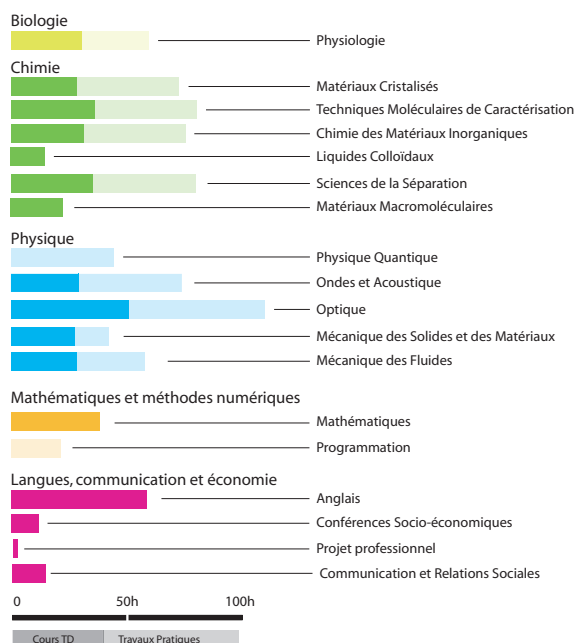


Tableau synoptique de la seconde année

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
 Electrotechnique et Propriétés Electriques de la Matière

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
 Conférences socio-économiques
 Conférences Sciences et Sociétés

Seconde année

Biologie

Physiologie

Chimie

Chimie et Matériaux Inorganique
 Liquides Colloïdaux
 Matériaux Cristallisés
 Matériaux Macromoléculaires
 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
 Conférences socio-économiques

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.

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. Depuis 2010, les étudiants ont également la possibilité de s'engager dans un double diplôme avec l'AgroParisTech, conduisant à la délivrance des deux diplômes d'ingénieur ESPCI et d'ingénieur agronome.

Enseignements communs

Matière molle et développement
Statistiques appliquées
Introduction à la finance d'entreprise
Préparation à la recherche d'emplois
Anglais

Dominante physique	Dominante physico-chimie	Dominante chimie
Physique de la Mesure Physique du solide Biophysique Ondes en milieux complexes Echelles d'espace et de temps Statistiques et apprentissage	Physique de la Mesure Physique du solide Réactivité Chimie inorganique avancée Rhéologie	Réactivité Chimie inorganique avancée Rhéologie Synthèse organique Biotransformations et génie des procédés Synthèse des Polymères Chimiométrie
Option 1 1 module au choix : Microfluidique Télécommunications avancées Physique des microsystèmes Génie atomique	Option 1 1 module au choix : Biochimie, Etats colloïdaux et biomolécules Microfluidique	Option 1 1 module au choix : Biochimie, Etats colloïdaux et biomolécules Environnement et Développement Durable Synthèse Approfondie et Chimie verte

Option 2 pour toutes les dominantes

1 module au choix :
Matériaux sur mesure
Conférences de Biologie
Simulation numérique
Méthodes et instrumentation pour l'imagerie biomédicale
Systèmes énergétiques
Chimie fine et médicaments
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 :

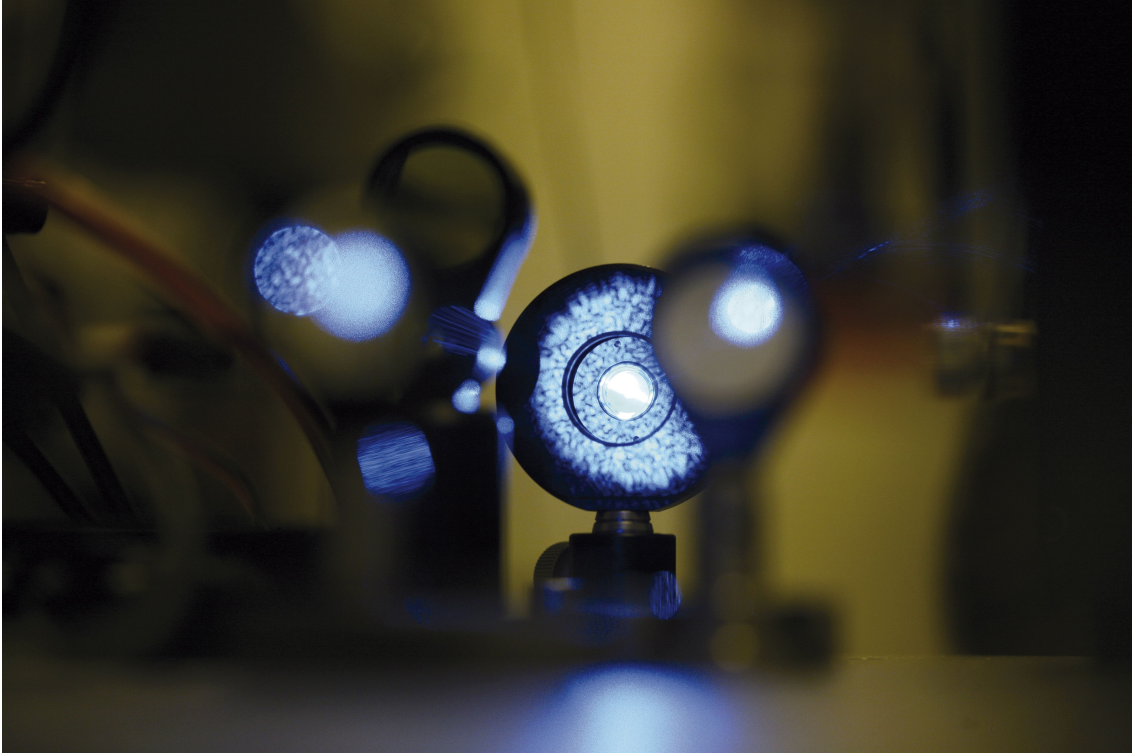
- Masters Recherche des grandes Universités (en Physique, Chimie ou Biologie)
- Mastères Spécialisés proposés par les Ecoles d'Ingénieurs, dont le mastère de bioingénierie de l'ESPCI ParisTech
- Mastères Spécialisés proposés par les Ecoles de Commerce
- Masters Science-Po
- Masters de l'IFP School (anciennement 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 Commande de Processus

Tronc commun 1ère année

Cours : 17 h - Préceptorat : 5 h - Travaux Pratiques : 30 h.

Enseignants

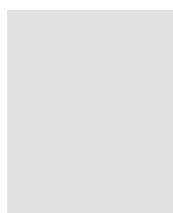
G. Dreyfus



R. Dubois



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)

3.2 Échelles d'Espace et de Temps

Dominante physique 3ème année

Cours : 16 h - Travaux dirigés : 3 h - Préceptorat : 10,5 h -

Objectifs

Introduire des concepts unificateurs et ménager des sentiers de traverse, exercer à une démarche de transposition des outils d'analyse, susciter l'emploi d'approches simples et l'utilisation d'analogies, rechercher invariance et universalité. Le cours comporte deux parties. En premier lieu, la description des phénomènes critiques permet de montrer comment l'invariance d'échelle de ces situations physiques, qui a longtemps semblé être un obstacle infranchissable, ouvre à une description universelle grâce aux méthodes de renormalisation. La deuxième partie illustre l'utilisation de cette approche pour la description des systèmes désordonnés -percolation, polymères- , des systèmes vivants, ainsi que des systèmes dynamiques non-linéaires - notion de chaos déterministe-.

Contenu

L'universalité des transitions de phase à l'équilibre
 Les approches du type champ moyen et la théorie de Landau-Ginzburg
 Limite de validité du champ moyen : critère de Ginzburg
 Lois d'échelle de Widom
 Décimations de Kadanoff
 Méthodes de renormalisation
 Outils : points fixes et stabilité
 Autres méthodes - Le développement en 4-d
 Classification universelle des transitions de phase
 Applications à d'autres types d'invariances d'échelle
 La transition de percolation
 Le volume exclu des polymères
 Lois d'échelles dans les systèmes vivants ?
 Supraconductivité et superfluidité : une transition quantique
 Notions sur les systèmes dynamiques
 Diffusion normale et anormale
 La transition vers le chaos

Préceptorat

Le préceptorat accompagne un travail personnel sur un dossier scientifique. Les sujets concernent des thèmes de recherche actuels ayant un rapport avec l'idée de scaling.

Enseignants

Michel Laguës, Annick Lesne, David Lacoste, François Ladieu, Daniel Bonamy.

3.3 Électromagnétisme et Télécommunications**Tronc commun 1ère année**

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

Enseignants

E. Bossy



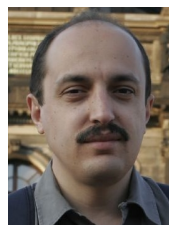
E. Geron



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

3.4 Électronique des Circuits Intégrés

Tronc commun 1ère année

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

Enseignants

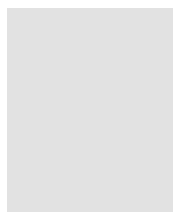
G. Dreyfus



R. Dubois



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)

3.5 Électrotechnique et Propriétés Électriques de la Matière

Tronc commun 1ère année

Cours : 12 h -

Enseignants

J. Lewiner

**Objectifs****Bases d'électrotechnique**

Cet enseignement a pour objectif de donner aux étudiants des notions de base en électrotechnique. Les éléments enseignés sont utiles tant sur le plan professionnel que sur le plan personnel, en particulier en termes d'optimisation des systèmes et de sécurité vis à vis de l'électricité.

Les réseaux de transport de l'électricité sont abordés, en particulier, dans le cadre de la dérégulation. Les lois de base de la physique imposent, en effet, des contraintes qui interviennent fortement dans la distribution de l'électricité.

Quelques aspects économiques des conséquences de la dérégulation sont présentés.

Propriétés électriques de la matière

Cet enseignement a pour objectif d'expliquer les propriétés électriques de la matière (gaz et solides). Des modèles plus élaborés seront étudiés en troisième année par les Physiciens.

Contenu**Notions de base en électrotechnique (5h)**

Production

Transport

Distribution

Sécurité

Aspects économiques de la dérégulation

Electricité de la matière (7h)

Propriétés électriques des gaz

Propriétés électriques des solides

Laboratoire associé

Laboratoire d'Electricité Générale

3.6 Génie Nucléaire

Cours d'option 3ème année

Cours : 21 h -

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 utilisé ; 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 utilisé 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 utilisés : 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

3.7 Méthodes et instrumentation pour l'imagerie biomédicale**Cours d'option 3ème année**

Cours : 21 h -

Coordonateur

Emmanuel Bossy.

Objectifs

Cette option a pour but, à travers l'introduction de quelques méthodes d'imagerie médicales, d'examiner les concepts et les performances des instruments associés. Nous avons choisi ce domaine car l'instrumentation y est le plus souvent poussée jusqu'à ses limites physiques ou technologiques.

Contenu

Les trois principaux volets du cours s'articuleront autour de :

L'acoustique avec le contraste non linéaire dans l'imagerie, les ondes de pression et de cisaillement, la maîtrise de la qualité du front d'onde etc.

L'IRM (imagerie de résonance magnétique). La présence d'un imageur particulièrement performant sur le site de l'ESPCI sera l'occasion de revisiter cette technique et d'en suivre les principaux développements.

L'optique, aussi bien aux échelles conventionnelles (microscopie des cellules) que le défi que constitue l'imagerie dans la profondeur des tissus (pour la détection des tumeurs ou de l'activité cérébrale).

3.8 Lumière et Image**Tronc commun 2ème année**

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

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

3.9 Lumière et Matière

Tronc commun 2ème année

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

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

3.10 Mécanique Appliquée

Tronc commun 1ère année

Cours : 8 h - Travaux Pratiques : 30 h.

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

3.11 Mécanique des Fluides

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

Christophe Clanet José Bico



Marc Fermigier



Mathilde Reyssat



Objectifs

Ce cours est une introduction générale à la mécanique des fluides pour les physiciens et les chimistes. Il vise à donner les notions fondamentales pour la compréhension de la dynamique des

écoulements et pour le transfert de masse et de chaleur. Il est plus particulièrement orienté vers l'hydrodynamique physico-chimique et les écoulements de fluides visqueux. L'accent est mis sur la détermination des ordres de grandeur pertinents, sur l'utilisation judicieuse des paramètres physiques sans dimension et le raisonnement en lois d'échelle.

Contenu

1. Qu'est-ce qu'un fluide ?
 - à l'état microscopique.
 - lien avec le macroscopique : ρ , η , E , γ
 - le modèle de Maxwell
2. Comment décrire son mouvement ?
 - lois de conservation (générales)
 - lois phénoménologiques (spécifiques : Newtonien et autres)
 - L'équation de Navier-Stokes et le nombre de Reynolds.
3. Sous qu'elle 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

Écoulement 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

3.12 Mécanique du Solide et des Matériaux

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

A. Devulder



M. Ciccotti



J.J. Marigo



P. Kurowski



Objectifs

Ce cours de Mécanique du solide est orienté vers l'aspect propriétés mécaniques des matériaux. Après introduction des concepts fondamentaux contrainte, déformation, énergie, il développe les principaux types de comportement en dégageant leur origine physique. Les caractéristiques viscoélastiques, plastiques, rupture des grandes classes de matériaux sont abordées en parallèle avec l'étude des lois comportements correspondantes. Une étude des sollicitations simples dégage les idées directrices guidant le choix d'un matériau en fonction de l'application visée (structure et chargement).

Contenu

Généralités

La résistance des matériaux : Structure et Sollicitation.

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

Contraintes et Déformations

Tenseur des contraintes, , Equation fondamentale de l'équilibre.

Tenseur des déformations : Propriétés.

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

Comportements fondamentaux

Elasticité cristalline et haute Élasticité : Raideur des liaisons atomiques

Elasticité linéaire : Modules élastiques, équation de Lamé
Problèmes plans et techniques expérimentales d'analyse des contraintes
Résistance théorique au cisaillement , Critères de Plasticité.
Plasticité parfaite, Écrouissage, Fluage.
Ductilité des métaux : dislocations.
Le paradoxe de la résistance théorique à la rupture.
Critère local : le facteur d'intensité des contraintes (Irwin).
Critère énergétique : la longueur de Griffith et le travail de fracture.
Propagation et blocage d'une fissure. matériaux fragiles.
Matériaux et Structures
Flambement : coefficient de charge (structure), d'efficacité (matériaux).
Matériaux hétérogènes : Inclusion, composites.
Contact, Adhésion et Mécanique de la rupture.

Travaux Pratiques

Les travaux pratiques associés portent sur :
Les sollicitations simples : traction, flexion et torsion
L'analyse expérimentale des contraintes : extensométrie à jauges et photoélasticimétrie
La mécanique vibratoire : modes propres, la mise en évidence des comportements plastiques et de rupture sur des essais de traction.

Laboratoire associé

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes

3.13 Microfluidique

Cours d'option 3ème année

Cours : 16 h - Préceptorat : 8 h -

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

3.14 Ondes et Acoustique

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

M. Fink



G. Montaldo



A. Tourin

**Objectifs**

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

Contenu**Systèmes linéaires**

Réponse impulsionnelle et fonction de transfert.

L'équation d'onde comme système linéaire

Représentation intégrale des champs ondulatoires et théorie de la diffraction

Le théorème intégral en milieu homogène
La fonction de Green : unicité et réciprocity spatiale
Théorie de la diffraction monochromatique : champ proche et champ lointain, transformé de Fresnel et transformé de Fourier
Théorie de la diffraction impulsionnelle. Ondes géométriques et ondes de bord
Eléments de théorie du sonar et de l'imagerie
Théorie de l'Imagerie
Les lentilles
L'holographie
Le radar et le sonar à compression d'impulsion.
Ouvertures synthétiques
Effets des conditions aux limites sur la propagation
Décomposition du champ sur une base modale et fonctions de Green
La méthode des images
La cavité. Le guide d'onde
Eléments de théorie de la propagation non linéaire

Préceptorat

Techniques d'écoute passive : gain d'antennes
Miroirs à retournement temporel et milieux désordonnés
Tracé de rayons en acoustique sous-marine
Ultrasons et imagerie médicale
Le sujet du dernier préceptorat est laissé à la libre appréciation du tuteur (ex : matériaux à indice de réfraction négatif, retournement temporel et télécommunications, contrôle non destructif par ultrasons...)

Travaux Pratiques

Étude du comportement d'un transducteur ultrasonore
Caractérisation expérimentale d'un transducteur piézoélectrique
Transducteur plan, transducteur concave
Etude numérique (sous Matlab) d'un transducteur circulaire plan
Propagation acoustique guidée
Partie expérimentale : Etude de la propagation d'une onde acoustique dans un guide d'ondes ;
Une expérience de retournement temporel dans un guide d'ondes
Partie numérique (sous Matlab) : étude de la propagation guidée dans l'océan en eau peu profonde.
Sonoluminescence
Partie expérimentale : montage et réalisation d'une expérience de sonoluminescence
Partie numérique (sous Matlab) : simulation du régime d'oscillations forcées de la bulle

Laboratoire associé

Institut Langevin/Laboratoire Ondes et Acoustique

3.15 Ondes en Milieux Complexes

Dominante physique 3ème année

Cours : 10 h -

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

3.16 Physique des Composants Microélectroniques

Cours d'option 3ème année

Cours : 12 h -

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

Laboratoire associé

Laboratoire d'Electronique

3.17 Physique de la mesure

Dominantes physique et physico-chimie 3ème année

Cours : 12 h - Travaux Pratiques : 12 h.

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.

3.18 Physique Quantique

Tronc commun 1ère année

Cours : 24 h - Travaux dirigés : 8 h - Préceptorat : 8 h -

Enseignants

N. Bergeal



J.B. d'Espinose



H. Hommel



J. Lesueur



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

3.19 Physique du Solide

Dominantes physique et physico-chimie 3ème année

Cours : 24 h - Préceptorat : 14 h -

Enseignants

J. Lewiner

**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

- La diffraction
- Vibrations élastiques dans les solides
- Relation de dispersion
- Les phonons
- Chaleur spécifique
- Modèle de Debye
- Interaction phonon phonon
- Propriétés électroniques des solides
- Modèles de l'électron libre, de l'électron presque libre et de l'électron fortement lié
- Modèles de bandes
- Propriétés électriques des solides
- Les différents types de solides
- Phénomènes hors d'équilibre
- Equation de transport
- Exemples d'applications
- La supraconductivité
- Le magnétisme

Préceptorat

- Les systèmes périodiques
- Vibrations et phonons
- Chaleur spécifique, susceptibilité paramagnétique, l'électron presque libre
- Les liaisons fortes, ex. La_2CuO_4
- 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 d'Electricité Générale

3.20 Relativité et électromagnétisme

Cours d'option 3ème année

Cours : 30 h -

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

3.21 Rhéologie

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 10 h -

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

3.22 Systèmes énergétiques

Cours d'option 3ème année

Cours : 30 h -

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

3.23 Télécommunications Avancées

Cours d'option 3ème année

Cours : 13 h -

Enseignants

E. Geron



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

3.24 Thermodynamique

Tronc commun 1ère année

Travaux Pratiques : 45 h.

Enseignants

M. Djabourov



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.

Laboratoires associés

Equipe de Physique Thermique, [Laboratoire de PhysicoChimie des Polymères et des Matériaux Divisés](#), [LPEM](#)

3.25 Thermodynamique Statistique

Tronc commun 1ère année

Cours : 24 h -

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.

4 Enseignements de Chimie

© Proxima



4.1 Chimie fine et médicaments

Cours d'option 3ème année

Cours : 30 h -

Objectifs

La recherche de nouveaux médicaments est un défi perpétuel. L'objectif de l'option Chimie Fine et Médicaments 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 (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 Vincent MIKOL (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)

Docteur Michel BAUER (Sanofi-Aventis) (6h)

Cristallisation des molécules d'intérêt pharmaceutique.

Polymorphisme cristallin

La morphologie des cristaux/états d'agglomération/agrégation

Conséquences pharmaceutiques du polymorphisme cristallin et de la morphologie des cristaux.

Aspects réglementaires liés à l'enregistrement des médicaments.

Professeure Sylviane GIORGI-RENAULT (Faculté de Pharmacie, Paris V) (3h)

Mécanisme d'action des médicaments : application aux antitumoraux cytotoxiques.

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

La formulation

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

La vectorisation

Dr Laurent Hennequin (AstraZeneca) (3h)

Le rôle de la chimie organique dans la conception et la synthèse de médicaments

4.2 Chimie Inorganique Avancée

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 12 h -

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

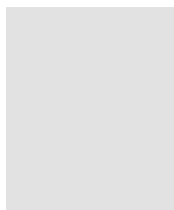
4.3 Chimie et Matériaux Inorganiques

Tronc commun 2ème année

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

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

4.4 Chimie Organique**Tronc commun 1ère année**

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

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 énonés

Acides carboxyliques et dérivés d'acides, révisions

Laboratoire associé

Laboratoire de Chimie Organique

4.5 Environnement et développement durable

Cours d'option 3ème année

Cours : 24 h -

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

4.6 Etats colloïdaux et biomolécules

Cours d'option 3ème année

Cours : 12 h -

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

4.7 Identification des Composés Organiques

Tronc commun 1ère année

Cours : 5 h - Travaux dirigés : 6 h -

Enseignants

V. Bellosta



H. Montes



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. A- Spin nucléaire et moment magnétique associé. B- Effet Zeeman, phénomène de résonance. Les principales interactions rencontrées en RMN du liquide et des solutions. A- Le déplacement chimique. - constante d'écran et déplacement chimique. - comment mesurer la constante d'écran. - contributions au déplacement chimique. B- 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. B- 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 GC-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

Laboratoire associé

Laboratoire de Physicochimie des Polymères et Milieux Dispersés

4.8 Liquides Colloïdaux

Tronc commun 2ème année

Cours : 15 h -

Enseignants

Jérôme Bibette

**Contenu****Systèmes à l'équilibre**

Introduction générale à l'état condensé liquide

Les interactions moléculaires

Les liquides purs et diagramme de phases

Solution de molécules amphiphiles

Tension superficielle et interfaciales des solutions

Mouillage et detergence

Etats métastables

Dispersions

Emulsions

Gels

Laboratoire associé

Laboratoire Colloïdes et Matériaux Divisés

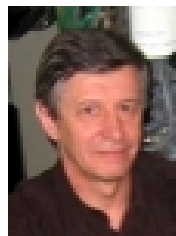
4.9 Matériaux Cristallisés

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

Patrick Bassoul



Emanuel Bertrand



Emerson Giovanelli



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

4.10 Matériaux Macromoléculaires

Tronc commun 2ème année

Cours : 17 h - Préceptorat : 6 h -

Enseignants

J.L. Halary

**Objectifs**

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

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

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

Contenu

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

Facteurs affectant la viscosité du thermoplastique "fondu".

Techniques de mise en forme des thermoplastiques (extrusion, injection, soufflage de corps creux,...).

Mise en forme des thermodurcissables.

Préceptorat

Conformations et propriétés en solution

Transition vitreuse

Elasticité caoutchoutique

Enchevêtrements

Laboratoire associé

Laboratoire de Physico-Chimie des Polymères et des Milieux Dispersés

4.11 Matériaux sur mesure

Cours d'option 3ème année

Cours : 30 h -

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 2010

- Erich Wimmer (Materials Design)
- Prof. Avelino Corma (Universidad Politécnica de Valencia)
- Bruno Berge (Varioptic)
- Eric Mazur (Harvard Univ.)
- Guozhong Cao (University of Washington)
- Joe Greene (University of Illinois)
- Tom Russell (University of Massachusetts Amherst)

Laboratoire associé

Physico-chimie des Polymères et des Milieux Dispersés

4.12 Matière Molle et Développement

Tronc commun 3ème année

Cours : 19 h - Préceptorat : 7,5 h -

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

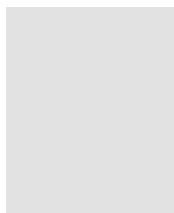
4.13 Réactivité

Dominantes chimie et physico-chimie 3ème année

Cours : 8 h - Préceptorat : 4,5 h -

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 des métaux de transition.
Etude théorique de la réactivité des nickelacyclopentane.
Structure des complexes borohydrure.

Laboratoire associé

UPMC, Laboratoire de Chimie Théorique

4.14 Sciences Analytiques et Bioanalytiques

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

F. Chapuis



J. Dugay



M.C. Hennion



V. Pichon



Objectifs

Il n'existe pratiquement aucun domaine socio socio-économique ou scientifique qui puisse s'affranchir des apports de l'analyse chimique (sécurité alimentaire, environnement, fraudes et contrefaçons, dopage, patrimoine historique et archéologique...). Les caractéristiques des demandes sont : rapidité, faible coût, fiabilité, possibilité de réaliser les analyses à partir de microéchantillons (une goutte de sang...), utilisation sur le terrain, détermination d'un très grand nombre de composés dans un même échantillon (produits pétroliers, protéomique), recherche de composés à l'état de traces et d'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 : microsystemes 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 oeuvre. Le traitement de l'échantillon associé à la chromatographie en phase liquide et à celle en phase gazeuse est également mis en oeuvre sur les exemples que sont l'analyse de traces de pesticides dans les eaux de surface et de la caractérisation des composés volatils dans le vin.

Les élèves au cours de ces travaux pratiques réalisent quinze manipulations différentes. De façon générale chaque manipulation traite, outre l'aspect plus théorique de la méthode, un cas concret

de la caractérisation/analyse de composés issus de domaines aussi variés que sont l'environnement, l'agro-alimentaire, l'industrie pharmaceutique et celle pétrolière.

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

4.15 Synthèse Approfondie et Chimie Verte

Cours d'option 3ème année

Cours : 13 h - Travaux dirigés : 5 h - Préceptorat : 4,5 h -

Enseignants

V. Bellosta



J. Cossy



A. Duprat



S. Gilat



D. GomezPardo



S. Reymond



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 énonés
 Cope, Claisen, oxy-Cope et éne-réaction.
 Réarrangement des hydroxyesters silylés. Sigmatropiques [2,3]. Ene sulfoxyde/Zn, énylures de soufre, énaminiuns (Simpkins).
 Eliminations thermiques : chélotropiques (SO_2), 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
Organocadmien, Organocérien, 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 Grob.
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 :

Enantiosélectivité, 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

4.16 Synthèse Organique

Dominante chimie 3^{ème} année

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

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 α,β -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 :

Alkylations, 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

4.17 Synthèse des Polymères

Dominante chimie 3ème année

Cours : 10 h - Travaux dirigés : 4 h -

Enseignants

J.L. Halary



Objectifs

Cet enseignement vient compléter pour les chimistes le cours "matériaux macromoléculaires" de 2ème année, dans lequel les propriétés physiques et mécaniques des polymères sont analysées en relation avec la structure chimique et l'architecture des chaînes. Le cours vise à préciser les stratégies de synthèse en fonction de la nature des monomères et des caractéristiques de chaîne souhaitées. Des illustrations concrètes sont proposées à partir d'articles récents de la littérature.

Contenu

1. Polymérisation par étapes
 - Principes généraux de la polycondensation et de la polyaddition.
 - Synthèse de macromolécules linéaires ; exemples de polycondensats industriels (polyesters, polyamides, polyuréthanes, polycarbonates, silicones, polyimides).
 - Synthèse de réseaux (gélification, vitrification, diagrammes TTT) ; exemples de systèmes industriels.
2. Méthodes conventionnelles de polymérisation en chaîne
 - Principes généraux (notion de site actif, étapes de la polymérisation, aspects thermodynamiques, notion de température plafond).
 - Polymérisation radicalaire.
 - Amorceurs, équations cinétiques, réactions de terminaison, réactions de transfert et de ralentissement, techniques de polymérisation. Exemple de la polymérisation du polyéthylène basse densité.

- Polymérisation anionique.
 - Amorceurs, notion de polymère « vivant », conséquences. Exemple de la polymérisation des diènes 1,3.
 - Polymérisation cationique.
 - Amorceurs, réaction de propagation, réactions de terminaison et de transfert. Exemple de la polymérisation du poly(isobutène).
 - Polymérisation par complexes de coordination.
 - « Catalyseurs » Ziegler-Natta, systèmes métallocènes.
 - Exemple de la polymérisation du polyéthylène haute densité et du polypropylène isotactique.
 - Intérêt industriel des métallocènes.
3. Réactions de copolymérisation, de greffage et de réticulation
- Copolycondensats.
 - Synthèse de copolymères alternés, statistiques, à blocs, en peigne.
 - Influence de la réactivité des monomères sur la structure des chaînes.
 - Méthodes de réticulation des chaînes. Exemple de la vulcanisation des caoutchoucs
4. Méthodes avancées de synthèse macromoléculaire
- La polymérisation radicalaire "contrôlée".
 - Avantages et limites en regard de la polymérisation radicalaire conventionnelle.
 - Conditions pour un "contrôle" des polymérisations cationiques.
 - Synthèse de polymères en étoile.
5. La voie anionique. La voie radicalaire « contrôlée ».
- Synthèse de macrocycles
 - Stratégies de synthèse d'architectures complexes.
 - Dendrimères et polymères hyper-ramifiés.
 - Hybrides organique - inorganique.
6. Synthèse "verte" de polymères
- Synthèses d'origine naturelle. Exemple de l'acide lactique
 - Amorceurs d'origine naturelle. Catalyse enzymatique.
 - Réticulation des triglycérides d'acides gras (huile de lin, huile de ricin).
 - Synthèse de biocomposites et de nano-biocomposites.

Laboratoire associé

Laboratoire de Physico-Chimie des Polymères et des Milieux Dispersés

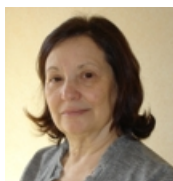
4.18 Techniques Moléculaires de Caractérisation

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

L. Bokobza



N. Brémond



H. Montes



A. Trokiner



Y. Tran



Objectifs

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

Contenu

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

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

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

Application de la théorie des groupes à la spectrométrie de vibration : détermination de l'activité 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 vibreur C=O : paramètres susceptibles de modifier sa fréquence de vibration

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

Transitions électroniques des molécules polyatomiques.

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

Considérations cinétiques : durées de vie, rendements quantiques.

Effets des interactions avec le solvant et entre chromophores.

Mécanismes d'inhibition de la fluorescence.

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

Applications de la microspectroscopie de fluorescence à la biologie.

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

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

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

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

Retour sur la RMN des liquides et solutions.

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

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

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

Travaux Pratiques

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

Spectroscopie vibrationnelle

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

Absorption UV-visible et émission de fluorescence

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

RMN de polymères

- Mesures de temps de relaxation T_1 et T_2 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

4.19 Thermodynamique Physico-chimique

Tronc commun 1ère année

Cours : 16 h - Travaux dirigés : 8 h - Préceptorat : 4 h -

Enseignants

H. Montes



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 particulaires 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.

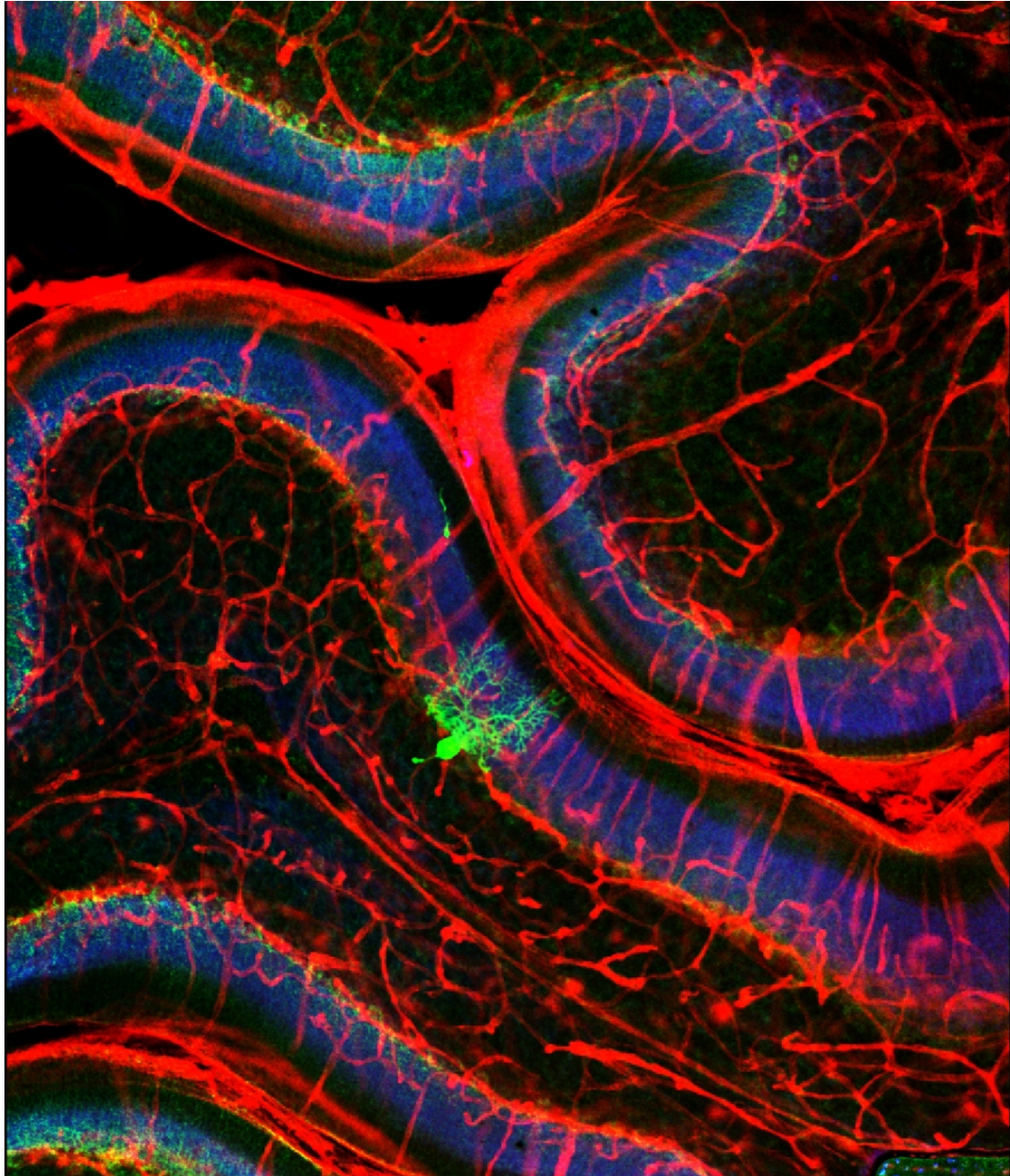
Travaux Pratiques

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

Laboratoire associé

Laboratoire de Physicochimie des Polymères et Milieux Dispersés

5 Enseignements de Biologie



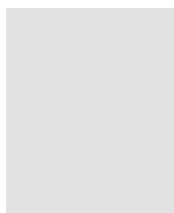
5.1 Biochimie

Cours d'option 3ème année

Cours : 12 h -

Enseignants

Daniel Vergé



Contenu

- L'insuline : de la structure à la thérapeutique
 - L'insuline : structure, repliement
 - Relation structure primaire/structure tertiaire, maturation protéolytique
 - Le récepteur de l'insuline : structure, liaison de l'insuline
 - Structure des protéines membranaires, familles de récepteurs, pharmacologie
 - Le domaine Tyrosine-kinase du récepteur : structure, mécanisme d'activation, mécanisme catalytique
 - Kinome : famille AGC, CAM-Kinases, ... , autophosphorylation, phosphatases
 - Les cascades de recrutement de protéines par le récepteur : IRS, shc, ... Phosphorylation, modules adaptateurs, interactions protéine-protéine, PI3K, PDK1, PKB, cancer, apoptose
 - Le contrôle du métabolisme du glucose : GSK3, transporteur
 - Glycolyse, métabolisme du glycogène, diabète
 - L'insuline facteur de croissance : voie des MAP kinases
 - Ras (structure, cycle d'activation/désactivation, protéines régulatrices), facteurs de transcription, cancer
 - Les cibles thérapeutiques : kinases, phosphatases, ...

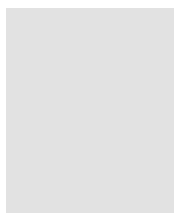
5.2 Biologie Générale

Tronc commun 1ère année

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

Enseignants

P. Dupuis-Williams



Jean Rossier



Alan Urban



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

Dominante physique 3ème année

Cours : 12 h - Préceptorat : 4,5 h -

Enseignants

U. Bockelmann



H. Isambert



T. Maggs



V. Viasnoff



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 Conférences de Biologie**Cours d'option 3ème année**

Cours : 30 h -

Contenu

Cycle de conférences :

- Pr. B. Calvino (ESPCI) : Bioéthique et expérimentation humaine et animale.
- Dr. E. Hirsch (Directeur Unité INSERM - CHU Salpêtrière) : Maladies neurodégénératives
- Pr. J. Bittoun (Directeur Unité CNRS - CHU Kremlin Bicêtre) : Imagerie IRM et applications médicales.
- Dr. F. Iris (BM-Systems) : Modélisation des systèmes complexes.
- Dr. L. Dauphinot et Dr. MC Potier (Institut du Cerveau et de la moelle - CHU Salpêtrière) : Les puces ADN et le chromosome 21.
- Dr. L. Bridal (INSERM - Paris) : Imagerie de contraste ultrasonore.
- Dr. J. Prost (ESPCI) : Moteurs moléculaires et trafic cellulaire.
- Pr. B. Diebold (Hôpital Européen Georges Pompidou) : Infarctus du myocarde.
- Pr. B. Roques (Pharmaleads) : Drogues et dépendance.
- Dr. M. Hamon (Directeur Unité INSERM - CHU Salpêtrière) : Dépression : mécanismes physiopathologiques et traitement pharmacologique.

Laboratoire associé

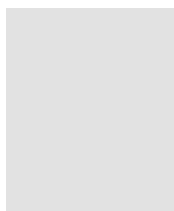
Laboratoire de Neurobiologie et Diversité Cellulaire

5.5 Biotransformations et Génie des procédés**Dominante chimie 3ème année**

Cours : 12 h - Préceptorat : 5 h -

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

5.6 Physiologie

Tronc commun 2ème année

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

Enseignants

Bernard Calvino



Thierry Gallopin



Sophie Pezet



Brigitte Quenet



Objectifs

La physiologie est une discipline qui repose sur une analyse systémique des régulations des grandes fonctions de l'organisme. C'est un domaine en plein renouvellement qui se développe grâce à l'apport de nouvelles techniques issues tant de la biologie moléculaire (applications de l'étude du génome, du transcriptome et du protéome) que de la physique (utilisation de l'optique, de l'acoustique de la résonance magnétique nucléaire, par exemple, dans la mise au point de techniques d'analyse pour l'imagerie en temps réel). Le but de ce cours est de permettre d'entreprendre

l'étude de la physiologie des régulations en abordant le monde des systèmes complexes à l'aide d'une grille : celle de la cybernétique. Pour décrire et comprendre le fonctionnement d'un système physiologique complexe il est indispensable de passer par une étape de représentation et de simplification, l'élaboration d'un modèle. Le langage de la cybernétique est particulièrement bien adapté pour la formalisation des modèles physiologiques. Ce cours va permettre de découvrir que la plupart des fonctions physiologiques concourent à faire fonctionner l'organisme en régulateur en constance ("homéostat"), qui a pour finalité la survie de l'organisme lorsque des variations brutales ou prolongées de son environnement surviennent.

Contenu

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

Travaux Pratiques

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

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

Préceptorat

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

Laboratoire associé

Laboratoire de Neurobiologie et Diversité Cellulaire

6.1 Analyse numérique et Matlab

Tronc commun 2ème année

Travaux Pratiques : 22 h.

Enseignants

D. Cassereau



F. Krzakala



A. Leblanc



B. Quenet



I. Rivals



Objectifs

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

Contenu

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

Matlab est un logiciel de programmation pour le calcul scientifique, qui permet calcul numérique, programmation et développement d’algorithmes comme n’importe quel langage de programmation. C’est aussi un outil puissant pour la visualisation en 2D et en 3D, pour l’analyse de données dans de nombreux domaines (traitement de signaux, d’images, mais aussi de données de puces à ADN par exemple), la simulation et la modélisation, ou encore le développement d’interfaces graphiques. Contrairement au C ou au Fortran, Matlab un langage interprété, comme BASIC ou Lisp, ce qui lui donne une grande souplesse d’utilisation. Le principal type de données est la matrice, d’où son nom, Matlab, pour MATrix LABoratory. Matlab utilise les bibliothèques de calcul matriciel optimisées des projets américains Linpack et Eispack, ce qui fait que bien qu’interprété, la vitesse d’exécution de ses calculs est grande. Ces avantages font de Matlab un logiciel très utilisé pour l’enseignement, dans les laboratoires de recherche et dans l’industrie. Il s’agit néanmoins d’un logiciel commercial relativement cher. Aussi les étudiants sont-ils invités à télécharger pour leur propre usage les logiciels gratuits SCILAB et OCTAVE.

1. Introduction à MATLAB
 - L’environnement de développement
 - La manipulation des données
 - La manipulation des graphes
 - La programmation

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

Liens avec les autres modules d'enseignement

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

6.2 Chimiométrie

Dominante chimie 3ème année

Cours : 11 h -

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 -

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 -

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.

Enseignants

D. Cassereau



F. Krzakala



A. Leblanc



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 Simulation numérique

Cours d'option 3ème année

Travaux Pratiques : 30 h.

Enseignants

Didier Cassereau



Objectifs

L'option informatique de 3ème année est destinée à approfondir les techniques de programmation en langage C/C++ sous Unix, visant en particulier la simulation numérique. L'accent est mis sur un travail de groupe, les étudiants travaillant ensemble à élaborer un projet consistant tout en garantissant une bonne synchronisation entre eux. Le contenu du projet de simulation numérique lui-même s'adapte chaque année en fonction des préférences qui se sont exprimées :

en 2010, l'accent est mis sur la mise en oeuvre de modèles simplifiés soit :

- physique des ondes : propagation d'une onde (sonore ou lumineuse par exemple) dans différentes structures de matériaux.
 - architecture client/serveur (exemple : service client/serveur de chat interactif, codage d'un service PTP, application web)
-

6.7 Statistiques appliquées

Tronc commun 3ème année

Cours : 10 h -

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

6.8 Statistiques et apprentissage

Dominantes physique et physico-chimie 3ème année

Cours : 11 h -

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)

6.9 Systèmes linéaires et représentations des signaux**Tronc commun 1ère année**

Cours : 10 h -

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

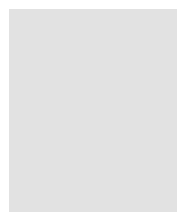
6.10 Théorie des Groupes

Tronc commun 2ème année

Cours : 10 h -

Enseignants

F. Volatron



Introduction a la Théorie des Groupes

Utilisation de la symétrie

Rappel : interaction de deux orbitales atomiques.

Recouvrement nul par symétrie.

Orbitales Moléculaires de BeH_2 .

Groupe des opérations de symétrie

Description des opérations de symétrie.

Eléments de symétrie.

Loi de composition.

Opération de symétrie inverse.

Structure de groupe.

Classes d'équivalence.

Exemples.

Représentation linéaire d'un groupe de symétrie

Base de représentation.

Représentation matricielle.

Réduction d'une représentation.

Représentations irréductibles.

Eléments de la théorie des caractères

Principe.

Table de caractère.

Produit scalaire.

Opérateur de projection.

Applications

Calcul des Orbitales Moléculaires

OM et représentations irréductibles.

Systèmes π de molécules insaturées.

Méthode de fragmentation ; exemple de MH_4 plan carré.

Vibrations moléculaires

Généralités

Mouvements moléculaires

Exemple de H_2O

Produit tensoriel et applications Définition.

Symétrie d'une configuration.

Détermination d'une représentation.

Calcul d'intégrales ; applications à la spectroscopie.

Structure électronique des molécules

Interactions à deux orbitales

Molécules AH_2 linéaires.

Molécules AH_3 trigonales planes

Molécules AH_4 tétraédriques.

Interactions à trois orbitales

Principe d'interaction.

Molécules AH .

Molécules AH_2 coudées

Molécules AH_3 pyramidales.

Molécules complexes

Ethane

Dication de l'éthylène. Hyperconjugaison

Chimie de coordination

Généralités.

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

Généralisation : règle des 16-18 électrons.

Interactions fragment métallique ML_5 /ligand.

Donation π ; rétro-donation.

Struture électronique du dimère $\text{L}_5\text{M}-\text{ML}_5$.

Laboratoire associé

UPMC, Laboratoire de Chimie Théorique

7 Enseignements de Langue, Sciences Economiques et Sociales

© Proxima



7.1 Anglais

Tronc commun 1ère, 2ème et 3ème années

Cours : 150 h -

Objectifs

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

Contenu

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

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

Programme :

révision des bases de langue : grammaire, vocabulaire situationnel

communication écrite et orale professionnelle : situations dans l'entreprise

anglais scientifique

culture et communication interculturelle

préparation à la recherche de stage et d'emploi

Enseignants

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

7.2 Seconde langue vivante

Tronc commun 1ère, 2ème et 3ème années

Cours : 120 h -

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

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

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

7.3 Introduction à la finance d'entreprise

Tronc commun 3ème année

Cours : 8 h -

Objectifs

Comme moyen de suivi de la performance opérationnelle ou comme outil d'aide à la prise de décision stratégique, la finance est au cœur de l'entreprise. Il n'est pas rare que les objectifs d'un manager soient établis et mesurés en termes de contribution à marge d'EBIT ou d'EBITDA, de gestion du BFR, de TRI des investissements et même d'Economic Value Added. En outre, force est de constater qu'une logique financière est souvent à la base des grands mouvements de consolidations et de rachats qui sont en train de redessiner les contours de nombre de secteurs industriels.

Dans un temps très court (2 demi-journées), ce cours n'a d'autre objectif que de faire sentir combien la finance, une fois dépouillée du formalisme aride des normes comptables et de la terminologie un peu ésotérique de l'ingénierie financière sous laquelle se cachent souvent des concepts simples, est un domaine tout à fait abordable à un étudiant ingénieur habitué à manier des concepts autrement complexes et peut se révéler tout à fait passionnante et, à bien des égards, (très) utile.

Contenu

Un rapide tour d'horizon

L'entreprise : une machine à créer de la valeur, dans un monde financier désincarné, caractérisé par la primauté du comportement rationnel des investisseurs fondé sur la défense et la promotion des intérêts personnels.

Bilan, Compte de Résultat et Tableau de Flux : kit de survie !

Le Bilan (Balance Sheet) : une photographie de l'entreprise à intervalle périodique Le patrimoine = l'actif (Assets) Les propriétaires et les bailleurs de fonds = le passif (Liabilities) Fixed Assets (Tangible and Intangible), Current Assets (Inventory, Account Receivable), Cash and Marketable Securities, Equity, Current Liabilities (Account Payable), Financial debt

Le Compte de Résultat (Profit & Loss P&L) : la dynamique de la croissance et de la profitabilité Revenue, Gross Margin (GM), Depreciation and Amortization (D&A), Marketing & Sales (M&S), General & Administrative (G&A), R&D, EBIT, EBITDA, Special Charges, Financial Charges, Net Income, Retained Earnings

Le Tableau de Flux (Cash Flow Statement) : un indicateur fondamental de performance, à la jonction entre bilan et compte de résultat, à la base de la finance d'entreprise moderne Le cash flow opérationnel brut et net (notion de variation du Besoin en Fonds de Roulement – BFR / Working Capital WC) Le cash flow d'investissement Le free cash flow (FCF) Le cash flow de financement La variation d'endettement net

Analyse financière simplifiée

Le Bilan Economique (Invested Capital) Ratios de liquidité et de solvabilité Ratios d'endettement (notion de gearing et de leverage) La gestion du BFR (notion de Cash Conversion Cycle) La rentabilité : relation entre profitabilité et intensité capitalistique Rentabilité économique (Return on Invested Capital ROIC) Rentabilité des fonds propres (Return on Equity) L'effet de levier

Etudes de cas

Valorisation d'entreprise : une nécessité à chaque étape de la vie de l'entreprise et une condition préalable à toute opération de financement telle que : Private Equity (financement en fonds propres) Fusion-Acquisition Financements à effet de levier (LBO) Introduction en bourse (Initial Public Offering IPO) ou émission secondaire Dettes financières (obligations ou crédits bancaires)

Valeur de marché vs. Valeur comptable (notion de goodwill)

La méthode du DCF (Discounted Cash Flow) La rémunération du temps Actualisation et capitalisation (notion de TRI / IRR) Prime de risque et le Capital Asset Pricing Model Impact

de la structure financière (Modigliani & Miller) Choix des Cash Flows à actualiser (unlevered vs. levered) et valeurs terminales

Notion de création de valeur (Economic Value Added EVA)

Valorisation et théorie des options Call et Put Options : principe de base, volatilité intrinsèque Modélisation pour valoriser la dette (vision Put) et les fonds propres (vision Call) Estimation de la probabilité de défaut (notions de ratings e.g. S&P, Moody's, Fitch, de Credit Spread et Credit Default Swap CDS)

Enseignant

Xavier Mace de Gastines.

7.4 Communication et Relations Sociales. Module 1

Tronc commun 1ère année

Cours : 15 h -

Enseignants

P. Pierre



Objectifs

Les objectifs principaux de ce premier module sont de :

- Découvrir les grandes fonctions de toute entreprise
- Découvrir le sens des relations sociales dans l'entreprise
- Sensibiliser à la relation managériale
- Asseoir son projet professionnel et mieux anticiper sur ses responsabilités comme futur manager (droits et devoirs)
- Les Ressources Humaines : comment travailler avec ?

Contenu

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

7.5 Communication et Relations Sociales. Module 2

Tronc commun 2ème année

Cours : 15 h -

Enseignants

P. Pierre

**Objectifs**

Les objectifs principaux de ce second module sont de :

- Savoir affirmer son projet professionnel en maîtrisant les techniques/processus de recrutement
- Mieux comprendre les leviers individuels de motivation des collaborateurs en organisation
- Comprendre certains mécanismes d'adhésion et d'entraînement d'une équipe autour d'un but commun
- Etre sensibilisé à travailler en lien avec des personnalités et cultures différentes
- Prendre du recul et réfléchir à sa manière de s'intégrer dans une équipe

Contenu

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

7.6 Conférences socio-économiques**Tronc commun 1ère année**

Cours : 12 h -

Contenu

Cycle de conférences :

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

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

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

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

Innovation, méthodes et perspectives industrielles

La propriété intellectuelle et les brevets Jacques LEWINER, ESPCI

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

Introduction au management de projets Cécile DUBROVIN, Thalès

Enseignants

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

7.7 Conférences Sciences et Sociétés

Tronc commun 1ère année

Cours : 21 h -

Coordinateur

Emanuel Bertrand



Contenu

Ce cycle de conférences à l'interface entre les sciences dures et les sciences humaines, avec des contenus scientifique et historique substantiels a pour objectif de faire comprendre la co-construction de la science et du social et de permettre aux étudiants de prendre du recul sur les sciences.

- Un exemple d'étude de controverse scientifique dans les années 70 : Harry Collins et les ondes gravitationnelles. (Emanuel Bertrand, ESPCI)
- Un exemple d'étude de controverse sociale contemporaine due à une innovation technologique : les OGM. (Christophe Bonneuil et Amy Dahan, EHESS)
- La gouvernance globale du changement climatique et le rôle du GIEC. (Christophe Bonneuil et Amy Dahan, EHESS)
- Etude d'un cas en histoire des sciences physiques : Hertz et l'administration de la preuve. (Dominique Pestre, EHESS)
- Etude d'un cas en histoire des sciences chimiques : l'atomisme au XIXe siècle. (Catherine Kounelis, ESPCI et Bernadette Bensaude-Vincent, Université Paris X - Nanterre)
- Nanosciences et « convergence » : va-t-on façonner le monde atome par atome ? (Catherine Kounelis, ESPCI et Bernadette Bensaude-Vincent, Université Paris X - Nanterre)
- Sciences et mondialisations : qu'est-ce que la science des pays du Sud et qu'entend-on par « savoirs indigènes » ? (Kapil Raj, EHESS)
- Biodiversité et valorisation des ressources biologiques indigènes. (Valérie Boisvert, IRD)
- Le pouvoir de la science pour redéfinir le social : cas de Pasteur et des microbes. (Emanuel Bertrand, ESPCI)

7.8 Préparation à la recherche d'emplois

Tronc commun 3ème année

Cours : 12 h -

Contenu

Ce module, qui vise à préparer les élèves à la recherche d'emploi comporte deux parties : la première comporte des ateliers de mise en pratique, par petits groupes, de la recherche d'informations sur les sociétés, de la rédaction de lettres de candidature, de motivation et de curriculum vitae (CV), de la mise en forme du projet professionnel et de la préparation aux entretiens d'embauche. Elle s'achève par un entretien individuel avec l'animateur du groupe.

La seconde partie se déroule sur site avec une simulation d'entretien d'embauche menée par un professionnel des Ressources Humaines d'une entreprise partenaire de l'école et choisie pour occuper un secteur d'activité en adéquation avec le projet professionnel de chaque étudiant. Cet entretien qui correspond à une véritable mise en situation professionnelle, depuis la phase de prise de contact pour convenir du rendez-vous, est suivi par un débriefing avec le recruteur, pour dresser un bilan de la prestation.

Enseignants

Coordinateurs : Jean Le Bousse, Roger Famery.



©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