



/ LIVRET D'ENSEIGNEMENT SCIENCES

2016-2017

Vous trouverez dans cette brochure une présentation générale des cours, séminaires et enseignements proposés par les départements scientifiques de l'École normale supérieure et par les équipes de recherche qui y sont implantées. Des informations plus détaillées sur l'organisation et le contenu des enseignements sont disponibles sur le site de l'École, constamment réactualisé au cours de l'année. Destinée d'abord aux nouveaux arrivants, normaliens élèves, normaliens étudiants boursiers ou non de la sélection internationale, mais aussi aux enseignants-chercheurs nouvellement nommés et aux visiteurs français ou étrangers, la brochure offre un panorama de l'École scientifique. Elle témoigne de l'extrême vitalité intellectuelle de notre institution, et de la variété des parcours proposés.

Liberté intellectuelle et tutorat individuel

Les études à l'École normale supérieure se caractérisent par l'autonomie accordée à chaque élève. Chacun d'entre eux est suivi et conseillé, durant sa scolarité, par un tuteur (« caïman », enseignant-chercheur ou chercheur) avec lequel il élabore, chaque année, un « programme d'études ». Ce programme inclut, outre les enseignements requis par le cursus universitaire choisi, une riche palette d'activités intellectuelles qui permettent à l'étudiant d'acquérir inventivité et surplomb dans les disciplines étudiées. Le principe de liberté, au fondement de la formation intellectuelle propre à l'ENS, permet aussi à un élève d'interrompre sa scolarité pour étudier ou se former dans une université ou une institution étrangère, pour acquérir de nouvelles compétences ou encore pour préparer, dans les meilleures conditions, son orientation vers une autre discipline. L'élaboration par chaque normalien de son parcours d'études individuel, en interaction étroite avec son tuteur et son directeur des études, lui permet de préparer au mieux son avenir.

L'interdisciplinarité comme idéal

La coexistence entre scientifiques et littéraires en un même lieu de vie, la richesse et la diversité des domaines couverts par les enseignements de l'École incitent fortement les normaliens à concevoir leur formation dans l'interdisciplinarité. L'organisation des enseignements leur offre la possibilité d'approfondir leur discipline, mais aussi d'en explorer les frontières. Une telle interdisciplinarité est en phase avec les possibilités nouvelles de la recherche contemporaine.

Une formation par la recherche

L'École normale supérieure a pour ambition de permettre à ses normaliens de devenir rapidement de véritables chercheurs. L'offre de formation est orientée à cette fin (depuis les cours d'initiation jusqu'aux séminaires de recherche, où les normaliens sont eux-mêmes placés en situation de jeunes chercheurs). L'encadrement pédagogique est assuré par un corps d'enseignants-chercheurs qui font bénéficier leurs normaliens des avancées de leurs travaux et les y associent.

Enfin, de nombreux professeurs et chercheurs invités de renommée internationale participent à l'initiation des normaliens aux recherches de pointe dans leur domaine. C'est ainsi toute

l'activité de l'École et de ses laboratoires qui contribue à l'enseignement dispensé à l'École normale supérieure.



Une École ouverte au monde

Les normaliens ont vocation à devenir des étudiants internationaux, aptes à travailler dans le monde entier. Ils sont très tôt initiés à la diversité des systèmes universitaires internationaux et vivement encouragés non seulement à se perfectionner dans les langues étrangères qu'ils connaissent, mais aussi à en apprendre de nouvelles parmi les nombreuses langues enseignées à l'ENS. La présence sur notre campus de nombreux étudiants, pensionnaires, et chercheurs étrangers est une richesse inestimable.

Des cursus différenciés, dont le master est le pivot

La scolarité des normaliens élèves entrés par concours est de quatre ans, celle des normaliens étudiants de trois ans. Dans les deux cas, elle inclut l'obtention de la licence et d'un master. Il peut s'agir de l'un des masters cohabilités par l'École avec les institutions partenaires (universités parisiennes, EHESS, etc.) ou de tout autre master recherche organisé par une autre institution.

De nombreux normaliens préparent également l'agrégation, surtout dans les disciplines littéraires. Enfin, le cursus normalien s'achève le plus souvent par la préparation d'une thèse.

Le diplôme de l'ENS : une formation intellectuelle d'exception

Le diplôme de l'ENS, obligatoire pour tous les normaliens, consiste en un master accompagné d'une formation complémentaire « maison ». Cette formation correspond à un certain volume d'enseignements que le normalien doit valider. Il est également possible, dans le cadre du diplôme, de faire valoir une participation active à des séminaires, des stages de recherche en France ou à l'étranger, voire des activités de tutorat auprès de lycéens issus de milieux défavorisés. Ces activités, qui sanctionnent, en plus de l'enseignement, l'excellence et l'originalité de la formation intellectuelle dispensée à l'ENS, font l'objet de procédures d'évaluation spécifiques.

Parmi les éléments de formation complémentaire requis en complément du master, pour l'obtention du diplôme de l'ENS, un tiers au moins doivent appartenir à un champ disciplinaire distinct de celui du master. Dans le cas où le normalien dispose d'au moins deux-tiers d'éléments formant un ensemble cohérent dans une autre discipline, le diplôme peut lui être décerné avec mention d'une « mineure ». Le diplôme est généralement acquis en trois ans.

Notre École, votre École

L'École normale supérieure est une grande école de recherche universitaire, unique en son genre par la qualité de ses étudiants, la formation qu'elle dispense et la coexistence entre les disciplines les plus diverses. Forte d'un passé prestigieux, elle est résolument ouverte vers l'avenir, comme l'atteste la dynamique de ses laboratoires de recherche et leur grande reconnaissance internationale. Un de ses défis majeurs, pour les années qui viennent, consistera

à inscrire pleinement son système de formation au plus haut niveau de visibilité internationale, tout en préservant sa profonde originalité.



La présente brochure est destinée à vous faire connaître les enseignements et les recherches conduits dans l'École scientifique. Dans ses campus situés au coeur de Paris, l'ENS est le lieu d'une vie intellectuelle et scientifique d'une immense richesse, en contact quotidien avec les recherches les plus avancées et ouverte à la vie universitaire internationale.

Je ne doute pas que vous allez vivre ici quelques uns des moments les plus forts de votre vie.

Bienvenue à l'ENS

Marc MÉZARD
Directeur de l'École normale supérieure

Le projet pédagogique

Grâce à une formation culturelle et scientifique de très haut niveau en contact étroit avec ses chercheurs, l'École prépare des normaliens (élèves, étudiants français ou étudiants étrangers issus par exemple de la sélection internationale) qui se destinent à une grande diversité d'activités professionnelles : recherche scientifique fondamentale ou appliquée, enseignement supérieur et haute fonction publique, postes à responsabilité des établissements publics européens ou des entreprises publiques ou privées, création d'entreprise ...

La liberté intellectuelle est une des caractéristiques majeures de l'École. La formation par la recherche qu'elle dispense s'appuie sur des projets individuels et personnalisés qui sont construits avec les directeurs des études, en interaction avec un tuteur personnel.

L'École est structurée en 15 départements dont 7 scientifiques (Biologie, Chimie, Informatique, Géosciences, Mathématiques, Physique, Sciences cognitives), avec un centre de formation transversal dédié aux thématiques de l'environnement (CERES) et un autre dédié à l'apprentissage des langues étrangères (ECLA). Dans ce cadre de formation par la recherche, la multidisciplinarité au meilleur niveau, les ouvertures sur la société, les expériences internationales au travers de stages, l'apprentissage des langues, les cursus mixtes permis par de nombreux partenariats à l'étranger, les expériences « hors les murs » au travers d'actions citoyennes, les stages en entreprises ou administrations...- sont fortement encouragés.

La formation suivie à l'ENS est organisée par le « diplôme de l'ENS », un diplôme d'établissement reconnu par le Ministère comme conférant le grade master. Tous les normaliens s'inscrivent à ce diplôme durant toute la scolarité.

Au bout de deux années de formation, généralement dispensées à l'ENS et qui comprennent un stage long à l'étranger, le normalien fait le plus souvent le choix d'un M2 recherche que ce soit à l'ENS ou dans les universités parisiennes voire au-delà. La quatrième année permet de consolider sa formation, avec des ouvertures possibles vers des thèmes nouveaux ou des stages divers, afin de préparer son projet de thèse ; elle permet aussi à celui qui le souhaite de passer l'agrégation.

Avec 4 années à l'ENS et le plus souvent 3 années supplémentaires en thèse, un conscrit scientifique se trouve face à 7 années de formation pour construire son propre parcours scientifique en interaction avec son tuteur, en contact avec les laboratoires et avec les chercheurs. Il aura également l'occasion de voyager au cours de ses stages de recherche, ce qui lui permettra d'élargir ses horizons scientifiques et culturels y compris linguistiques.

Liberté intellectuelle, esprit d'initiative et tutorat individuel

L'ENS valorise l'autonomie de ses normaliens grâce à un tutorat individuel : tout normalien élabore son programme d'études personnel en étant conseillé et orienté par un tuteur (agrégé répétiteur, enseignant chercheur ou chercheur) afin de faire son choix parmi les nombreuses offres de formation. Ces choix se concrétisent dans son contrat d'étude.

Outre l'obtention d'un diplôme national (master), le programme d'études annuel d'un normalien inclut des cours et séminaires relevant de différentes disciplines, ainsi qu'une formation en langue vivante sans parler des nombreux stages en laboratoires de recherche publics ou privés en France et à l'étranger, en administration, en entreprise, *etc.* Ce programme valorise

également l'engagement dans la vie étudiante au sein de l'établissement. Le normalien peut en outre réaliser deux années de césure au cours de sa scolarité (à l'exception de sa première année). Pendant ces années de césure, il s'inscrit à l'ENS afin de pouvoir valoriser les expériences acquises pendant ces périodes (stages, engagement associatif, *etc.*) dans le diplôme de de l'école normale supérieure et bénéficier d'une couverture et de conventions de stage offertes par l'ENS.



L'interdisciplinarité

L'ENS privilégie les connaissances fondamentales et associe à l'approfondissement d'une discipline, la familiarité avec d'autres domaines dans le cadre de la préparation du diplôme de l'ENS qui vient sanctionner un parcours basé sur un master recherche (la majeure) et des cours d'ouverture hors spécialité (la mineure). Cette formation diplômante peut se compléter par des cours à vocation culturelle.

La richesse, la diversité et l'organisation des domaines d'enseignement, répartis en départements d'enseignement et de recherche, scientifiques et littéraires, permettent aux élèves d'explorer les frontières de leur discipline et de développer une démarche intellectuelle fortement interdisciplinaire, qu'elle soit dans une optique d'obtention de diplôme ou d'ouverture culturelle. Ainsi, au delà des double-cursus classiques (math-info, math physique, physique-chimie, chimie-bio *etc.*), existent aussi des passerelles avec les départements littéraires.

Une formation à la pointe de la recherche internationale

L'activité scientifique de l'École et de ses équipes de recherche contribue à faire de l'enseignement dispensé à l'ENS une véritable formation par la recherche, quelle que soit la voie que les normaliens choisiront ensuite pour leur carrière professionnelle. Enseignements, cours d'initiation ou séminaires de recherche sont assurés par un corps d'enseignants chercheurs qui font bénéficier aux normaliens des avancées de leurs travaux et les y associent.

Une formation ouverte sur le monde

Les normaliens sont incités, en fonction de leurs objectifs professionnels, à réaliser un ou plusieurs stages d'ouverture « hors les murs » (en administration, en ONG, en entreprise, *etc.*) valorisés dans le cadre de leur diplôme d'établissement. En outre, les normaliens ont vocation à devenir des étudiants internationaux, aptes à travailler dans le monde entier. Très tôt initiés à la diversité des systèmes universitaires et aux langues étrangères, ils effectuent des séjours d'un ou deux semestres dans des universités partenaires ou des stages de recherche dans des laboratoires étrangers. A ce titre, les normaliens sont incités à suivre la préparation du test de Cambridge (niveau advanced) organisée par le département ECLA au cours de leur cursus.

Yves LASZLO

Directeur adjoint Sciences

SOMMAIRE



Préparation au diplôme du <i>Cambridge Advanced Certificate</i>	p.9
Département de Biologie	p.10
Département de Chimie	p.45
Département d'Études Cognitives	p. 74
Département des Géosciences	p.96
Département d'Informatique	p. 128
Département des Mathématiques et Applications	p.172
Département de Physique	p.189
Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société	p. 237
Enseignements, Activités d'ouverture	p.244
Contacts utiles	p.247
Annexe : Vademecum du Diplôme de l'ENS	p.248
Glossaire	p.249

Préparation au diplôme du *Cambridge Advanced Certificate*

Code: ECLA-CAE-A (ou-S1, ou -S2)
Niveau: Tout niveau
Semestre: S1 ou S2, Obtention du test : 12ECTS
Responsable : Isabelle de Vendevre
Enseignants : Isabelle de Vendevre, Rémi Philibert.

Type d'enseignement : session individuelle
Volume horaire : A définir

Pouvoir attester d'un niveau avancé en anglais sanctionné par un diplôme immédiatement lisible est devenu aujourd'hui un atout majeur.

Tel est le but de ce module qui propose une préparation au diplôme du *Advanced Certificate in English* (niveau C1 dans le CECRL) délivré par l'Université de Cambridge.

La première partie prépare à l'examen d'expression écrite. Les essais (entre 220 et 260 mots), rédigés d'après une liste de sujets transmise par l'enseignant, sont corrigés individuellement.

La seconde partie (*Listening and Speaking Skills*) a pour objet de préparer aux tests de compréhension audio, ainsi qu'au format particulier de l'exercice d'échange à la fois avec un jury, et entre candidats.

Sur rendez-vous (créneau d'1h)
Lundi 18h-20h
Mardi 18h-20h
Escalier de la direction, 3e étage.

Département de Biologie de l'École normale supérieure

IBENS



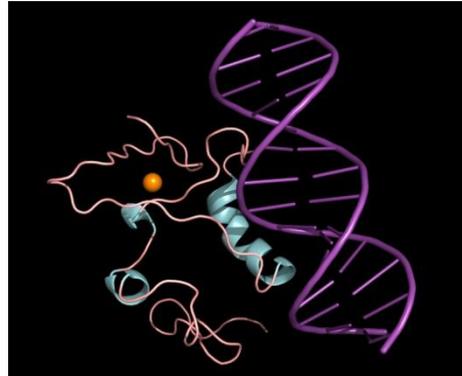
Site web : <http://www.biologie.ens.fr/depbio/>

Adresse :

Département de Biologie

46, Rue d'Ulm

75005 Paris



Le département de biologie offre, dans le cadre de la Formation Interdisciplinaire en Biologie (FIB) des enseignements de haut niveau en Sciences de la Vie. La FIB dispense, de la Licence au Master, un enseignement pluridisciplinaire théorique large, combiné à une initiation à la vie des laboratoires dès la première année. Comme il est de règle à l'ENS, l'accent est mis sur des parcours individualisés dont le tutorat est assuré par des chercheurs du département.

L'ouverture aux autres disciplines scientifiques est assurée de différentes manières : (1) sous forme de cours d'autres disciplines (mathématiques, physique, chimie), intégrés dans la maquette du diplôme national de licence ou de master ; ces cours ont été pensés spécifiquement pour des biologistes, sans compromis sur le niveau nécessaire, et sont dispensés dans le département par des chercheurs venant des autres départements de l'ENS ou d'institutions voisines (Collège de France, Institut Curie) ; (2) sous forme de cours optionnels offerts par d'autres départements de l'école (Chimie, Géosciences, Études Cognitives) qui peuvent être choisis dans le cadre du Diplôme de l'ENS; (3) les étudiants qui le souhaitent sont aidés à construire des parcours mixtes, notamment en intercalant dans leur cursus (généralement entre le M1 et le M2) un semestre ou une année complète d'étude dans une autre discipline.

De plus, le Département de Biologie propose en collaboration avec d'autres départements scientifiques de l'ENS des parcours mixtes clairement identifiés, comme « Mathématiques-Biologie » et « Bio-Géosciences », à réaliser sur trois ans.

L'ouverture est enfin marquée par les enseignements de biologie que le département propose aux étudiants des autres départements. Des cours d'initiation spécifiquement conçus pour des non-biologistes sont offerts au premier et au second semestre, et sont suivis majoritairement par des étudiants des départements scientifiques (mais quelques philosophes, par exemple, les ont suivis avec succès). Ceux qui le souhaitent peuvent ensuite avoir accès (avec ou sans prérequis, selon les cas) à des cours du cursus de biologie, au prix parfois de lectures préalables conseillées par le responsable de l'enseignement, toujours prêt à guider les non-spécialistes dans leurs choix.

L'initiation à la recherche commence dès la première année d'étude à l'école. Elle implique notamment des stages en laboratoire tout au long de la scolarité (une semaine, puis deux mois en licence ; un semestre en M1, un semestre en M2). Elle se traduit aussi par des cours dont une partie est constituée de conférences adaptées au niveau des étudiants, données par des

spécialistes de la question traitée, et discutées pendant le cours. Enfin cette initiation comporte également des rencontres organisées entre des chercheurs et les étudiants.

Le corps enseignant est composé des enseignants-chercheurs statutaires du département, et d'un grand nombre de chercheurs travaillant dans le département de biologie, de chercheurs et d'enseignants-chercheurs d'autres départements de l'école (physique, chimie) et de chercheurs et d'enseignants-chercheurs d'institutions associées (Institut Curie, UPMC, MNHN, Collège de France, Institut Pasteur).

Troisième année de licence (L3)

Le premier semestre est organisé pour offrir les bases indispensables à une activité de recherche et incluent une partie importante de formation pratique, et un premier stage de découverte d'un laboratoire.

Le second semestre a pour objectif de faire découvrir des champs de recherche en plein essor en sciences de la vie, avec la participation d'experts du domaine. S'y ajoutent des cours interdisciplinaires de mathématiques, de physique et de chimie, intégrés dans le diplôme national.

Les cours et examens prennent fin en mai, pour laisser place au stage de recherche de 2 mois, comptant pour le Diplôme de l'ENS, et qui donne lieu à un rapport écrit et à une soutenance orale en septembre.

Première année de master (M1 IMaLiS)

La première année du master interdisciplinaire en sciences du vivant (IMaLiS, Interdisciplinary Master in Life Sciences) offre un large éventail d'enseignements dans les domaines d'excellence des laboratoires du département de Biologie de l'ENS : biologie cellulaire et développement, génétique et génomique, neurosciences, biologie des systèmes, évolution et écologie.

Cette offre inclut des enseignements de physique et de mathématiques, en prolongement des options offertes en troisième année de licence. Des cours transversaux sont en outre proposés, abordant des questions fondamentales de la biologie au travers d'approches croisées. L'emploi du temps a été construit pour donner le maximum de flexibilité aux choix effectués par les étudiants (cinq cours dans le cadre du diplôme national, et un cours additionnel pour le Diplôme de l'Ecole normale supérieure). Le second semestre est consacré à un stage dans un laboratoire de recherche, en général à l'étranger.

Deuxième année de master (M2 IMaLiS)

Une partie des étudiants du département choisissent pour leur M2 de poursuivre le master IMaLiS, dispensé en anglais et enseigné à l'ENS. Cette année est proposée par le département de Biologie avec ses partenaires du Laboratoire d'Excellence MemoLife (le Centre Interdisciplinaire de Recherche en Biologie du Collège de France et l'ESPCI) et en collaboration avec l'Institut Curie et l'Institut Pasteur.

IMaLiS accueille également des étudiants venant de Grandes Écoles d'ingénieurs, ou des facultés de sciences, d'ingénierie et de médecine d'universités françaises et étrangères. Elle leur permet de se construire une formation de pointe, tout en conservant une forte composante interdisciplinaire. Les étudiants qui ne retrouvent pas leurs centres d'intérêt scientifiques dans le M2 IMaLiS s'inscrivent dans des parcours de M2 co-habilités avec l'ENS, mais majoritairement enseignés à l'extérieur (à l'Université Pierre et Marie Curie, ou à l'Université Paris-Sud).

Sur l'ensemble de ses deux années, IMaLiS propose une formation interdisciplinaire sans équivalent en France, permettant aux étudiants de se former au carrefour de la biologie des

systemes, de la génomique, des neurosciences expérimentales et computationnelles et de la modélisation en écologie et biologie évolutive.



Au cours de leur M1, les élèves peuvent candidater à un cursus débouchant sur un double Diplôme ENS-AgroParisTech. Enfin, les étudiants du Département de Biologie peuvent postuler après leur M2 à l'Institut de Technologie et d'Innovation (ITI) de PSL.

LES ENSEIGNEMENTS

Code: BIO-L3-A01-S1

Pratique expérimentale

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : MICHEL Éric

Autres enseignants : de ROSA Renaud

Type d'enseignement : *TD – TP*

Volume horaire : 4 semaines

Pendant 3 semaines, plusieurs sessions de travaux pratiques en groupes (en collaboration avec l'ENS Cachan) permettront un premier contact avec la biochimie, la génétique, la microbiologie et biologie cellulaire.

Code: BIO-L3-A02-S1

Stage court en laboratoire

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : MICHEL Éric

Type d'enseignement : *Stage*

Volume horaire : 1 semaine

Après un enseignement de Travaux pratiques, il s'agit d'une première immersion dans un laboratoire du département de Biologie à l'ENS Paris. Le laboratoire accueille et encadre le travail de recherche d'un ou deux élèves et renforce ainsi l'aspect formation par la recherche de la Licence de Biologie.

Le travail réalisé en laboratoire fera l'objet d'une présentation par affiche, initiation à la communication scientifique.

Code: BIO-L3-A03-S1

Informatique et statistiques

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : VINCENS Pierre

Autres enseignants : THOMAS-CHOLLIER Morgane

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 65h

L'objectif est de compléter ici les connaissances des étudiants sur l'usage de l'outil informatique acquises au préalable par l'étudiant ou lors des stages de rentrée. La première partie de cet enseignement introduira les fonctionnalités des systèmes d'exploitation et des réseaux. Le cours sera complété par des séances pratiques notamment sur l'utilisation d'Unix. Il y sera aussi présenté des notions de sécurité informatique.

La seconde partie sera composée d'ateliers portant sur des thèmes différents chaque année en fonction des connaissances des étudiants et des besoins. Un atelier est constitué d'une introduction à la problématique considérée et de séances pratiques l'illustrant.

Code: BIO-L3-A04-S1

Écologie, Évolution, Génétique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : FERRIERE Régis

Autres enseignants : Henrique TEOTONIO

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 35h

Ce module présente les fondamentaux de l'écologie et de la biologie de l'évolution.

Il se compose de cours magistraux dont la cohérence est assurée par le choix d'une équipe restreinte d'enseignants "ambassadeurs" de leur discipline : Régis Ferrière et Stéphane Legendre (écologie des populations et des communautés), Luc Abbadie et Sébastien Barot (fonctionnement des écosystèmes), Pierre-Henri Gouyon (génétique évolutive) et Renaud de Rosa (phylogénie).

Ce cours sera prolongé au deuxième semestre de L3 par le cours Ouverture à la recherche - Écologie - Évolution - Génétique.

Code: BIO-L3-A05-S1

Biologie cellulaire I : noyau, cycle cellulaire, apoptose

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : DUMOULIN Andréa

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 35h

Le cours de Biologie Cellulaire I est organisé en 2 parties : d'un côté, des sujets abordés lors des classes préparatoires sont approfondis et traités par le biais de la recherche actuelle à travers des séminaires et du travail personnel (*cytosquelette, régulation du cycle cellulaire*). D'autre part, des thématiques plus originales sont développées à travers des cours introductifs suivis d'exposés de recherche (*organisation et fonctionnement du noyau, cytokinèse, apoptose*). Le module Biologie Cellulaire I prépare les étudiants au module Biologie Cellulaire II, en M1.

Code: BIO-L3-A06-S1

Neurosciences / Physiopathologie

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : CASADO Mariano

Autres enseignants : GUILLAUME Émilie – ENS Cachan

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 20h

Initiation à l'étude de la Physiologie à travers deux points de vue différents et complémentaires. Cet enseignement est divisé en 2 volets :

- ▶ Introduction aux neurosciences
- ▶ Physiopathologie humaine focalisée notamment sur le cancer (cette semaine de cours se déroule à Villejuif, à l'Institut Gustave-Roussy)

Code: BIO-L3-A07-S1

Biologie et société

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 2

Responsable : VINDIMIAN Eric

Autres enseignants : GOUYON Pierre-Henri

Type d'enseignement : *Cours /TD*

Volume horaire : 20h

Analyse des sujets éthiques et sociétaux en relation avec les recherches actuelles dans le domaine biomédical.

Code: BIO-L3-A08-S1

Biologie Moléculaire et Génétique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : CHARNAY Patrick

Autres enseignants : DESPRES Barbara, FELIX Marie-Anne, HERMANN Sylvie, HYRIEN, Olivier, THIEFFRY Denis

Type d'enseignement : *Cours/TD*

Volume horaire : 35h



Ce cours vise à fournir des bases très solides dans les domaines de la génétique et de la biologie moléculaire. La génétique sera abordée comme pivot central en biologie de l'hérédité des phénotypes, et aussi comme méthode d'étude d'un processus biologique au laboratoire.

La partie biologie moléculaire traitera du génome, de sa réplication et réparation, et détaillera en particulier l'expression génétique et son contrôle. Diverses techniques de biologie moléculaire seront également abordées.

Code: BIO-L3-B01-S2

Ouverture à la recherche A (écologie, évolution, génétique)

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : LE GALLIARD Jean-François – CNRS ENS

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 35h

Les thématiques d'écologie et d'évolution offriront des éclairages complémentaires au module de premier semestre. Seront abordées les méthodes comparatives phylogénétiques, la génétique évolutive et la biodiversité et les systèmes écologiques.

Code: BIO-L3-B02-S2

Ouverture à la recherche B (biologie intégrative)

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 5

Responsable : COLLIN Olivier

Type d'enseignement : Cours, TPE

Volume horaire : 35h + 28h TPE

Programme :

- Biologie Cellulaire
- Développement
- Neurophysiologie

Code: BIO-L3-B03-S2

Ouverture à la recherche C (génétique, génomique, bioinformatique)

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : HERMANN Sylvie

Autres enseignants : THOMAS-CHOLLIER Morgane

Type d'enseignement : Cours, TPE

Volume horaire : 50h + 35h TPE

Programme

- Bioinformatique
- Génétique et microbiologie
- Génomique et protéomique

Code: BIO-L3-B04-S2

Ouverture à la recherche D (endocrinologie, immunologie, virologie)

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 4

Responsable : DUGUÉ Guillaume

Type d'enseignement : Cours, TPE

Volume horaire : 25h + 28h TPE

Programme :

- Endocrinologie
- Immunologie
- Virologie

Code: BIO-L3-B05-S2

Maths I : Ce qu'un biologiste ne peut ignorer

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : LAMBERT Amaury

Type d'enseignement : *Cours, TD*

Volume horaire : 45h cours/TD

Maîtrise par les étudiants des concepts mathématiques les plus répandus en biologie. Aptitude à résoudre des exercices de niveau modéré, à programmer des simulations numériques, à comprendre les méthodes mathématiques les plus fréquemment utilisées en modélisation (hors statistiques), et à approfondir cette compréhension seul le cas échéant.

Code: BIO-L3-B12-S2

Physique et Biologie I : introduction à la physique statistique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : STRICK Terence

Autres enseignants : BUGUIN Axel

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 39h (13 séances de 3 h)

Thèmes abordés : Ce module d'introduction à la physique statistique fournira à la fois les bases conceptuelles et formelles permettant d'aborder les phénomènes physiques essentiels à la compréhension du vivant : ordres de grandeurs, forces, lois d'échelle et similarités, interactions moléculaires, diffusion et mouvement Brownien, fluctuations, entropie, équipartition de l'énergie, loi de Boltzmann, analyse de Fourier, processus stochastiques, motilité cellulaire et effets hydrodynamiques, chimiotaxie, expérimentation cellule unique/molécule-unique, et spectroscopie de force.

Code: CHIM-B14-S2

Chimie : Thermodynamique (Physico-Chimie Mésoscopique)

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Anne Boutin, François-Xavier Coudert, Nicolas Lévy

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 28h

Département de chimie

Cet enseignement étudie l'effet des forces intermoléculaires sur la stabilité et l'existence de structures moléculaires variées. Nous explorons le champ de ces effets au travers de curiosités et de phénomènes issus de l'observation du monde physico-chimique et bio-schimique. Le contenu de ce module est donc abordé en considérant l'objet et en introduisant le formalisme nécessaire à son étude.

Code : CHIM-B12-S2

Chimie Organique 2

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : GAUTIER Arnaud

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 40h

Département de chimie

Cet enseignement a pour but d'améliorer et peaufiner les connaissances en Chimie Organique acquises au cours de semestres précédents. Le programme aborde la réactivité de nouvelles classes de molécules ainsi que l'étude de quelques grandes réactions de la Chimie Organique. La formation de liaison carbone-carbone par réaction d'un carbonyle constitue un point central de l'unité. Les notions de chimio-, régio- et stéréosélectivité, ainsi que l'application en synthèse des méthodes traitées seront en particulier abordées.

Prérequis : Une connaissance raisonnable de la Chimie Organique de semestres précédents.

Code: ECLA

Module de langue vivante obligatoire

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : BUTIGIEG Dorothée

Type d'enseignement : *Cours*

Volume horaire : 1 semestre

La validation de la pratique de 2 cours de langues est nécessaire pour la validation de la Licence de Biologie. L'anglais est la langue des échanges scientifiques internationaux et pour cette raison sa pratique est obligatoire (sauf demande de dérogation étudiée au cas par cas).

Si vous parlez déjà anglais couramment, il est possible de valider une UE d'une autre langue vivante, uniquement dans le cas où la responsable de la L3 (Barbara Despres) vous y a autorisé. Pour cela, merci de prendre rendez-vous pour un entretien.



Code: BIO-L3-B09-S2

Stage d'été en laboratoire

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : MICHEL Éric

Autres enseignants : CASADO Mariano, FERRIERE Régis, THIEFFRY Denis

Type d'enseignement : *Stage*

Volume horaire : 8 semaines

Les élèves continuent leur formation par la recherche au cours d'un stage dans un laboratoire de l'IBENS de 8 semaines durant les mois de juin et juillet. Ce stage est obligatoire et permet d'obtenir 12 ECTS dans le cadre de la validation du DSN. Ce travail donne lieu à un rapport écrit et une soutenance orale devant jury qui a lieu aux environs du mois d'octobre de l'année suivante.

Code: BIO-IN-B10-S2

Idées et théories en biologie : analyse d'ouvrages

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS: 6

Responsable : DE ROSA Renaud

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : 36h

Le module "Idées et théories en biologie" vise à susciter la discussion à partir de la lecture d'un ouvrage de biologie classique ou récent.

En prenant du recul par rapport à l'avalanche de connaissances nouvelles dont ils peuvent être bombardés par ailleurs, les étudiants réfléchissent à des questions fondamentales de la biologie. Les sujets abordés varient d'une année sur l'autre en fonction de l'ouvrage choisi.

Code: BIO-IN-B11-S2

Modélisation en biologie

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS : 6

Responsable : DE MONTE Silvia

Autres enseignants : COPPEY Matthieu

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire : 36h



Le cours de Modélisation présente les bases d'une approche mathématique des systèmes biologiques. Les étudiants acquièrent ainsi les compétences nécessaires pour :

- comprendre les fondements théoriques des travaux de biologie dans lesquels la modélisation tient une place importante et acquérir une culture de la modélisation en biologie,
- être capable de transcrire un problème biologique en un modèle simple,
- être en mesure d'interagir avec des spécialistes de modélisation, en présentant leurs problèmes et leurs données de manière à faciliter la construction et l'analyse de modèles, et en étant capable d'interpréter et de valoriser la démarche et les résultats des modélisateurs.

Le cours est organisé de façon à présenter une gamme d'outils mathématiques et computationnels variés (systèmes dynamiques, réseaux, modèles stochastiques) tout en présentant en parallèle leurs applications aux différents domaines de la biologie (réseaux génétiques, biologie des systèmes, biophysique cellulaire, biologie du développement, écologie). Il est fortement recommandé que les élèves n'ayant pas de bases en mathématiques suivent le cours de mathématiques avant celui de modélisation.

Code: BIO-L3-B13-A
NOUVEAU

Ateliers méthodologie L3

Niveau : IN
Semestre: S2, ECTS : 9
Responsable : DESPRES Barbara, DUMOULIN Andrea
Type d'enseignement : TD
Volume horaire : 36h

Le module "Ateliers méthodologie L3" est un enseignement original, constitué de travaux dirigés, ateliers et discussions, qui vise à familiariser les normaliens biologistes avec des pratiques spécifiques au monde de la recherche.

Ce module est divisé en trois parties :

- partie 1 - Lecture d'articles, 3 ects, semestre 1

Ces séances permettent aux étudiants de se familiariser avec la lecture de publications scientifiques en anglais. Sont abordées la structure et l'organisation du contenu de différents types de publications scientifiques. Les compétences travaillées lors de ces séquences sont nécessaires dans des enseignements ultérieurs de L3.

- partie 2 - Soft skills, 3 ects, semestre 1+2

Préparation aux aspects pratiques concernant les démarches de recherche de stage, d'écriture du rapport de stage et de sa présentation. Introduction à la vie et à l'organisation des laboratoires. Réunions d'information.

- partie 3 - Présentation orale d'articles, 3 ects, semestre 2

Ces séances permettent aux étudiants de se familiariser avec la restitution d'un article sous forme de présentation orale. Les compétences travaillées lors de ces séquences sont nécessaires dans des enseignements de fin de L3, et de M1.

Code: BIO-M1-S02-S1

Biologie cellulaire II : trafic, motilité, biophysique (cours Pasteur /Curie/ENS)

61

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Philippe CHAVRIER

Autres enseignants : Anne PAOLETTI et Olivier COLLIN

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : 40h

This cell biology course will cover major topics of cell biology such as membrane trafficking, cytoskeleton organization, cell polarity establishment, cell cycle control and division, cell adhesion and migration. These cellular functions will be described in the context of normal or cancer cells. The course will also cover innovative biophysical approaches to cell biology including cellular bio-mechanics or micro-rheology. The course will be composed of a series of 2 hours research seminars and will be taught by a number of leading cell biologists from various research institutions including Institut Curie, Institut Jacques Monod or Institut Pasteur.

Prerequisite: Cell Biology I (L3) or other Cell Biology course of L3 Level

Code BIO-M1-S01-S1

Biologie du développement

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : HAVIS Emmanuelle

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : 40h

The objectives of this course are :

- ▶ to introduce all the model organisms used to understand the developmental biology processes
- ▶ to understand the emergence of the complexity of an organism from a single fertilized egg.
- ▶ to highlight all the applications of developmental biology research in various fields of medicine.

Sixteen conferences are given during two weeks from researchers working on all model organisms and using various technical approaches (live imaging, high throughput transcriptomic analysis, ChIP-sequencing, transgenesis, in situ hybridizations).

Code: BIO-M1-S08-S1

Développement du système nerveux

Niveau : M1

Semestre: S1, ECTS: 6

Responsable: SPASSKY Nathalie

Autres enseignants : CHARNAY Patrick

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire: 40h

The human nervous system is an object of extreme complexity and its organization is progressively built during development. Understanding its history (developmental and evolutionary) constitutes an important element for deciphering its physiology and pathology. Furthermore, development of the nervous system is an essential aspect of general animal development.

Therefore this module should be of interest to students aiming at specialization in neurosciences, physiology or developmental biology. It will present the principles and mechanisms governing the establishment of the nervous system in several species constituting experimental models.

More specifically, the course covers the general organisation of the nervous system, neural induction, anterior-posterior and dorso-ventral patterning, cell polarity, neurogenesis, axonal growth and guidance, synaptogenesis, neuronal network maturation, neural crest, glial cells, myelination, adult neurogenesis and neural stem cells,...

Code: BIO-M1-S05-S1

Génétique évolutive

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : AUSTERLITZ Frédéric

Autres enseignants : HEYER Évelyne

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire: 40h

Course objectives and description:

Based on the previously acquired knowledge in population genetics, the course aims at studying the factors that affect the genomic diversity of populations, and as a consequence the diversity of phenotypic traits.

The fundamental concepts of evolutionary biology will also be presented.

Code: BIO-M1-S06-S1

Ecologie évolutive

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : CLAESSEN David Autres enseignants : FERRIERE Régis

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire : 40h

- Course objectives and description: This course treats the evolution of behavioural, demographic and ecological traits, at the intra-specific and pairwise inter-specific levels, with an emphasis on feedbacks between ecological and evolutionary processes.

With complementary empirical and theoretical approaches, we will study the effect of different types of natural selection (including kin selection and sexual selection) on the evolution of

resource exploitation strategies, social behaviour (dispersal, cooperation, partner choice) and on the evolution of their plasticity.

The roles of genetic determinism and of learning on the ontogenesis and evolution of animal behaviour will be discussed.

Code: BIO-M1-S07-S1

Biologie des systèmes écologiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : FERRIERE Régis, DE MONTE Silvia

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : 40h

This advanced undergraduate/graduate course addresses the topic of ecological system diversity and the underlying biological mechanisms :

How do species coexist? How are their interactions organized? How do they shape their common ecosystem and adapt in response? How do species interactions and environmental factors translate into patterns of diversity? How does diversity evolve?

The purpose of the course is to provide a thorough introduction to these topics, by world leaders in the fields of environmental biology, community ecology, macroecology, biogeography, as well as biogeochemistry and environmental physics.

Code: BIO-M1-S04-S1

Génomomes et phénotypes

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : FELIX Marie-Anne

Autres enseignants : ROEST-CROLLIUS Hugues

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire: 40h

The objectives of this course are to acquire conceptual tools to apprehend biology based on the genotype - phenotype relationship, in the context of laboratory induced mutations and of variation in natural populations. The content will include advanced concepts in genetics, including the genetic analysis of natural variation and of human disease. The course will also cover the technical and scientific advances in genome sequencing and genome annotation of the past 15 years, leading to recent advances in evolutionary and functional genomics, including cis-regulatory sequence identification.

Code: BIO-M1-S03-S1

Projet de Biologie computationnelle

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : VINCENS Pierre

Autres enseignants : Morgane Thomas-CHOLLIER

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire: 40h

The theoretical part includes programming courses (Python) applied to biology, and conferences in computational biology. The program evolves each year, and covers topics among : nucleic and proteic sequence analysis (determining functional and structural properties based on primary sequences, search for common characteristics among a collection of sequences, ...), management of genomic information (annotation), approaches to predict tridimensional structure of proteins ("threading", analogy,...), interactions between molecules, images analyses, modeling.

The project aims at answering a particular problem faced by a researcher. It is not a simple exercise, but an original project that will help the researcher to move forward on his topic. The project is usually conducted by group of two students, tutored by the researcher, and supervised for the bioinformatics aspects by the coordinators of the course.

Code: BIO-M1-T108-S1

Epigénétique, du phénomène aux mécanismes moléculaires

Niveau : M1

Semestre: S1, ECTS: 6

Responsable: DESPRES Barbara

Autres enseignants : LEPERE Gersende

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire: 25h

The objective of this course is to discover the paradigms of epigenetics : from the epigenetic phenomenons to the molecular mechanisms. Topics include parental imprinting, X-inactivation in mammals, the hybrid dysgenesis in *Drosophila*, chromatin inheritance, non-Mendelian inheritance of genome rearrangements in *Paramecium*, paramutations and epimutations in plants, prions, cancer. This course is organised through seminars and analysis of articles.

Code: BIO-M1-S09-S1

Physiologie du neurone

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : PAOLETTI Pierre

Autres enseignants : CASADO Mariano

Type d'enseignement : *cours*
Volume horaire: 40h

This course aims at providing the basic knowledge and technical tools to address in-depth study of the operation of the nervous system. The functioning of neurons will be addressed both at the molecular and cellular levels with particular emphasis on the electrical properties and excitability of the neuronal membrane that is central to brain function.

Code: BIO-M1-S10-S1

Du neurone au système

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : BARBOUR Boris

Type d'enseignement : *cours*

Volume horaire : 40h

The human brain contains about 100 trillion synapses which continuously transmit, spread and filter activity as information is processed in the brain. Distributed synaptic modifications store the most of the information acquired during learning and the formation of memories. This module provides an in-depth understanding of synaptic function, the neuronal integration of synaptic information and synaptic plasticity. Building on these foundations, the module then introduces network dynamics, the representation of information and network implementations of learning algorithms.

Code: BIO-M1-S11-S1

Neurosciences intégratives

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : LENA Clément

Autres enseignants : POPA Daniela

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire: 40h

This course provides an introduction to the main brain functions, and to the underlying neuronal elements, circuits and network dynamics. The course covers topics including the most elementary functions (breathing control, sleep, neurovascular control), sensory (olfaction, audition, vision, somatosensory system, pain,...) and motor functions (motor control and learning), emotions (fear, reinforcement) and cognition (internal representations, memory,...).

Code: BIO-M1-T102-S1

Populations minuscules

Niveau: M1

Semestre: S1, ECTS : 6

Responsable: MICHEL Éric

Type d'enseignement: *cours*

Volume horaire: 40h

The purpose of this module is to discover some unknown aspects of microbiology, particularly bacteriology, to show the lifestyle of microorganisms and their ability to adapt to the environment.

Code: BIO-M1-T103-S1

Evolution

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : DE ROSA Renaud

Type d'enseignement : *cours*

Volume horaire: 40h

Evolution has a unique importance in the biological sciences: it has completely reshaped the way we understand life, with consequences that extend far beyond the realm of science.

Yet, despite its huge influence, evolution remains poorly understood by the public, and even among biologists. The main aim of this course is to provide a broad view of the way evolution is studied today. Dispelling the mistaken idea that evolution has no practical application is a secondary objective, to be reached along the way. The course presents recent results from various branches (including evo-devo, phylogeny, evolutionary medicine), in a large number of groups (animals mostly, but also plants, bacteria, viruses and others), over very different time scales (from billions of years to mere days). Each of those select examples will help illustrate the universality of the rules, which shaped life as we know it.

Code: BIO-M1-T104-S1

Physique et Biologie II : applications de la physique aux neurosciences

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : BOURDIEU Laurent

Autres enseignants : MARTIN Pascal

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire: 40h

The first part of the course aims at providing some physical understanding of hearing. The second part is dedicated to the physical principles of optical microscopy and to its applications in neurosciences.

Code: BIO-M1-T105-S1

Maths II : ce qu'un biologiste peut ne pas ignorer

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : LAMBERT Amaury

Type d'enseignement *cours /TD*

Volume horaire: 40h

This course is a follow up to Mathematics I (L3). It is especially adapted to students interested in mathematical modeling in ecology/evolution/genetics and neurosciences. The program includes: Fourier transform, dynamical systems and chaos, continuous-time Markov chains and infinitesimal generators, diffusions and stochastic differential equations, partial differential

equations, interacting particle systems. Teaching relies more heavily than in Math I on computer simulations and on individual work. It is supported by computer-based sessions.

Code: BIO-M1-T106-S1

Statistiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : VAN DOOREN Tom

Type d'enseignement *cours /TD*

Volume horaire: 30h

Biological data are often complex, with many interacting variables. Students are introduced to modelling data in general. Then they are made familiar with model selection among generalized linear models and mixed models, which are often used on datasets of small to intermediate size. After that, methods used on genome-wide data are discussed, as examples of large datasets occurring in biology. The course consists of lectures and computer exercises, used to make all participants acquainted with R statistical software. Students are expected to bring their own laptops and will analyse and discuss a real dataset.

Prerequisites for the course : know what random variables are, discrete and continuous distributions, quantiles, and other basic concepts in statistics.

Code: ECLA

Module de langue vivante

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : FIGON Estelle

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : 1 semestre

Une UE d'anglais (3 ECTS) est obligatoire pour la validation du 2e semestre. Le Département de Langues (ECLA) vous offre de multiples cours de langue anglaise et civilisation anglo-saxonne, de tous niveaux, y compris une option "Debating". Vous avez toute latitude pour choisir à l'intérieur de ce panel d'options.

Code: BIO-M1-D02-S2

Insertion professionnelle

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : TEOTONIO Henrique

Type d'enseignement : *exposés et tables rondes*

Volume horaire : 9 x 1h30

Le module insertion professionnelle présentera aux étudiants différentes carrières dans la recherche, la recherche académique, l'administration et la communication accessibles aux

diplômés en biologie. Nous nous intéresserons en particulier aux contextes sociaux français et international actuels et nous discuterons des alternatives possibles pour réussir au niveau professionnel. Conférences et tables rondes par des personnes issues de différentes activités professionnelles autour de la biologie et à différents stades de leur carrière. Les séminaires seront en français ou en anglais.

Code: BIO-M1-INV-S1

The Dynamic Proteome

Niveau: M1

Semestre: S2, ECTS: 3

Responsable : BENSAUDE Olivier

Autres enseignants : MORIMOTO Richard

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : 20h

This course is given in english, in an US format by a visiting Professor from Northwestern University (Chicago). In this course, we will cover topics on the underlying properties of the proteome including topics on :

- (1) the intrinsic physical biochemical characteristics of protein folding,
- (2) protein folding in the cell and the role of molecular chaperones to guide folding and prevent misfolding,
- (3) the role of the proteostasis network in determining the overall stability of the proteome and the balance of folding, function, and clearance,
- (4) the regulation of molecular chaperones by cell stress responses, and
- (5) protein conformational diseases and the role of misfolding and aggregation to cell pathology, disease, and therapeutics. The course will take the form of lectures and open discussion based on assignment of primary literature. This course will be exclusively in english.

Code: BIO-M1-S13-S1

NOUVEAU

Biologie computationnelle – Aspects théoriques

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS :

Responsable : VINCENS Pierre

Type d'enseignement : *cours*

Volume horaire : 25h

This course corresponds to the 1st week of the module « Computational biology project ». It includes programming courses (Python) applied to biology, and conferences in computational biology. The program evolves each year, and covers topics among : nucleic and proteic sequence analysis (determining functional and structural properties based on primary sequences, search for common characteristics among a collection of sequences, ...), management of genomic information (annotation), approaches to predict tridimensional structure of proteins ("threading", analogy,...), interactions between molecules, images analyses, modeling.

Code: BIO-M1-S14-S1
NOUVEAU

Immunologie fondamentale (cours Pasteur/ENS)

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsables : François Huetz, (CR, IP Paris), Jean-Pierre Levraud, (DR, IP Paris)

Type d'enseignement: cours /TP

The general aim of this course is to provide a general overview of Immunology for a better understanding of normal immune responses to pathogens, principles of vaccination, as well as given Immune system pathologies such as autoimmune diseases and allergy. Along theoretical lectures, practical works will be organized to introduce the basic techniques used in Immunology, such as cell culture, cytometry, molecular biology and imaging, in two different animal models : mouse and zebrafish. Experimental work, as well as most lectures, will be held at Institut Pasteur. Finally, the students will be asked to analyse a set of articles organised around a chosen theme and to present orally a synthesis.

Code: BIO-M1-S15-S1
NOUVEAU

Génétique moléculaire du cancer (cours Pasteur/Curie/ENS)

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsables : Jean-Pierre Vartanian (Institut Pasteur)

François-Clément Bidard (Institut Curie)

Type d'enseignement : *cours /TD*

The aim of the course is to provide students with expertise and an understanding of molecular cancer genetics, with a particular focus on mechanisms that induce genetic changes within tumours and the importance of critical genes (oncogenes, suppressor genes), as well as inherited predisposition to cancer. This course is organised through seminars and a practical bioinformatics course.

Code: BIO-M1-D09-S1
NOUVEAU

Ateliers méthodologie M1

Niveau : IN

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsables : THOMAS-CHOLLIER Morgane, DUMOULIN Andrea

Type d'enseignement : TD

Volume horaire : 36h

Le module "Ateliers méthodologie M1" est un enseignement original, constitué de travaux dirigés, ateliers et discussions, complémentaire de "Ateliers méthodologie L3". Il vise à

développer chez les étudiants des connaissances transversales spécifiques au monde de la recherche, qui sont peu abordées au sein des enseignements de spécialité. Ce module couvre les champs de la communication orale et écrite en sciences en langue anglaise, le processus de publication d'un article, ainsi que de l'organisation de la recherche en France et à l'étranger. Il intègre également des séances permettant d'accompagner certaines démarches administratives à l'ENS comme la recherche de stages à l'étranger.

Il se déroule sur une dizaine de séances d'une heure + du travail personnel.

Code: BIO-M1-D03-S2

Stage long (5 mois) à l'étranger

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 24

Responsable : MICHEL Éric

Autres enseignants : DUMOULIN Andréa

Type d'enseignement : Stage

Volume horaire : 5 mois

Il s'agit d'un stage en laboratoire leur permettant d'approfondir leur connaissance du fonctionnement d'un laboratoire de recherche. D'une durée de 4 mois minimum, il s'effectue à l'étranger de début février à début juin. Un rapport écrit de 20 pages et une soutenance orale ayant lieu fin juin permettent la validation du stage c'est à dire 24 ECTS. Ce stage donne une vision de la recherche hors du système Français et donc un élément de comparaison avec le système qu'ils ont connu jusque là.

Code: BIO-M1-D04-S2

Stage court (3 mois) en France

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 18

Responsable : MICHEL Éric

Autres enseignants : DUMOULIN Andréa

Type d'enseignement : *Stage*

Volume horaire : 3 mois

Il s'agit d'un stage en laboratoire leur permettant d'approfondir leur connaissance du fonctionnement d'un laboratoire de recherche. D'une durée de 3 mois minimum, il s'effectue en France entre début février et début juin. Un rapport écrit de 20 pages et une soutenance orale ayant lieu dans la deuxième quinzaine de juin permettent la validation du stage c'est à dire 18 ECTS. Ce stage donne une vision de la recherche dans le système Français.

Code: BIO-M1-D05-S2

Module d'ouverture ou de spécialisation

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : DE ROSA Renaud

Type d'enseignement : cours /TD

Module de 6 ECTS à suivre hors département de Biologie (à l'ENS ou dans un établissement partenaire). Au choix de l'étudiant, après concertation avec le responsable du M1.

Code: BIO-M1-D08-S2

Module de spécialisation ou de projet (à l'étranger)

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : DE ROSA Renaud

Type d'enseignement : *cours /TD*

L'UE "Projet" a pour but de permettre aux étudiants de M1 de valider des crédits pour le diplôme pendant leur stage à l'étranger au second semestre.

Elle consiste en la rédaction d'un projet de recherche original, sur des bases bibliographiques. De niveau M2, mais clairement distinct à la fois de leur projet de stage de M1 et du projet envisagé pour leur M2 de l'étudiant, ce projet est défendu par l'étudiant devant un jury.

Code: BIO-M2-E01-S1

Module de remise à niveau mathématiques et programmation / Mathematics and programming training

Niveau : M2

Semestre: S1, ECTS: 0

Responsable: THOMAS-CHOLLIER Morgane

Autres enseignants : moniteurs

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire: 30h

This refresher course aims at providing the students the opportunity to update their knowledge in maths and informatics (programming) during the first week of the new term. The first day includes an introduction to the working environment at ENS, necessary for the newly arrived students.

Themes:

1. WORKING ENVIRONMENT:

The computer room is equipped with machines running under the Linux environment (Ubuntu). The students will learn how to use the command line.

2. INFORMATICS:

Students will work with Python, a simple and powerful programming language. We recommend several readings before the course.

For the start of new term, the aim would be to have understood the various types of data (especially lists and dictionaries), to be able to write a function (notion of local and global variables), be able to use modules, and understand how to read and to write in a file (module sys and os).

3. MATHEMATICS:

For the course, basic notions in linear algebra will be useful (matrices, eigenvectors, eigenvalues) in analysis (derivatives, differential equations), and in probability / statistics. It would also be necessary to know how to integrate numerically a system of differential equations. Adapted material/readings will be recommended.

Organization:

The students are divided into 2 groups, with informatics and maths tutorial classes in mornings and afternoons alternatively. It is possible to follow only one training (maths or informatics).

Code: BIO-M2-E02-S1

Réseaux génétiques : analyses de données de génomiques fonctionnelles / High-throughput data analysis for genomics

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : LE CROM Stéphane

Autres enseignants : LELANDAIS Gaëlle

Type d'enseignement : *cours / TD*

Volume horaire: 30h

The aim of this course is to understand and handle various data format that are available from high throughput sequencing techniques in genomics.

This course allows students to better appreciate the limits and drawbacks of high throughput genomics datasets.

Themes:

The course introduces high throughput sequencing techniques and their applications in genomics. It focuses on the analysis of gene expression studies and covers the most important bioinformatics and statistical concepts to delineate differentially expressed genes.

Computer-training sessions make use of open source software like R programming language, MeV (MultiExperiment Viewer) and IGV (Integrative Genomics Viewer).

The course covers the following fields: data quality analysis, reading maps on a reference genome, read alignment visualization, data normalization, statistical differential analysis, functional annotation and expression network visualization.

Organization:

The course is organized over one week, with classes during the morning, computer-training sessions in the afternoon and some analysis workshops.

Code: BIO-M2-E03-S1

Réseaux génétiques : modélisation dynamique des réseaux cellulaires / Dynamical modelling of cellular regulatory networks

31

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS: 3

Responsables : Vincent HAKIM & Denis THIEFFRY

Autres enseignants : Gregory BATT, Hidde DE JONG, Aleksandra WALCSAK

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h

Aim:

Mastering of concepts, methods and software tools for the modeling of cellular regulatory networks (signaling pathways, gene networks).

Themes:

- Logical modeling of cellular networks
- ODE-base modeling of gene circuits
- Piecewise linear models of gene networks
- Stochastic effects on gene expression and single cell simulations
- Dynamical modeling and control methods for synthetic biology

Organization:

The course is organized over one week, with classes in the mornings and computer tutorials in the afternoons. The evaluation is based on written reports and on an oral presentation.

Code: BIO-M2-E04-S1

Microscopie optique : principes et applications en neurosciences / Optical Microscopy: principles and applications in Neurosciences

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : COLLIN Olivier

Autres enseignants : DIEUDONNE Stéphane, BOURDIEU Laurent, DUMOULIN Andréa

Type d'enseignement : *cours /atelier pratiques*

Volume horaire: 60h

Through theoretical courses and hands-on sessions, the aim of this course is to teach the neuroscience student basic and advanced techniques in neuronal imaging and their application to the study of neuroscience.

The course is organized over two weeks.

The first week is dedicated to lectures covering the principles of optical microscopy, and a range of classical and advanced techniques in microscopy and their applications in neurosciences.

The second week is dedicated to the hands-on workshops. It starts with a full-day session disassembling and assembling an upright microscope, before moving to sessions in small groups carried in research labs and directly related to the lectures of the first week (super-resolution, PALM-STORM, SPT, light-sheet imaging).

Code: BIO-M2-E05-S1

Ecosystèmes cellulaires : de la modélisation aux traitements thérapeutiques / Cellular ecosystems: from modeling to medicine

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : DEVAUX Frédéric

Autres enseignants : ZINOVYEV Andrei, Curie Institute

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : 30h

Aims:

This course will present the applications of systems biology to topics related to human health. Several internationally renowned researchers will present their works aiming at providing integrative and/or quantitative views of complex human diseases, including cancer, obesity, immunity, etc...

Themes:

Transcriptomics of obesity

Modelling of immune system differentiation and functioning

Metagenomics of nutrition

Microfluidic devices for cancer research

Systemic approaches of oncogenesis

Tumor classifiers and cancer diagnosis

Genome-wide association studies and deep sequencing

Organization:

The course is one week long with 8-10 conferences which take place at ENS Paris.

Code: BIO-M2-E06-S1

Machineries cellulaires et régulation de l'expression génomique et épigénomique / Cellular machineries and regulation of gene expression

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : CARLES Christophe

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire: 30h

Aims:

This teaching unit presents recent data about multimeric complexes involved in chromatin structure and epigenetic modifications, and in regulation of gene expression.

Themes:

Structure and dynamics of chromatin modification complexes and of regulation of gene expression

Organization: The teaching unit will be organized over one week, with morning and afternoon classes.

Code: BIO-M2-E08-S1

Neurophysiologie / Neurophysiology

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : CASADO Mariano

Autres enseignants : LAMBERT Régis

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire: 120h

Aims

This course aims at providing a complete theoretical and practical grounding in the electronic and optical techniques underlying modern research in Neurophysiology.

Themes

Neurons are excitable cells that "express" themselves mainly through electrical signals. These signals (membrane potential changes, current flow through ion channels ...) take place on a very fast time scale, of the order of milliseconds. The nature and speed of these signals impose strong constraints on experimental approaches for studying the physiology of neurons. The two disciplines best adapted to the requirements of Neurophysiology are electrophysiology and cellular imaging techniques. Both aspects will be treated in this course.

Organization

During the course, students will use existing experimental facilities at the ENS and UPMC, but they will also assemble experimental setups adapted to the different planned experiments for themselves. They will perform pilot experiments and analyze data.

Code: BIO-M2-E15-S1

Tutorats interdisciplinaires de neurosciences / Interdisciplinary tutorials in neurosciences (TINS)

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : BARBOUR Boris

Autres enseignants : HAKIM Vincent, BRETTE Romain

Volume horaire: 60h (6 h lecture, 54 h personal work)

Aims:

In depth study of a research topic related to neuronal networks, based on literature analysis, optional modelling, and close supervision by both a theoretician and an experimental researchers.

Themes:

Understanding the brain will require the development of effective abstractions and simplifications of its complexity. Research in this field is active at the interface between theoretical and experimental neuroscience. This module offers insight into such interdisciplinary research in a tutorial setting with active theoretical and experimental neuroscientists. Students should be motivated by interdisciplinary approaches in Neuroscience and be capable of benefiting from both theoretical and experimental aspects of neuroscience research.

Organization:

Method: Supervised bibliographical analysis, discussion with mentors, possible data mining and analysis, and modeling.

Code: BIO-M2-E09-S1

Bases génétiques des variations phénotypiques / Genetic basis of phenotypic variation

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : FELIX Marie-Anne

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire: 30h

Prerequisite: basic courses in quantitative and population genetics (for example "Genomes & Phenotypes" and "Evolutionary Genetics" in the ENS M1 curriculum, or the equivalent elsewhere)

Aims:

This course will cover current questions and approaches in the genetic and genomic analysis of phenotypic variation in evolution. The intended participants are students engaged in an evolution and ecology curriculum as well as students specializing in laboratory biology (genetics/genomics, developmental biology, cell systems biology).

Themes:

Quantitative genetics and genomics, QTL analysis, environment, epistasis. Model and non-model organisms.

Organization:

The course will run for one week, with lectures in the morning and tutorials/discussions in the afternoon.

Code: BIO-M2-E10-S1

Génomique fonctionnelle et évolutive / Functional and evolutionary genomics

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : ROEST-CROLLIUS Hugues

Type d'enseignement: cours /TD

Volume horaire: 30 h

Aims:

Students will become familiar with concepts of molecular evolution in the context of functional genomics and genome evolution. The course will include critical discussions on the technologies and bioinformatics methods that enable biological conclusions to be drawn from large genome wide datasets. Problems will be illustrated with classical and recent applications in the fields of genome analysis of modern and ancient humans, and comparative analysis of animal and plant genomes.

The main topics will be approached both using formal background reviews and illustration by selected speakers from the research community. Students will gain a practical experience in the interpretation of large datasets.



Themes:

The course will cover systematic studies of the function of genomic DNA (ex: ENCODE project), the evolution of vertebrate and plant gene repertoire, the genomic and paleogenomic aspects of human genome variability through the study of projects such as HapMap, the 1000 Genome Project, the Neanderthal genome, etc.

The principles underlying the identification of episodes of positive selection in the history of a population or species will be covered, as well as genome wide studies on the identification of conserved non-coding elements and their function (cis-regulatory enhancers, non-coding RNAs, etc).

Examples from recent publications will be examined with the students and critically appraised. Practical sessions will rely on open source software, including the Galaxy platform and on the writing of small programs in a script language.

Organisation:

This course is organised as one full week, generally with formal presentations in the morning, and research seminars or practical sessions in the afternoon.

Code: BIO-M2-E17-S1

Évolution expérimentale / Experimental Evolution

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Henrique TEOTONIO

Type d'enseignement: *cours /TD*

Volume horaire: 50h

Aims:

The students will be introduced to current evolutionary theory and the experimental approaches that aim to test it. The course will start with an historical introduction to experimental evolution and issues of statistical design. World-renowned scientists will give lectures on quantitative genetics, the evolution of sexuality and the genetic basis of adaptation. Lectures will be complemented with computer projects on the analysis of experimental population genomics data with R. The course will be designed to maximize interactions between the students and the teaching staff and will require a major investment of the students in terms of independent work.

Themes:

The course will have lectures on multilevel selection, population structure and the emergence of microbial communities, frequency and density dependent selection in constant and fluctuating environments. The course will cover the notions of epistasis, pleiotropy and redundancy in the context of gene networks. The concepts of adaptive, fitness and phenotype landscapes will also be covered. Students will be able to model the effects of genetic drift, purifying, positive and balancing selection on genome-wide genotype data while taking into account recombination rates and breeding mode. The statistics of heterozygosity, inbreeding, linkage and identity disequilibrium will also be covered.

Organisation:

This course is organised as one full week, with lectures and research seminars in the morning, and practical sessions in the afternoons. Students are expected to present to the faculty the

results of the computer work done during the week. On the last day, students will be evaluated for their performance during the course.

Code: BIO-M2-E16-S1

Analyse des régions cis-régulatrices / Computational analysis of cis-regulatory sequences

Niveau : M2

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable: THOMAS-CHOLLIER Morgane

Autres enseignants: Sebastiaan Meijsing (MPIMG, Berlin, Germany), Samuel Collombet

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire: 30h

Aims:

Mastering of concepts and software tools for the analysis of cis-regulatory sequences. Statistical evaluation of predictions (negative and positive controls, sensitivity, predictive value). Practical experience of the analysis of high-throughput datasets.

Themes:

This teaching unit introduces the main computational methods for the detection of cis-regulatory elements in genomic sequences. It will cover the main bioinformatic and statistical concepts enabling the discovery of motifs and their location in sets of functionally related nucleic sequence.

Computer tutorials will make use of free software, including the software suite RSAT (Regulatory Sequence Analysis Tools).

Several applications will be considered: discovery of motifs in the sequences of promoters driving co-expressed genes; discovery of cis-regulatory motifs in collections of ChIP-seq peaks for different transcription factors in mammals and other organisms, etc.

Organization:

The teaching will be organised over one week, with hands-on sessions, in addition to a practical, personal project.

This course is a sequel to the course "High-throughput data analysis for genomics". In practice, it is highly recommended to enroll in this course as well, as it presents some introductory concepts (firsts steps of high-throughput sequencing data processing) that are considered as prerequisites for the present course.

Code: BIO-M2-E18-S1

Frontiers in Microbial Systems

Niveau : M2

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable: TRAN VAN Nhieu Guy (CIRB)

Autres enseignants: Lionel Navarro, Alice Lebreton (IBENS)

Type d'enseignement : *cours*

Volume horaire : 30h

Aims: Introduction to microbial systems for which the development of diverse and recent approaches (genome wide, single cell imaging, biophysical, modeling) has revealed key aspects of biology.

Themes:

- Bacterial cell cycle and development (coordinator : Olivier Espéli)
- Microbial systems and communities (coordinator : Alice Lebreton)
- Bacterial pathogens and diversion of host innate defenses (coordinator : Lionel Navarro)
- Biophysical approaches to bacterial virulence (coordinator : Guy Tran Van Nhieu)

Organization:

The course is organized over one week. It will be divided in series of four lectures falling in the proposed themes, with one theme per day. One day will be dedicated to an oral synopsis of lectures by pairs of students, followed by questions. Each student will be proposed to analyze an article related to the different theme and to provide a written report of this analysis within the next two weeks following the course

Code: BIO-M2-E03-S1

NOUVEAU

Écologie expérimentale / Experimental Ecology

Niveau: M2

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsables: Silvia De Monte

Autres enseignants : Corina Tarnita, Rob Pringle, Francois Le Gaillard

Type d'enseignement :

Volume horaire : 30h

Aim:

The course provides an overview of mechanistic approaches to the dynamics of biological populations. The accent will be set on theoretical models for ecology and their qualitative and quantitative test.

Themes:

The course presents a series of topics in ecology and eco-evolutionary dynamics.

Focusing primarily on quantification and prediction of ecological determinants, the course will discuss the correspondence between theoretical predictions and observations derived from controlled experiments.

The teaching will be complemented by a hands-on experience on microbial populations, in the form of simple experiments conducted on paradigmatic organisms, bacterial or eukaryotes.

Organization:

Morning: Lectures

Afternoon: Lab activity/data analysis

Code : BIO-M2-E11-S1

Dynamiques adaptatives / Adaptive Dynamics Modeling

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : FERRIERE Régis

Autres enseignants : CLAESSEN David



Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire: 30h

Aims:

Understanding the adaptive dynamics approach to model the interaction between ecological and evolutionary processes. Mastering the concepts, mathematics, and computational tools in so as to be able to construct and analyse models and apply these models to answer biological questions.

Themes:

Adaptive dynamics modeling has become the dominant theoretical framework for 'Darwinian ecology', i.e. the investigation of how evolution shapes the structure of ecological interactions and influences ecological processes within and between biological populations. The course will present the key concepts that are underlying the adaptive dynamics approach : environmental feedback loop, invasion fitness, evolutionary singularity, evolutionary stability, evolutionary branching, evolutionary suicide, pairwise invasibility plots and canonical equations. The general framework will be applied to study the eco-evolutionary dynamics of populations competing for resources, predator-prey interactions, and mutualistic systems. Hands-on tutorial sessions will make use of the software ZEN for simulations of the adaptive dynamics of specific examples. Enrolled students are expected to have some experience with population and community modeling. There are no prerequisites in populations genetics.

Organization:

This is a one-week intensive course, mornings and afternoons included. Lecture-style presentations will be complemented by computer-based tutorials. Three 3-hour sessions will be devoted to individual projects (under the instructors' supervision) involving the design and numerical implementation of simple models. Evaluation will be made on the basis of the presentation of the individual projects at the end of the week.

Code: BIO-M2-E12-S1

Dynamiques des populations structurées / Structured Population Modeling

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : CLAESSEN David

Autres enseignants : CAZELLES Bernard

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire: 60h

Aims:

Acquiring the biological and mathematical principles to model the dynamics of structured populations. Applying these principles to the construction and analysis (mathematical, numerical) of models motivated by specific biological questions.

Themes:

The physiological or developmental state of individuals is an intrinsic cause of structuring in all populations. When physiological or developmental differences between individuals translate

into differences in their birth and death rates, the temporal and spatial dynamics of the population as a whole cannot be understood without taking that structure into account. This course presents the biological concepts and mathematical tools needed to model the dynamics of structured populations. The emphasis is set on structure defined by body size (individuals move across the population structure by growth) or infectious stage (individuals move across the population structure as they interact with a pathogen). Specific notions addressed in the course are: dynamic energy budget, allometries and metabolic theory of ecology, consumer-resource dynamics, escalator boxtrain model, SEIR models, disease prevalence, epidemics and R_0 threshold theory.

Computer-based sessions will provide an introduction to simulation tools such as the EBT software and to Bayesian inference methods as MCMC. A significant fraction of classroom time will be devoted to hands-on, individual projects. Enrolled students are expected to have some experience with population and community modeling.

Organization:

Two-week intensive course, mornings and afternoons included. Lecture-style presentations will be complemented by computer-based tutorials. About 50% of the course time will be devoted to individual projects (under the instructors' supervision) involving the design and numerical implementation of simple models. Evaluation will be made on the basis of the presentation of the individual projects at the end of the course period.

Code: BIO-M2-E13-S1

Modélisation de la physiologie neuronale et des réseaux / Modeling neuronal cell and networks

Niveau: M2

Semestre: S1, ECTS: 6

Responsable : HOLCMAN David

Type d'enseignement: *cours* /TD

Volume horaire: 45h

One course per week, on Wednesday (10:30 to 13:30) from October to February

Themes:

- Brownian motion, Ito calculus. Dynkins equation, Fokker-Planck equation, short and long time asymptotics, ray methods.
- Mean first passage time Equations, conditional MFPT, distribution of exit points.
- Escape in dimension 1: Smooth and sharp potential barrier.
- Jump processes. Approximation by continued fraction.
- The small hole theory, no potential, with an attracting and a repulsive potential. The case of one and several holes.
- Minimization of MFPT, consequence hole distribution. MFPT in random environments.
- Narrow escape time for a switching particle. Homogenisation theory with many small holes.
- Direstrait time and conformal mappings. sum of MFPTs : Greens function identities (Dendritic spine laws: micro chambers).
- Modeling diffusion of shaped object, law of reflection, polymer dynamics using Rouse model.
- Aggregation-dissociation of telomeres, formation and stability of the telomere cluster. Mean encounter time, Markov description of clusters. Dissociation scenario of cluster.
- Recurrent time of 2 telomeres, dissociation time from a cluster. Asymptotic estimations.

- Dynamics of diffusion of chromosomes and polymers. Stochastic dynamics of anisotropic objects in confined microdomains.
- Gene activation by transcription factors.
- Dynamics of the double strand DNA break repair.

Code: BIO-M2-E07-S2

Atelier de morphogénèse / Multidisciplinary approach to plant and animal morphogenesis

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : LEMAIRE Patrick

Autres enseignants : Patrick Charnay, Biology Department, ENS

Type d'enseignement : *cours /TD, séminaire*

Volume horaire: 40h

Aims:

This course, organized as a workshop, takes place in early spring outside Paris (in the Montpellier area in 2012, 2013 and 2014). It aims to familiarize students with concepts and current issues in interdisciplinary research in the field of developmental morphogenesis in plants and animals. In addition to morning lectures from a broad range of speakers, students will be introduced to mathematical simulations in the afternoon.

Themes:

This module explores the molecular, cellular and evolutionary mechanisms that determine embryonic shape and its dynamics (morphogenesis) in plants and animals. It will illustrate in particular how experimental and computational approaches complement each other.

Examples of topics covered: physical, embryological and genetic approaches to morphogenesis, transcriptional control of morphogenesis, transcriptional bases of the formation and evolution of gene expression patterns, evolutionary plasticity of developmental programs, cellular dynamics and tissue mechanics during animal and plant morphogenesis, generation and transmission of forces at subcellular and tissue levels..

Organization:

Organized over one week, with classes in the morning and computational simulation projects in the afternoon. It takes place outside Paris and students are housed on site. Evaluation will be made on the basis of a group presentation of a simulation mini-project.

Code: BIO-M2-E14-S2

Stage long en laboratoire / Laboratory training

Niveau: M2

Semestre: S2, ECTS: 30

Responsable: CHARNAY Patrick

Autres enseignants: THIEFFRY Denis, DEVAUX Frédéric, BARBOUR Boris, DUMOULIN Andrea, FERRIERE Régis, FELIX Marie-Anne

Type d'enseignement : *Stage*

Volume horaire : 5 mois minimum

This consists of practical laboratory training of at least 5 months. According to the options chosen by the student, it can start between the beginning of November and the beginning of January, by the latest.



Choice of the laboratory:

- The host lab is chosen together with the teaching staff, among our partner laboratories. Internship in non-partner laboratories may be exceptionally arranged in agreement with the teaching staff.

Evaluation of the laboratory training:

A written report followed by an oral presentation at the end of June.

Code: BIO-IN-G02-S1

Introduction aux sciences du vivant

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable : CHARNAY Patrick

Autres enseignants : THOMAS-CHOLLIER Morgane, FERRIERE Régis

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : 40h cours/TD

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours d'introduction vise à permettre à des non-biologistes de s'approprier les connaissances fondamentales nécessaires à toute compréhension des modes d'organisation et de fonctionnement du vivant. Les principaux objectifs sont les suivants :

- permettre une compréhension en profondeur de ce qui fait l'unité et la diversité du vivant
- donner les informations essentielles sur la machinerie centrale, responsable des phénomènes d'hérédité et d'adaptation, et sur ses mécanismes de contrôle et de dérèglement
- illustrer sur quelques exemples les méthodologies qui permettent de constituer ce savoir, et leurs limites

Cet enseignement éclaire la spécificité de la biologie en tant que science, et des conférences permettent d'identifier quelques frontières actuelles en biologie.

Prérequis : aucun

Code: BIO-IN-G03-S2

Biologie moléculaire de la cellule

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS: 6

Responsable : LEBRETON Alice

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : 30h cours / 30h TD

Ce cours a pour mission de sensibiliser les élèves et étudiants non biologistes de l'ENS aux concepts et méthodes d'étude clefs en biologie moléculaire de la cellule. Nous espérons favoriser

l'émergence de scientifiques transdisciplinaires, intéressés aux recherches actuelles en sciences du vivant qui naviguent souvent aux frontières de la chimie, de la physique, des mathématiques, de l'informatique, des études cognitives et des géosciences.

Prérequis : Cours de S1 " Introduction aux sciences du vivant "

Code: BIO-IN-G05-S2

Groupe de Lecture Modélisation des systèmes biologiques

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS: 12

Responsable : THIEFFRY Denis

Autres enseignants : VEBER Amandine, FERRIERE Régis

Type d'enseignement : *TD*

Volume horaire : 60h

Reprenant les thèmes du cours de premier semestre "Systèmes Biologiques : Bases et Formalismes", l'objectif du groupe de lecture est d'approfondir l'étude des concepts et des théories mathématiques développés pour la modélisation et l'analyse des systèmes biologiques, du niveau des biomolécules au niveau des écosystèmes.

Le groupe de lecture est organisé autour de l'étude, de la présentation et de la discussion d'articles importants à l'interface mathématiques-biologie.

Prérequis : Cours de S1 " Introduction aux sciences du vivant "

Code: BIO-IN-G06-S2

Stage long en mathématiques-biologie

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS: variable suivant la durée

Responsable : FERRIERE Régis

Autres enseignants : THIEFFRY Denis

Type d'enseignement : *Stage*

Volume horaire :

Stage de recherche, effectué dans un laboratoire de mathématiques ou de biologie. Il s'agit d'un stage de mathématiques portant sur un sujet d'interface motivé par ou appliqué à un problème biologique. Le stage fera l'objet d'un co-encadrement par deux responsables (mathématiques et biologie). Il donnera lieu en fin d'année à la rédaction d'un rapport et à une soutenance orale.

Prérequis : Introduction aux sciences du vivant + Groupe de Lecture "Modélisation des systèmes biologiques"

Code: BIO-IN-G07-S1

Mini projet de modélisation en laboratoire de biologie

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS: 12

Responsable : THIEFFRY Denis

Autres enseignants : FERRIERE Régis

Volume horaire : TPE équival. 60h.

Ce mini projet vise à acquérir une expérience de la modélisation par une insertion dans une équipe de chercheurs biologistes. Le projet sera accueilli par un laboratoire de biologie du LABEX MEMOLIFE (ENS, Collège de France, ESPCI, Institut Curie). Chaque étudiant travaillera dans son équipe d'accueil durant le créneau hebdomadaire réservé à cette activité.

L'identification du laboratoire d'accueil, de l'encadrant biologiste et d'un référent mathématicien se fera en début d'année en concertation avec Régis Ferrière et Denis Thieffry.

A l'issue des quatre premières semaines, une présentation orale du sujet et de son approche permettra d'assurer le cadrage du projet.

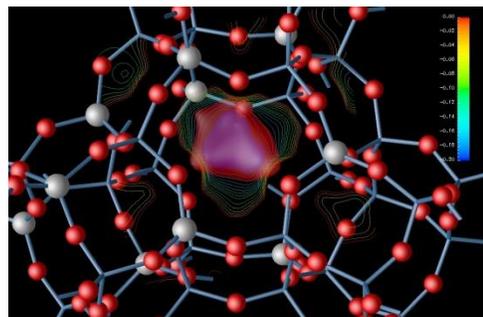
L'ensemble du travail fait l'objet d'un rapport de fin de projet, évalué par l'encadrant biologiste, par le référent mathématicien et par Régis Ferrière ou Denis Thieffry selon la spécialité du sujet.

Prérequis : Introduction aux sciences du vivant + Groupe de Lecture "Modélisation des systèmes biologiques".

Département de Chimie

Site Web: <http://www.chimie.ens.fr/>
Adresse : ENS – Département de chimie –
24, rue Lhomond - 75005 Paris

Directrice : Anne Boutin
Contact : Clotilde Policar
Clotilde.policar@ens.fr



44

Le département de chimie de l'ENS offre une formation généraliste au plus haut niveau en chimie à destination d'étudiants désirant s'orienter en particulier vers les métiers de la recherche et de l'enseignement supérieur, mais également dans le milieu industriel.

Cette formation Licence 3 / Master s'adresse aux normaliens élèves admis au concours d'entrée à l'ENS, à des normaliens étudiants issus des Classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) ou des L2 et des L3 des universités françaises ou étrangères sélectionnés sur dossier et entretien.

L'emploi du temps a été ajusté afin de permettre de suivre en L3 un cursus mixte entre les départements de chimie et de physique avec une spécialisation, soit en chimie soit en physique en M1.

LA FORMATION PREDOCTORALE

Une formation en trois ans sanctionnée par un diplôme d'établissement, le diplôme de l'ENS

- Les étudiants suivent, pendant trois ans, un enseignement de haut niveau effectué principalement à l'ENS et en partenariat avec l'université Pierre et Marie Curie (Paris 6). La validation de 60 ECTS en première année leur permet d'obtenir **un diplôme de L3**, et celle de 120 ECTS en deuxième et troisième année un **master**. En acquérant des ECTS supplémentaires sur leurs 3 années de formation à l'ENS, les étudiants valident le **diplôme de l'ENS**, avec la possibilité de la mention d'une mineure dans une discipline autre que la chimie.

Une formation conceptuelle du plus haut niveau en chimie contemporaine avec des ouvertures pluridisciplinaires

- Une formation en chimie avec un contenu conceptuel fort et une couverture large du spectre de la chimie actuelle : chimie moléculaire, chimie physique, chimie théorique.

Première année (L3) : socle fondamental, apprentissage des concepts de base

Deuxième année (M1) : approfondissement et début de spécialisation (parcours modulaire)

Troisième année (M2) : M2 recherche

- Une ouverture aux disciplines connexes (physique, biologie, géosciences) intégrée au cursus et un large choix d'enseignements complémentaires dans les autres départements de l'ENS (langues, lettres, histoire, arts, philosophie...)

Une formation ouverte à la recherche et à l'enseignement supérieur

- Formation conceptuelle au plus haut niveau
- Un contexte d'émancipation pour les étudiants considérés comme chercheurs en formation
- La possibilité d'une formation pluridisciplinaire
- La possibilité de préparer le concours de l'agrégation

Une formation par la recherche (stages en laboratoire)

- 1 stage découverte de 1 semaine en première année, premier semestre, extensible par une immersion en laboratoire au second semestre
- 1 stage de recherche de 6 semaines en première année, deuxième semestre
- 1 stage long (5 mois) en deuxième année, le plus souvent dans un laboratoire étranger
- 1 stage de recherche en troisième année dans le cadre d'un M2 recherche
- Travail sur articles scientifiques, recherche bibliographique
- Séminaires de recherche
- Ateliers et formation expérimentale

Une interaction forte avec les enseignants-chercheurs français et étrangers

- Séminaires de recherche interactifs
- Tutorat et préceptorat scientifique
- Projets expérimentaux au contact des équipes de recherche du département
- Taux d'encadrement élevé (plus de 2 enseignants/étudiant en moyenne)
- Cours ou conférences donnés par des professeurs invités étrangers

Un parcours personnalisé

- Parcours à la carte en deuxième et troisième années avec suivi pédagogique par un tuteur : chaque élève construit un projet pédagogique propre.
- Un minimum de 24 ECTS d'enseignement supplémentaire à choisir librement parmi l'ensemble de l'offre proposée par les autres départements de l'ENS (biologie, physique, langues, philosophie, économie, etc.)

Un contexte d'émancipation intellectuelle et de maturation scientifique

- Un emploi du temps laissant place à du temps libre pour le travail personnel, la lecture d'ouvrages et d'articles, le suivi de cours dans d'autres départements
- Un contact permanent avec les chercheurs et les laboratoires de recherche

Lisibilité et ouverture internationale

- Programme sur chapitres de livres anglophones de référence
- Stage long en laboratoire étranger en deuxième année
- Accueil d'étudiants étrangers
- Une partie des enseignements dispensée en anglais
- Cours-séminaires de professeurs étrangers

LES ENSEIGNEMENTS

Code: CHIM-L3-A01-S1

Chimie quantique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Rodolphe Vuilleumier

Volume horaire : 40 h

Présentation pédagogique

La mécanique quantique, qui permet la description du comportement des particules à l'échelle microscopique, se retrouve dans de nombreux domaines de la chimie : description des nuages électroniques autour des atomes, description des liaisons chimiques, transferts de proton, fractionnement isotopique, interaction matière rayonnement... Cet enseignement est une introduction aux concepts et aux fondements de la mécanique quantique. Les concepts introduits dans ce cours seront mis en oeuvre dans les autres modules. Il sera suivi du cours "Spectroscopies".

Programme :

1. Origine des concepts de la mécanique quantique
2. Fonction d'onde - Équation de Schrödinger
3. Postulats de la mécanique quantique
4. Oscillateur harmonique
5. Théorie des perturbations
6. Moment cinétique – particule dans potentiel central
7. Atome d'hydrogène
8. Spin – Systèmes à plusieurs électrons – Atome d'Hélium

Bibliographie

Albert Messiah, Mécanique quantique (Dunod, 2003), tomes 1 et 2

Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, Franck Laloë, Mécanique quantique (Hermann, 1997), tomes 1 et 2

Code: CHIM-L3-A11-S1

Chimie orbitale

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jérôme Delacotte

Volume : 40 h

Présentation pédagogique

L'enseignement de chimie orbitale vise à établir la structure électronique des molécules à l'aide de la théorie des Orbitales Moléculaires. Cette théorie, bien que simple à mettre en œuvre, permet de comprendre de nombreux aspects de la structure et de la réactivité des molécules. Ce cours se compose de deux parties : (i) calcul et principe de construction des orbitales moléculaires; (ii) application à la description de la structure et de la réactivité des molécules.

Programme

1. Introduction historique
2. Calcul de la structure électronique de molécules polyatomiques
atome polyélectronique, orbitales atomiques, orbitales moléculaires, interaction sur deux centres, symétrie moléculaire, fragments H_n et AH_n , méthodes de Hückel simple et étendue.
3. Applications à la description des structures et de la réactivité
Diagrammes de corrélation, hyperconjugaison, approximation des orbitales frontières, complexes des métaux de transition, effet Jahn-Teller

Bibliographie

Structure électronique des molécules, Tomes 1 et 2 ; Y. Jean et F. Volatron, (Dunod, 2003)
Les orbitales moléculaires dans les complexes; Y. Jean, (Ed. École Polytechnique, 2003)
Molecular quantum mechanics, P. Atkins and R. Friedman (Oxford Univ. Press)
Éléments de chimie quantique à l'usage des chimistes, J.L. Rivail (EDP sciences)

Code: CHIM-L3-A03-S1

Thermodynamique statistique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Anne Boutin

Volume total : 40 h

Présentation pédagogique

Cet enseignement présente les fondements conceptuels de la relation entre les mondes microscopique et macroscopique. L'accent est mis sur les propriétés de la matière condensée : fluides moléculaires et fluides chargés. Régulièrement, nous ferons le lien entre modèle analytique et numérique et réaliserons des simulations sur les notions abordées.

Programme

1. Notion d'ensemble statistique — L'ensemble canonique — Autres ensembles
2. Application aux systèmes « dilués » — Statistique de Boltzmann
3. L'approximation classique
4. Thermodynamique statistique des états de la matière moléculaire.
5. Approche analytique
6. Approche numérique
7. Introduction aux méthodes de simulation moléculaire

Bibliographie

Donald A. McQuarrie, Statistical Mechanics, Harper Collins Publisher, ISBN 06-044369-9
Chapitres 1, 2, 3, et 5.

R. Gaboriaud et coll., Thermodynamique appliquée à la chimie des solutions, Ellipses
Chapitres VII, VIII et IX, pour les mélanges, écarts à l'idéalité.

H. H. Girault, Électrochimie physique et analytique, Presses polytechniques et universitaires
romande (Chapitres 3, 4 et 5 pour les solutions ioniques et le transport dans ces systèmes)

P. Atkins et coll., Chimie Physique, Ed. De Boeck



Code: CHIM-L3-A10-S1

Chimie Organique I

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jean-Bernard Baudin

Volume : 40 heures

Présentation pédagogique

Travail personnel : la présentation du cours est accompagné d'un photocopié de cours, de fiches permettant la vérification des connaissances par auto-évaluation (QCM), d'indications de lectures complémentaires, d'exercices de niveaux gradués et d'annales. Les étudiants rencontreront l'enseignant (par groupe de 3-4) deux fois dans le semestre pour un suivi de leurs acquisitions. Les séances de travaux encadrés seront l'occasion de s'entraîner en groupe à l'analyse de questions mécanistiques.

Ce cours de chimie organique s'appuie sur les connaissances acquises en L1/L2 et souhaite être une étude raisonnée des principaux mécanismes réactionnels de la chimie organique. Ces mécanismes sont abordés en s'appuyant sur la méthode des orbitales frontalières. Nous analysons les quatre principaux processus (substitution, addition, élimination, transposition) et examinons leurs caractéristiques essentielles et leurs applications aux séquences mécanistiques. Une traversée des grands mécanismes (ioniques et concertés) permet de montrer la fécondité d'une telle approche. Ce cours doit permettre à l'étudiant de disposer d'outils généraux d'analyse des mécanismes pour aborder en deuxième semestre l'étude des mécanismes dans leur variété puis ultérieurement, les mécanismes mettant en jeu des hétéroéléments ou des intermédiaires de type radicalaire ou carbénique.

Programme

Présentation du parcours

Objectifs du cours

Brève histoire des mécanismes réactionnels

Classifications des mécanismes réactionnels

1. Principes fondamentaux de la réactivité chimique

1.1 Rappels – Définitions

1.2 Théories de la réaction chimique

1.3 Réactions complexes

1.4 Principe de microréversibilité

1.5 Postulat de Hammond

- 1.6 Sélectivités des réactions
- 1.7 Réaction photochimiques

- 2. Réaction chimique et orbitales moléculaires
 - 2.1 Position du problème
 - 2.2 La réaction chimique comme interaction
 - 2.3 Les orbitales frontalières
 - 2.4 Théorie des acides de PEARSON
 - 2.5 Applications de la méthode des orbitales frontalières
 - 2.6 Généralisation de la méthode des OF
 - 2.7 Limites du modèle

- 3. Stéréochimie et analyse conformationnelle
 - 3.1 Compléments de stéréochimie
 - 3.2 Compléments d'analyse conformationnelle
 - 3.3 Effets stéréoélectroniques
 - 3.4 Stéréochimie des réactions

- 4. Les liaisons chimiques
 - 4.1 Liaisons : rupture homolytique/hétérolytique
 - 4.2 Interaction des liaisons
 - 4.3 Réactions et propriétés des liaisons
 - 4.4 Liaisons avec l'hydrogène
 - 4.5 L'aromaticité

- 5. Réactions péricycliques
 - 5.1 Présentation
 - 5.2 Électrocyclisations
 - 5.3 Transpositions sigmatropiques
 - 5.4 Cycloadditions

- 6. Additions et éliminations
 - 6.1 Introduction
 - 6.2 Additions électrophiles
 - 6.3 Additions nucléophiles
 - 6.4 π -Éliminations

- 7. Substitutions
 - 7.1 Substitutions nucléophiles aliphatiques
 - 7.2 Participations et ions non classiques

- 8. Mécanismes séquentiels
 - 8.1 Substitutions électrophiles aromatiques
 - 8.2 Substitutions nucléophiles aromatiques
 - 8.3 Substitutions sur les dérivés carboxyliques

- Appendice
 - Analyser un mécanisme réactionnel
 - Écrire un mécanisme réactionnel
 - Bibliographie du cours (ouvrages fondamentaux et pour aller plus loin)

Bibliographie

F.A. Carey, R.J. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, Part A (Structure), Part B (Reactions)*, Plenum, 3e éd., 2007.

E.V. Anslyn and D.A. Dougherty, *Modern Physical Organic Chemistry*, University Science Books, 2009

I. Fleming, *Molecular Orbitals and Organic Chemical Reactions. Student Edition*, Wiley, 2009.

Code: CHIM-L3-xxx-S1

Enseignement expérimental

Niveau : L3

Semestre : S1 & S2, ECTS : 6 (S1) + 6 (S2)

Responsable : Hélène Bertand

Volume horaire : 80h (S1) + 60h (S2)

Présentation pédagogique

Cet enseignement a pour but de donner aux étudiants une formation expérimentale dans des domaines variés. Il comporte des séances de travaux expérimentaux, et des séances d'élaboration de démarche expérimentale. Des ateliers de découverte seront également proposés afin de présenter des équipements ou des techniques expérimentales spécifiques.

Présentation pédagogique S1

L'enseignement expérimental du premier semestre consiste à perfectionner les connaissances acquises en L1/L2 tout en découvrant de nouvelles techniques : synthèse sous atmosphère inerte, spectroscopie de fluorescence, chromatographie en phase gaz, voltampérométrie, etc ... L'objectif des séances est de développer une pratique plus autonome et exploratoire que lors des travaux pratiques traditionnels afin de se préparer au mieux pour les futurs stages de recherche : consultation de la bibliographie et des fiches de sécurité, tenue d'un cahier de laboratoire, mise en place de protocoles, analyses croisées ...

Programme S1

1. Série expérimentale rassemblant de la synthèse organique et inorganique ainsi que de l'analyse (spectroscopie d'absorption et d'émission, chromatographie, électrochimie, magnétisme ...)
2. Le numérique au service de la science ou l'expérience par ordinateur.
3. Atelier au sein de la gendarmerie scientifique

Présentation pédagogique S2 :

L'enseignement expérimental du second semestre a pour but de développer les qualités oratoires et pédagogiques des étudiants. Celles-ci, associées aux compétences expérimentales acquises au premier semestre, sont essentielles pour les futures présentations de stages et congrès. Les étudiants sont ainsi amenés à préparer et à réaliser une conférence expérimentale illustrant un domaine de la chimie.

Afin de prendre conscience de la diversité des techniques disponibles pour aborder une expérience, plusieurs ateliers sont également organisés. Ils consistent en la découverte et la démonstration d'appareils utilisés actuellement dans les laboratoires de recherche du département (microscope de fluorescence, microscope à force atomique, appareil de résonance magnétique nucléaire ...). Cette partie est également complétée par la visite d'un très grand instrument de recherche : le synchrotron SOLEIL.

Programme S2

1. Réalisation d'une conférence expérimentale
2. Ateliers autour de la RMN, fluorescence, microfluidique, AFM ...
3. Séances expérimentales associées à des cours : synthèse de colloïdes d'or, ferrofluide
4. Visite du synchrotron SOLEIL

Code: CHIM-L3-A08-S1

Outils mathématiques et numériques

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Rodolphe Vuilleumier

Volume horaire : 28h

Présentation pédagogique

Ce cours abordera différents outils mathématiques en vue d'applications dans le domaine de la chimie. Il débutera par un cours sur les groupes de symétrie moléculaire puis des rappels d'algèbre linéaire, des approfondissements en analyse et une introduction aux méthodes numériques. En plus des cours d'introduction, nous proposerons des projets individuels ou en binômes pour la découverte de méthodes spécifiques par l'écriture d'une page de type wiki sur un sujet donné.

Programme

1. Théorie des groupes
2. Algèbre linéaire
3. Analyse
4. Méthodes numériques

Bibliographie

Appel, Walter. 2008. "Mathématiques pour la physique et les physiciens !" (4e édition. Paris: H&K).

G. Arfken et H. Weber, "Mathematical Methods for Physicists", Int. Student Edition (Elsevier, Academic Press); ou "Essential Mathematical Methods for physicists" (Elsevier, Academic Press).

K. F. Ridley, M. P. Hobson et S. J. Bence, "Mathematical Methods for Physics and Engineering", Third Edition (Cambridge University Press, 2006).

Code: CHIM-L3-B03-S2

Chimie inorganique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Anna Proust

Volume horaire : 40 h

Programme

1. La notion de complexe en chimie inorganique

Ligands usuels ; classification des ligands ; ligands macrocycliques ; ligands carbonés (mode de coordination CO, alkyles, aryyles, complexes pi, carbènes, carbynes...)

Stéréochimie

Stabilité des complexes de coordination (série d'Irving-Williams, Théorie HSAB, Effet chélate - effet macrocyclique, applications)

2. L'interaction Metal-Ligand

Le modèle du champ cristallin : un modèle ionique, série spectrochimique et préférences stéréochimiques

Applications et limites de la règle des dix-huit électrons

Conséquences de la coordination du point de vue du ligand (changement de conformation, polarisation, exaltation d'acidité, exemples de l'activation du diazote, des complexes du dihydrogène)

3. Réactions en solution

3.1 Réactions de substitution (y compris complexes organométalliques (carbonyle))

Considérations générales, exemple des complexes plan-carrés et des complexes octaédriques, Réactions de photosubstitution

3.2 Réactions redox

Réactions par sphère externe, sphère interne

Réactions photo-redox

Complexes à valence mixte

Réactions d'addition oxydante / élimination réductrice

3.3 Réactions des ligands coordonnés

Attaques nucléophile / électrophile, Insertion-migration / élimination, réactivité des complexes alkyles et des complexes pi, illustration : mécanismes de quelques réactions d'intérêt industriel

Prérequis

Structures de Lewis, structure électronique de molécules simples, construites à partir des éléments du bloc p

Equilibres de complexation

Bibliographie

D. F. Shriver, P. W. Atkins, C. H. Langford, Inorganic Chemistry

J. E. Huheey, E. A. Keiter, R. L. Keiter, Inorganic Chemistry

C. J. Jones, d- and f-Block Chemistry, Tutorial Chemistry Texts, Royal Society of Chemistry

M. J. Winter, d-Block Chemistry, Oxford Chemistry Primers 27

D. Astruc, Chimie Organométallique, EDP sciences, 2000
M. Bochmann, Organometallics 1 et 2, Oxford Chemistry Primers N°12 et 13, 1994
Ch. Elschenbroich, A. Salzer, Organometallics, a concise introduction, VCH, 1992
Rob Toreki Organometallic Hyper TextBook, www.ilpi.com/organomet/index.html



Code: CHIM-L3-B05-S2

Chimie du solide

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Co-responsables : Corinne Chanéac - Olivier Durupthy

Volume horaire : 40h

Présentation pédagogique

Cet enseignement concerne la chimie de l'état solide, de la synthèse d'un composé jusqu'à l'élaboration et la mise en forme d'un matériau. Il explicite notamment la stratégie d'une synthèse selon l'application visée et les corrélations entre nature chimique, structure cristalline, structure électronique et propriétés des solides. Les outils de la cristallographie appliquée au solide inorganique sont introduits afin de décrire la symétrie d'un solide cristallisé et d'appréhender les aspects théoriques et pratiques de la diffraction des rayons X comme outil de détermination de structure.

Pré-requis : Chimie inorganique : Modèles de la liaison métal-ligand, de la structure des complexes de métaux de transition et théorie du champ cristallin ; Chimie quantique : Equation de Schrödinger, fonction d'onde et niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène ; Physique : Ondes planes progressive, interference d'un réseau de points en lumière monochromatique ; Mathématiques : théorie des groupes, notions d'espace réciproque, produits scalaire vectoriel et mixte.

Programme

1. Description du solide périodique — Bases de Cristallographie ; Diffraction des milieux cristallins
2. Les liaisons dans les solides — Les liaisons métallique, ionique, covalente et leurs limites
Quelques propriétés des matériaux — Propriétés électriques (piézoélectriques, ferroélectriques, semi-conducteurs)
3. Chimie des cations en solution aqueuse : de l'ion au solide — Précurseurs en solution : hydroxylation des cations ; Condensation des précurseurs en solution ; Complexation et condensation.
4. Élaboration et mise en forme de matériaux par chimie douce — Le procédé sol-gel et les matériaux basse température ; Application à l'élaboration de nanomatériaux ; Matériaux hybrides organiques-inorganiques ; Apport de la structuration des matériaux

Bibliographie

A. Ringbom, Les complexes en Chimie analytique, Dunod, Paris 1967
P. Souchay, Ions minéraux condensés, Masson, Paris 1969

J.P. Jolivet, De la solution à l'oxyde, InterEditions-CNRS, Paris 1994.

Rousseau –Gibaud , Cristallographie géométrique et radiocristallographie 3^{ème} édition. Dunod.

Van Meerssche – Feneau-Dupont, Introduction à la cristallographie et à la chimie structurale 3^{ème} édition. Editions Peeters.

J.-F. Marucco Chimie des solides, EDP sciences 2004,

Smart – Moore, Introduction à la chimie du solide. Masson.

Code: CHIM-L3-B16-S2

Spectroscopies

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Agathe Espagne

Volume horaire : 40 h

Présentation pédagogique

Les objectifs du module de spectroscopies sont les suivants :

- Présenter les fondements théoriques de la RMN, de l'interaction matière-rayonnement et des spectroscopies électroniques (absorption/émission) et vibrationnelles (infrarouge/Raman)
- Etre capable d'analyser des spectres RMN et infrarouges au laboratoire

Programme

1 - RMN

1.1 – Système de un spin 1/2

- système à deux niveaux, mise en évidence du spin, Hamiltonien Zeeman, opérateur densité, ensembles de spins, opérateurs cartésiens, champs radiofréquence, changement de référentiel. Expérience de RMN à une dimension, transformée de Fourier et spectre.

- écho de spin

1.2 – Système de deux spins 1/2

- Hamiltonien de couplage, niveaux d'énergie, opérateurs produit, Hamiltonien effectif. INEPT.

1.3 - RMN à deux dimensions

- principe, corrélation hétéronucléaire (HSQC), corrélation homonucléaire à travers les liaisons (COSY), corrélation homonucléaire à travers l'espace (NOESY).

- analyse de spectres

2 - Spectroscopies optiques

2.1 - Interaction matière-rayonnement

- modèle semi-classique de l'interaction matière-rayonnement : hamiltonien dipolaire électrique, théorie des perturbations dépendantes du temps, probabilité de transition, moment de transition

- coefficients d'Einstein

2.2 - Spectroscopies vibrationnelles

- molécules diatomiques : règles de sélection pour l'oscillateur harmonique, couplage avec la rotation, anharmonicité

- molécules polyatomiques : modes normaux de vibration, règles de sélection (infrarouge/Raman), notion de vibration de groupe, analyse de spectres infrarouges

2.3 - Spectroscopie électronique d'absorption

- spectroscopie atomique : atome d'hydrogène, atome polyélectronique, composition des moments cinétiques, termes spectroscopiques

- spectroscopie des molécules polyatomiques : règles de sélection, principe de Franck-Condon, couplages vibronique et spin-orbite, intensité et largeur des transitions, notion de chromophore, influence du solvant

2.4 - Spectroscopie de fluorescence moléculaire

- désactivation de l'état excité d'une molécule isolée (diagramme de Perrin-Jablonski)
- propriétés statiques et dynamiques de l'émission (fluorescence/phosphorescence) : règle de Kasha, symétrie miroir avec l'absorption, déplacement de Stokes, durée de vie radiative, durées de vie et rendements quantiques d'émission
- mécanismes bimoléculaires d'inhibition de la fluorescence : quenching, transfert d'énergie

Bibliographie

Mécanique quantique I et II de C. Cohen-Tannoudji, B. Diu et F. Laloë
 Molecular fluorescence : Principles and applications, de B. Valeur
 Principles of fluorescence spectroscopy, de J.R. Lakowicz
 Nuclear Magnetic Resonance, de P. J. Hore
 NMR: The Toolkit, de P. J. Hore, J. A. Jones et S. Wimperis
 Spin Dynamics, de M. H. Levitt

Code: CHIM-L3-B17-S2

Chimie organique II

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Arnaud Gautier

Volume horaire : 40 h

Présentation pédagogique

Cet enseignement a pour but d'améliorer et peaufiner les connaissances en Chimie Organique acquises au cours de semestres précédents. Le programme aborde la réactivité de nouvelles classes de molécules ainsi que l'étude de quelques grandes réactions de la Chimie Organique. La formation de liaison carbone-carbone par réaction d'un carbonyle constitue un point central de l'unité. Les notions de chimio-, régio- et stéréosélectivité, ainsi que l'application en synthèse des méthodes traitées seront en particulier abordées.

Prérequis : Une connaissance raisonnable de la Chimie Organique de semestres précédents.

Programme

1. Les carbanions et les nucléophiles carbonés
 - 1.1. Acidité des hydrocarbures
 - 1.2. Carbanions stabilisés : énolates, ylures, 1,3-dithianes...
 - 1.3. Nucléophiles carbonés apparentés : énols, énamines
2. Alkylation des nucléophiles carbonés
 - 2.1. Régiosélectivité et stéréosélectivité de la formation des énolates
 - 2.2. Alkylation des énolates
 - 2.3. Alkylation des aldéhydes, des esters, des amides et des nitriles
 - 2.4. Alkylation des énamines et des imines
 - 2.5. Alkylation des nucléophiles carbonés par addition conjuguée

3. Réactions des nucléophiles carbonés sur les groupes carbonyles

- 3.1. Condensation aldolique
- 3.2. Condensation apparentées (Réaction de Mannich, de Knoevenagel...)
- 3.3. Acylation des carbanions
- 3.4. Réaction de Wittig (mécanisme et variantes simples)
- 3.5. Réactivité des ylures de soufre

4. Transpositions et fragmentations

- 4.1. Transpositions : 1,2-migrations (Transpositions pinacolique, de Favorskii, de Bayer-Villiger, de Beckmann...)
- 4.2. Fragmentations

5. Chimie des radicaux

- 5.1. Structure, stabilité et réactivité des radicaux
- 5.2. Préparations
- 5.3. Principales réactions (addition, substitution, élimination)

6. Réactions des carbènes (nitrènes)

- 6.1. Structure (Carbènes singulet et triplet)
- 6.2. Préparation (carbènes instables et stables)
- 6.3. Réactions (insertion, addition, transposition)

7. Comparaison synthèse organique versus biosynthèse

Bibliographie

Clayden, Greeves, Warren Wothers, « Organic Chemistry », Oxford Ed.
Carey Sundberg, Advanced Organic Chemistry

Code: CHIM-L3-B14-S2

Physico-chimie mésoscopique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Anne Boutin

Volume horaire : 28 h.

Présentation pédagogique

Cet enseignement étudie l'effet des forces intermoléculaires sur la stabilité et l'existence de structures moléculaires variées. Nous explorons le champ de ces effets au travers de curiosités et de phénomènes issus de l'observation du monde physico-chimique et bio-schimique. Le contenu de ce module est donc abordé en considérant l'objet et en introduisant le formalisme nécessaire à son étude.

Programme

- 1. Le potentiel chimique
Idéalité et ses écarts

Phénomène osmotiques et ses limites
Mélanges de liquides
Équilibre entre états de la matière (jeu « azéotropique »)
Thermodynamique hors d'équilibre

2. Interface

Notion de tension superficielle
Application à la thermodynamique de la bulle

3. Cohésion intermoléculaire : protéines, micelles et cristaux liquides

Notion de forces « faibles » : Van der Waals, liaison hydrogène
Effet hydrophobe
Interaction d'ordre orientationnel

4. Stabilité des solutions colloïdales chargées

Équation de Poisson-Boltzmann, de Debye-Hückel
Notion de floculation-coagulation
Application aux traitements des eaux usées (règle de Schulze-Hardy)

5. Chaîne polymère isolée en solution

Notion de pelote statistique : chaîne idéale, solvant theta
Étude de l'entropie de configuration
Loi d'échelle et rayon statistique de la pelote
Étude de la solvatation — Approche osmotique

Bibliographie

R. Gaboriaud et coll., *Thermodynamique appliquée à la chimie des solutions*, Ellipses Chapitres VII, VIII et IX, pour les mélanges, écarts à l'idéalité.
J. Israelachvili, *Intermolecular and surface forces*, Ed. Academic Press
A. Gerschel, *Liaisons intermoléculaires. Les forces en jeu dans la matière condensée*, Ed. EDP Sciences

Code: CHIM-L3-B01-S2

Cinétique et réactivité

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Damien Laage

Volume horaire : 40 h

Présentation pédagogique

Ce cours explore la notion de mécanisme réactionnel sous ses différents aspects, du macroscopique au microscopique.

Pré-requis

Fondements de la cinétique chimique

Fondements de chimie moléculaire (mécanismes élémentaires, éléments de relations structure propriétés)

Outils de thermodynamique macroscopique et statistique, et de mécanique quantique

Programme

1. Le mécanisme réactionnel : un modèle simple pour une transformation complexe.
2. Potentiel chimique et structure moléculaire.
3. Des outils pour l'analyse mécanistique (techniques expérimentales, effets de solvant, effets isotopiques, relations d'énergie libre...).
4. Théorie de l'état de transition et constante cinétique de réaction ; coordonnée réactionnelle (illustration par des réactions de transfert d'atome en phase gazeuse).
5. Cinétique des réactions unimoléculaires.
6. Effets de solvant sur la constante cinétique de réaction. Réactions de type SN1 et SN2, transfert d'électron et transfert de proton en solution.

Bibliographie

C. Vidal, H. Lemarchand, La réaction créatrice, Hermann ; pour la première partie à maîtriser p3-56 et plus si affinité.

Un ouvrage parmi : (i) J. E. Leffler, E. Grunwald, Rates and equilibria of organic reactions, Dover; (ii) T. H. Lowry, K. S. Richardson, Mechanism and theory in organic chemistry, Harper & Row; (iii) ou équivalent sur les chapitres « Effets isotopiques » et « Relations d'énergie libre ».

J.I. Steinfeld, J.S. Francisco, W.L. Hase, Chemical Kinetics and Dynamics chap. 10-12; M.J. Pilling, P.W. Seakins, Reaction kinetics chap. 3-6

Code: BIO-IN-G02-S1

Introduction aux sciences du vivant

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable : Patrick Charnay

Volume horaire : 28h

Présentation pédagogique

Ce cours d'introduction vise à permettre à des non-biologistes de s'approprier les connaissances fondamentales nécessaires à toute compréhension des modes d'organisation, de fonctionnement et d'évolution du vivant. Il constitue un pré-requis nécessaire pour suivre la plupart des autres cours destinés aux non-biologistes et constitue la première étape de filières mixtes avec la biologie. Les généraux objectifs sont les suivants:

- permettre une compréhension en profondeur de ce qui fait l'originalité, l'unité et la diversité du vivant
- donner les informations essentielles sur la machinerie centrale, responsable des phénomènes d'hérédité, d'expression de l'information génétique et d'adaptation, et sur ses mécanismes de contrôle et leurs dérèglements éventuels
- fournir une introduction aux mécanismes-clés impliqués dans l'origine des espèces et de leur évolution
- illustrer par quelques exemples les méthodologies qui permettent de constituer ce savoir, et leurs limites

Pré-requis : aucun

Programme

Unité du vivant: chimie du vivant, protéines et acides nucléiques, organisation cellulaire, métabolisme, membranes, signalisation et communication cellulaires, cycle cellulaire, hérédité, de l'ADN aux protéines, régulation de l'expression génique et médecine moléculaire, développement et morphogenèse.

Diversité du vivant : Individus, populations, communautés, écosystèmes: variation phénotypique et propriétés émergentes des populations. Réseaux d'interactions entre populations : structure, robustesse, évolution. Diversité des communautés et fonctionnement des écosystèmes. Evolution: marqueurs génétiques, notion d'espèce et principes de la reconstruction phylogénétique. Histoire des caractères et innovation évolutive. Evolution de la coopération et niveaux de sélection. Processus de spéciation.

Méthodes pour l'étude et la manipulation des gènes et des génomes : Méthodes de base (recombinaison in vitro, cartographie, séquençage..). Clonage moléculaire (principes, stratégies d'isolement de gènes, manipulation de gènes isolés). Organismes génétiquement modifiés (transgénèse, invalidation, mutation et remplacement de gènes, considérations éthiques).

Code: BIO-IN-G03-S2

Biologie moléculaire de la cellule

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS: 3

Responsable : Alice Lebreton

Volume horaire : 28h

Présentation pédagogique

Ce module s'adresse aux chimistes désireux de s'initier aux méthodes et aux raisonnements utilisés en Biologie. L'objectif est d'être capable de lire et comprendre un article de Biologie.

Programme

Introduction aux techniques de biologie moléculaire

Réplication de l'ADN – extrait d'oeuf de Xénope

Transcriptome

Modifications de la chromatine – Arabidopsis

Contrôle de qualité des ARNs messagers

Réarrangement de l'ADN guidé par des ARNs

ARN interférents

Repliement des protéines – chaperones – prions

Structure d'un récepteur membranaire

Imagerie en cellule vivante

Adaptation des bactéries au froid

Stress oxydatif – souris transgéniques

Formation des synapses – le modèle C.elegans

Code: CHIM-M1-C02-S1

Electrochimie

Niveau : M1-L3

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Laurent Thouin

Volume horaire : 32h

Programme

Électrochimie fondamentale

Les principes fondamentaux de l'électrochimie sont abordés depuis ses notions thermodynamiques de base jusqu'à ses fondements analytiques. L'approche est basée sur les concepts de thermodynamique, de cinétique et de transport de matière pour décrire les relations courant – tension. Les principales techniques employées en régime stationnaire et transitoire sont ainsi étudiées. Leurs caractéristiques sont démontrées systématiquement par la résolution des équations de transport. Des exemples sont traités dans le domaine de l'analyse de mécanismes réactionnels couplés à des transferts d'électron.

Bibliographie

- Electrochimie, des Concepts aux Applications. F. Miomandre, S. Sadki, P. Audebert et R. Meallet-Renault, Dunod, 2005.
- L'Électrochimie, Fondamentaux avec exercices corrigés. C. Lefrou, P. Fabry et J.C. Poignet, EDP sciences, 2009
- Electrochemical Methods, Fundamentals and Applications. A.J. Bard and L.R. Faulkner, Second edition, Wiley, 2001.
- Instrumental Methods in Electrochemistry. Southampton Electrochemistry Group, Ellis Horwood limited, 1990.

Code: CHIM-M1-C03-S1

Catalyse

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 2

Responsable : Hélène Pernot

Volume horaire : 14h

Présentation pédagogique

Les objectifs de cette UE sont de :

- Présenter les concepts qui gouvernent les phénomènes catalytiques et la préparation des catalyseurs
- Présenter les grands domaines d'application de la catalyse.
- Montrer comment se situe la recherche fondamentale dans ce domaine, aux interfaces avec la chimie inorganique, organique et la chimie physique.

Ce cours donne les notions générales communes aux différents types de catalyse puis est centré essentiellement sur les spécificités de la catalyse hétérogène.

Il nécessite d'avoir des bases de niveau Licence dans les domaines de la chimie inorganique et de la chimie physique.

Programme

I) Activation et catalyse

II) Catalyse homogène : aspects moléculaires

III) Catalyse hétérogène : rôle du matériau

- Synoptique des types de réactions et des familles de catalyseurs associés.
- Présentation des différents types de supports oxydes, fonctionnalisation de ces supports
- Méthodes de caractérisation

IV) Interaction molécule-surface

- Phénomènes de physisorption et de chimisorption - Modèle de Langmuir
- Suivi de cette interaction pour la détermination de propriétés chimiques.
- Approche intégrée de la réactivité des solides inorganiques.

Bibliographie

Heterogeneous Catalysis, principles and applications,

G.C. Bond, Ed. P.W. Atkins, J.S.E. Holker, A.K. Holliday, Oxford Science Publications, Oxford 1987.

Catalytic Chemistry,

B.C. Gates, Ed. John Wiley and sons, USA, 1992

Cinétique et catalyse,

G. Scacchi, M. Bouchi, J-F. Foucaut, O. Zahraa, Ed. Technique et Documentation, Paris, 1996

Code: CHIM-M1-C04-S1

Polymères : de la chimie aux matériaux.

Niveau : M1

Semestre: S1, ECTS : 2

Responsable : Christophe Tribet

Volume horaire : 14h

Présentation pédagogique

Les polymères ont envahi notre quotidien et font l'objet de recherches multidisciplinaires associant synthèse, chimie analytique, physico-chimie, physique des matériaux, biologie... Les applications des polymères couvrent en effet des domaines d'activités particulièrement diversifiés tels que l'exploitation pétrolière, les peintures et revêtements, l'agroalimentaire, la cosmétique ou encore le domaine pharmaceutique et biomédical.

Ce module propose une introduction aux questions actuelles de la chimie et de la physico-chimie macromoléculaire, illustrée par des séminaires de chercheurs qui seront préparés au préalable (travail sur un article représentatif du domaine, explicitation des notions essentielles et spécifiques). Il abordera les principales méthodes de synthèse de chaînes macromoléculaires organiques, les bases fondamentales du comportement des macromolécules en solution, l'étude et la maîtrise des écoulements dans les matériaux solides ou les gels. L'objectif est de transmettre des bases de lecture et compréhension de travaux de recherche sur les macromolécules, un champ de la chimie nécessitant singulièrement la prise en compte statistique des propriétés moléculaires tout autant que celle de la nature chimique de ses constituants.

Thèmes abordés.

Synthèse de chaînes macromoléculaires: grands polymères industriels, synthèse contrôlée, synthons biosourcés.

Ecoulement complexes : gels, matériaux thermoplastiques/autocicatrisants.

Assemblages fonctionnels: systèmes stimulables, biointerfaces (selon disponibilités)

Code: CHIM-M1-C21-S1

Résonance Magnétique Nucléaire

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Geoffrey Bodenhausen

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Principles of modern NMR. Fourier transformation. Magnetization vectors and spin echoes. Coherent superpositions of states and density operators. Coherence transfer and correlation spectroscopy. Relaxation and return to equilibrium. Diffusion and flow.

Bibliographie

Basics: P. J. Hore, 'Nuclear Magnetic Resonance', Oxford Chemistry Primer, OUP, 2nd edition, 2015.

Code: CHIM-M1-C30-S1

Synthèse asymétrique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Alejandro Perez-Luna

Volume horaire : 32h

Programme

I. Synthèse stéréosélective : Principes

Notion de sélectivité, diastéréosélectivité et énantiosélectivité des réactions d'addition

Additions nucléophiles sur des aldéhydes et imines chirales (modèles de diastéréosélection)

II. Stéréosélectivité dans les réactions aldol

II.1. Additions d'énolates sur des aldéhydes et imines

Diastéréosélection simple (révisions). Additions diastéréosélectives avec des réactifs chiraux

Additions diastéréosélectives : inducteurs de chiralité. Additions énantiosélectives : catalyse asymétrique

II.2. Réactions aldol et Mannich catalysées par la formation d'énamines

III. Stéréosélectivité dans les réactions d'allylation et propargylation

III.1. Additions d'allyl métaux sur des aldéhydes et imines

Diastéréosélection simple (révisions)

Additions diastéréosélectives avec des réactifs chiraux,

Additions diastéréosélectives : inducteurs de chiralité
Additions énantiosélectives : catalyse asymétrique
III.2. Additions d'allényl/propargyl métaux sur des aldéhydes et imines
IV. Stéréosélectivité dans les réactions d'addition conjuguée
IV.1 Additions diastéréosélectives de carbanions : inducteurs de chiralité
IV.2 Additions énantiosélectives sur des aldéhydes a-b insaturés par formation d'iminiums

Bibliographie :

Effets stéréoélectroniques, orbitales frontières :
N. T. Anh, Frontier Orbitals, a practical manual, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2007.
A. J. Kirby, Stereoelectronic Effects (Oxford Chemistry Primers), Oxford University Press, Oxford, 1996.
G. Procter, Stereoselectivity in Organic Synthesis (Oxford Chemistry Primers), Oxford University Press, Oxford, 1998.
Synthèse Asymétrique:
Asymmetric Synthesis, J. D. Morrison (Ed.), Academic Press, 1985, vol 1-5.
Stereoselective Synthesis (Houben-Weyl Series), G. Helmchen, R. W. Hoffman, J. Mulzer, E. Shaumann (Eds.), Thieme, 1996, vol E21b.
Comprehensive Asymmetric Catalysis I-III, E. N. Jacobsen, A. Pfaltz, H. Yamamoto (Eds.), Springer-Verlag, Springer, 1999 and Supplements I (2003) and II (2004).
Asymmetric Synthesis: The Essentials, 2nd Completely Revised Edition, M. Christmann, S. Bräse (Eds.), Wiley, 2007.

Code: CHIM-M1-C29-S1

Chimie organométallique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Matthieu Sollogoub

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Ce cours de M1 ouvre la chimie organique à d'autres atomes du tableau périodique que C, H, O, N comme B, Si, P, Sn, en montrant leurs réactivités particulières et leurs utilisations en synthèse. Il aborde également l'utilisation des métaux de transitions (Pd, Ru, Co, Ti...) en montrant que leur mécanismes d'action donne accès à des réactivités totalement inaccessibles par ailleurs qui sont à l'avant-garde de la chimie moderne.

Il nécessite d'avoir des bases réactivité en chimie organique, de coordination, ainsi qu'une connaissance des orbitales frontières.

Programme

- I. Chimie des éléments du groupe principal B, P, Si, Sn
 - Chimie du Bore
 - Hydroboration des alcènes, des alcynes, régio- et stéréochimie
 - Réaction d'oxydation du B
 - Allylations
 - Chimie du Phosphore
 - Réactivité
 - Illustration réactions de Staudinger et de Corey-Fuchs

- Chimie du Silicium
- Réactivité
- Illustrations : réactions de Tamao et de Peterson
- Chimie de Sn, comparaison avec Si

II. Chimie Organométallique

- Chimie des métaux de transitions, généralités
- Chimie du Palladium
- Couplages (Stille, Suzuki, Sonogashira)
- Alkylation allylique
- Cas du Cobalt (Nicholas, Pauson-Khand, Vollhardt)
- Chimie du Ruthénium
- Métathèses
- Cas du Titane (Tebbe, McMurry)

Bibliographie

Clayden, Greeves, Warren Wothers, « Organic Chemistry », Oxford Ed.

Code: CHIM-M1-C27-S1

De la chimie bio-inorganique à la chimie inorganique supramoléculaire

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Clotilde Policar

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Ce cours présentera des avancées récentes dans le domaine de la chimie inorganique et comportera deux parties : chimie bioinorganique et chimie supramoléculaire.

La première partie s'intéresse aux métaux en biologie. Elle conduit à revoir (ou voir) certaines notions de chimie inorganique sur des exemples pris dans les systèmes vivants, principalement les métalloprotéines. Nous détaillons le rôle des métaux en biologie mais aussi les méthodes physiques d'études des systèmes métalliques du vivant, en présentant quelques systèmes métalliques importants en biologie. Nous nous attachons à présenter les mécanismes et à comprendre comment ils ont été établis (aspect méthodologique).

La seconde partie s'intéresse au rôle des ions métalliques dans des systèmes supramoléculaires. Deux notions clé sont abordées : la reconnaissance moléculaire et l'auto-assemblage. Il s'agit d'apprendre à analyser des systèmes métallo-supramoléculaires pour comprendre l'intérêt de chaque constituant, puis à concevoir des systèmes avec une architecture et des propriétés définies.

Prérequis : notions de base en chimie inorganique

Programme

Chimie bio-inorganique

- Introduction : rôle des métaux en biologie et méthodes d'études
- L'hémoglobine
- Des P450 aux peroxydases

- Chimie bio-organométallique
- Transfert d'électron (associé à un TP/tutorat de modélisation)

Chimie supramoléculaire

- Introduction et aperçu historique
- Interactions intermoléculaires dans les complexes métalliques
- Reconnaissance moléculaire des ions métalliques
- Facteurs de stabilité des complexes
- Construction supramoléculaire : Effet Template, Auto-assemblage d'architectures métallo-supramoléculaires
- Applications et conclusions

Bibliographie

Gilles Gasser (Edited book), *Inorganic Biological Chemistry*, Wiley, 2014

Bertini, H. Gray, E.I. Stiefel, J.S. Valentine (edited book) *Biological Inorganic Chemistry, Structure and Reactivity*, University Science Books, 2007

H.-B. Kraatz, N. Metzler-Nolte (edited book) *Concepts and models in bioinorganic chemistry*, Wiley, 2006

G. Jaouen (edited book), *Bioorganometallics—Biomolecules, labeling and medicine*, Wiley, 2006

S.J. Lippard, J.M. Berg, *Principles in bioinorganic chemistry* University Science Book, Mill Valley, 1994

Inorganic Supramolecular Chemistry Part J.W. Steed and J. L. Atwood, Supramolecular Chemistry, Wiley 2009 J.W. Steed, D.R. Turner and K.Wallace, Core Concepts in Supramolecular Chemistry and Nanochemistry: From Supramolecular to Nanotechnology, Wiley, 2007

P. Beer, P. Gale and D. Smith, *Supramolecular Chemistry*, Oxford Chemistry Primers, 1999

J.-M. Lehn, *Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives. A Personal Account*, Wiley, 1995

Code: CHIM-M1-C28-S1

Spectroscopies inorganiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Marie-Laure Bocquet

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Cet enseignement présente les différentes spectroscopies électroniques pour caractériser les complexes de métaux de transition. Tout d'abord on détaillera la spectroscopie d'absorption UV-visible et la spectroscopie de résonance paramagnétique électronique (RPE). On introduira également les propriétés magnétiques des complexes. Dans un deuxième temps on introduira une spectroscopie électronique « avancée » liée au microscope à effet tunnel (STM) qui permet de caractériser à l'échelle atomique un « unique » complexe déposé sur une surface. Enfin on complètera la spectroscopie STM par deux spectroscopies électroniques de cœur comme l'XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) et l'XMCD (X-ray Magnetic Circular Dichroism) très utilisés en sciences des surfaces pour des résolutions chimiques et magnétiques respectivement.

Programme

Rappel de la spectroscopie électronique atomique

- *Répulsion électronique : décomposition de configuration électronique en termes spectroscopiques et micro-états.*
- *Couplage **Russel Sanders***
- *Couplage **Spin-Orbite***
- *Cas des ions d, cas des ions f*

Spectroscopie électronique des complexes (métaux d)

1. *Théorie du champ des ligands : Champ faible (**Orgel**)/ Champ fort (**Tanabé Sugano**).*
2. *Interprétation de spectres d'absorption UV : loi de Beer Lambert. règles de sélection (Laporte, spin), couleur des complexes aqueux et pierres précieuses*

Spectroscopie de résonance paramagnétique électronique

- *Niveaux **Zeeman***
- *Interaction **hyperfine** en milieu isotrope*
- *Anisotropie, éclatement en champ nul (**ZFS** : Zero field Splitting)*
- *Spectroscopie **ENDOR***
- *Applications en recherche*

Propriétés magnétiques des complexes

- *Approche macroscopique (Loi de **Curie**)*
- *Approche microscopique (formule de **Van Vleck**)*

Spectroscopie avec le microscope à effet tunnel

- *3 modes de mesure : imagerie, spectroscopie élastique et inélastique*
- *Calcul du courant tunnel (approche de **Tersoff Hamman**)*
- *Applications en recherche (phthalocyanine / métallocène sur métal)*

Introduction à deux spectroscopies électronique de cœur

- *XPS : résolution chimique*
- *XMCD : résolution magnétique*
- *Applications en recherche (graphène / métallocène sur métal)*

Bibliographie

Spectroscopie cours et exercices J. Michael Hollas,... traduit de l'anglais par Daniel Simon, Paris Dunod 2003

Ligand field theory and its applications B.N. Figgis & M.A. Hitchman, Wiley-VCH

La spectroscopie de résonance paramagnétique électronique, Fondements, P. Bertrand, EDP sciences

Code: CHIM-M1-C23-S1

Chimie théorique : structure électronique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Rodolphe Vuilleumier

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Le cours se base sur la notion d'Hamiltonien moléculaire, que ce soit à niveau quantique (noyaux + électrons) ou à un niveau atomiste classique (champs de force). Dans le cas quantique, après

une brève introduction sur les approximations nécessaires pour résoudre l'équation de Schrödinger associée, le cours se focalise sur les principes des méthodes de calculs de la structure électronique des systèmes moléculaires avec une attention particulière à la description quantitative de la liaison chimique. Dans les cas atomistes il s'appuie sur les bases de la mécanique statistique pour faire le lien entre Hamiltonien moléculaire et structure microscopique et propriétés thermodynamiques des fluides moléculaires. Les implications pour la réactivité en phase liquide sont discutées.

Il nécessite d'avoir des bases en mécanique statistique et chimie quantique.

Programme

I- Structure électronique moléculaire

1. Hamiltonien moléculaire, la méthode variationnelle, orbitales moléculaires
2. Le champ auto-cohérent. Electrons, spin et antisymétrie. Echange et corrélation
3. La méthode Hartree-Fock et au-delà
4. Analyse de la fonction d'onde et Liaison chimique.
5. Quelques descripteurs moléculaires: charges atomiques et aromaticité

II- Mécanique statistique moléculaire

1. Quelques rappels de mécanique statistique: Hamiltonien moléculaire. Vision mécaniste d'un système à N particules: dynamique moléculaire. Vision statistique: ensembles microcanonique et canonique.
2. Mécanique statistique des fluides moléculaires: Energie libre et équation d'état. Fonctions de distribution de paires. Propriétés thermodynamiques et structure microscopique des fluides. Solvatation et réactivité.

Bibliographie

A.Szabo N. Ostlund Modern Quantum Chemistry: Introduction to Advanced Electronic Structure Theory (Dover)

I.N. Levine, Quantum Chemistry, Pearson Prentice Hall

A. Gershel, Liaisons intermoléculaires, les forces en jeu dans la matière condensée, EDP Sciences Editions,

D. McQuarrie, Statistical Mechanics, Univ. Science Books

Code: CHIM-M1-C24-S1

Chimie théorique : mécanique statistique appliquée à la chimie

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Damien Laage

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Ce cours explore la dynamique des espèces chimiques à l'échelle moléculaire. Les idées développées sont essentielles pour une formation moderne aussi bien en chimie théorique que plus largement en chimie physique.

Ce cours s'appuie sur les cours de physique statistique, mécanique quantique, liaison chimique, cinétique et réactivité de L3, ainsi que sur le cours de chimie théorique I (fondamentaux) de M1.

Programme

I. Mécanique statistique hors d'équilibre et applications à la chimie

1. Fonctions de corrélation temporelles
2. Vitesse de réaction et flux réactionnel
3. Transfert d'énergie vibrationnelle
4. Spectroscopie vibrationnelle linéaire et non-linéaire

II. Dynamique moléculaire ab initio

1. Couplage dynamique moléculaire – structure électronique
2. Calcul de propriétés – spectroscopie
3. Eau liquide, propriétés électroniques
4. Réactivité chimique

Bibliographie

Statistical Mechanics, D. A. McQuarrie, Univ. Science Books, Chaps 21-22

Introduction to Modern Statistical Mechanics, D. Chandler, Oxford Univ. Press

Ab Initio Molecular Dynamics - Basic Theory and Advanced Methods, D. Marx and J. Hutter, Cambridge University Press, 2009

Code: CHIM-M1-C25-S1

Physico-chimie du vivant

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Ludovic Jullien

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Un chimiste curieux visite le comportement des systèmes biologiques. Ce cours a pour but d'analyser en termes physico-chimiques précis des phénomènes biologiques dont la manifestation pourrait étonner le chimiste.

Il se propose aussi de fournir le socle culturel et conceptuel nécessaire pour définir des systèmes chimiques reproduisant des comportements complexes observés en biologie.

Ce cours est destiné à des élèves chimistes ou biologistes ayant du goût et de l'exigence à l'interface chimie / biologie et qui souhaitent élargir leurs perspectives en chimie biomimétique ou en biologie synthétique.

Il nécessite d'avoir des bases en réactivité (bon niveau L2), en thermodynamique et en cinétique (bon niveau de L2 et/ou cours du L3 de chimie) et des bases en biologie moléculaire (bon niveau de L2 et/ou cours de biologie moléculaire de la cellule 1 et/ou 2 du L3 de chimie).

Programme

- 1- Interface Chimie-Biologie (perspective historique)
- 2- Les lieux du questionnement physico-chimique des phénomènes biologiques
- 3- Contrôles thermodynamique/cinétique, auto-assemblage statique/dynamique, complexité
- 4- La catalyse comme clef de lecture en biologie : sélectivité, réactions couplées, régulations
- 5- Emergence et comportement dynamique de réseaux de réactions chimiques
- 6- La biologie science historique (organisation et gestion de la matière, stockage et gestion de l'énergie, la question des origines).

Bibliographie

Biophysical Chemistry, C. R. Cantor, P. R. Schimmel, Freeman & Co, 1980 (en particulier le tome III).

La réaction créatrice, C. Vidal, H. Lemarchand, Hermann, 1988.

Chemical Biophysics : Quantitative analysis of cellular systems, D. A. Beard, H. Qian, Cambridge University Press, 2008.

Exploring Complexity, an introduction, G. Nicolis, I. Prigogine, , Freeman & Co, 1989.

An introduction to Systems Biology, Design Principles of Biological Circuits, Chapman & Hall/CRC, 2007.

Code: CHIM-M1-C26-S1

Biologie chimique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 2

Responsable : Arnaud Gautier

Volume horaire : 14h

Context

Chemical biology gathers a community of scientists interested in science encompassing both chemistry and biology. The reasons why chemists and biologists find a common interest in chemical biology are complementary: on one hand, for chemists, the complexity of biological systems appears like the ultimate playground in terms of chemical reactivity and analytical challenges; on the other hand, for biologists, chemistry appears like the most appropriate level of description to unravel biological processes. This course will present innovative approaches to understand and manipulate biological systems in new ways using the knowledge of chemistry

Prerequisites

This course requires basic knowledge about Proteins and Nucleic Acids (Structure, Molecular Recognition, Biocatalysis...).

Programme

- 1- Protein design by directed evolution
- 2- Probes for the study of protein location and function
- 3- Tools for the study of post-translational modifications
- 4- Non-coding RNA for regulating gene functions
- 5- Synthetic biology or how to construct artificial biological systems
- 6- Chemical approaches for cell reprogramming

Code: CHIM-M1-C22-S1

Imagerie RMN

Niveau : M1

Semestre: S1, ECTS: 2

Responsable: Geoffrey Bodenhausen

Volume horaire : 14h

Présentation pédagogique

Magnetic Resonance Imaging (MRI): methods for image reconstruction, morphology, origins of contrast, endogenous and exogenous contrast agents, chemical exchange saturation transfer, flow and angiography, anisotropic diffusion and mapping of nerve bundles, fast echo planar imaging, functional imaging.

Alternatively, if the students show interest, the lectures can focus on the structure of biomolecules and their dynamics.

Bibliographie

Basics: P. J. Hore, 'Nuclear Magnetic Resonance', Oxford Chemistry Primer, OUP, 2nd edition, 2015.

Advanced: P. J. Hore, J. A. Jones, and S. Wimperis, 'NMR: The Toolkit, how pulse sequences work', Oxford Chemistry Primer, OUP, 2nd edition, 2015.

Code: CHIM-M1-C11-S1

Matériaux inorganiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Gilles Wallez

Volume horaire : 32h

Présentation pédagogique

Ce cours constitue une introduction très généraliste à une vaste gamme de matériaux inorganiques et à leurs applications. Il s'appuie sur l'approche du solide cristallin "idéal" développée en L3 et basée sur la *Cristallographie* et la *Chimie du Solide*, et l'étend en tenant compte de l'existence de divers types de défauts, physiques et chimiques, qui enrichissent considérablement le spectre des propriétés, qu'elles soient subies ou choisies. Une série de TD accompagne le cours.

Programme

- Propriétés intrinsèques des grandes familles de solides inorganiques
- Approche thermodynamique des défauts
- Défauts ponctuels et mobilité (alliages, diffusion, réactivité, corrosion, conducteurs ioniques)
- Défauts monodimensionnels : dislocations (propriétés mécaniques des métaux)
- Défauts bidimensionnels : joints de grains, surfaces, macles (réactivité chimique, croissance cristalline)
- Ordre et désordre : théorie des transitions (ferroélectriques, alliages à mémoire de forme)
- Défauts d'irradiation (nucléaire, thermoluminescence, implantation ionique)
- Non-stoechiométrie : oxydes des éléments de transition (coloration, conductivité, accumulateurs lithium, piles à combustible, sondes)
- Impuretés dans les solides : semi-conducteurs extrinsèques, jonctions (diode, effet photovoltaïque)
- Les grands matériaux inorganiques (aciers, silicium, alumine, zircone, diamant, ...)

- Matériaux dans l'histoire et histoire des matériaux.

Code: CHIM-M1-C05-S1

Chimie, histoire et société

Niveau : M1

Semestre: S1, ECTS: 2

Responsable: Jean-Bernard Baudin

Volume horaire : 14h

Présentation pédagogique

Le cours a pour ambition de présenter l'histoire de la discipline, initialement constituée de pratiques diverses autour des arts du feu d'une part et de l'usage des substances issues des règnes minéraux et végétaux dans la vie quotidienne d'autre part. Après un passage en revue des principales spéculations auxquelles la matière a donné lieu dans l'Antiquité et au Moyen-Âge (en se limitant au monde occidental), nous suivrons la lente émergence de la chimie en tant que science à compter du 16e siècle, l'efflorescence des théories au 17e siècle puis, après la réforme de Lavoisier, son installation définitive dans le monde universitaire au 19eme siècle.

Le cours est l'occasion de lire de nombreux textes des chimistes des 17e, 18e et 19e siècles ; il s'attarde sur quelques moments privilégiés de l'histoire de la discipline : le temps de la constitution de la chimie comme science aux 17-18e siècles avec la question des combustions, le problème de la structure de la matière et la théorie atomique durant la première moitié du 19e siècle et enfin la question de la représentation des objets et des formules chimiques durant le 19e siècle.

Ce cours d'un chimiste destiné à des chimistes ne suppose pas de connaissances d'histoire des sciences, mais une certaine familiarité avec l'univers de la chimie et ses principaux concepts.

Code: CHIM-M1-C06-S1

Scientific communication

Niveau : M1

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable: Fabien Ferrage

Volume horaire : 20h

Présentation pédagogique

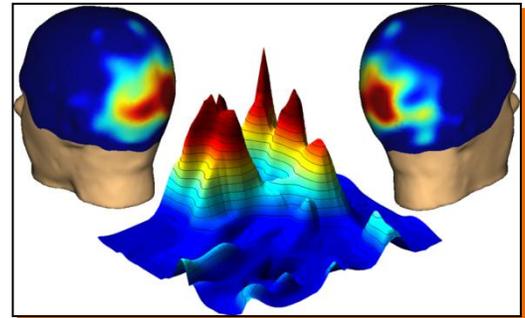
Il est essentiel de bien communiquer les résultats de son travail. La plupart du temps, cette communication doit être réalisée en anglais. Pourquoi un projet est-il important? Quelles sont les résultats principaux? Quelles perspectives ces résultats ouvrent-ils? En prenant comme exemple deux activités de communication centrales pour le chercheur: l'écriture d'articles et la conception de présentations orales, nous abordons de nombreux principes généraux de communication. Nous étudions la structure d'un article à plusieurs échelles: son organisation générale, comment écrire un résumé, comment structurer un paragraphe. Nous prêtons aussi une grande attention au vocabulaire et aux erreurs à ne pas commettre en anglais. Pour les

présentations orales, nous travaillons la façon de concevoir une diapositive, le rythme auquel le message est transmis.

Les activités se déroulent toutes en groupes de deux ou trois étudiants. Sous forme écrite, nous effectuons quelques exercices tels que l'écriture d'un résumé d'article, puis le coeur du travail se déroule autour de la rédaction d'un article cours, communication ou "news and views". Les groupes travaillent de manière collective, se corrigent les uns les autres, afin de concevoir, en quelques séances, un texte bref mais de très bonne qualité. La communication orale passe par un exercice "pecha kucha", qui force à simplifier les diapositives et organiser son discours puis une petite présentation de 10 minutes est réalisée et répétée pour préparer une séance finale devant un petit auditoire de chercheurs.

Département d'études cognitives (DEC)

Site web: <http://www.cognition.ens.fr/index.html>
L'IEC se situe au 29, rue d'Ulm, rez-de-chaussée,
à droite après la loge d'entrée.



Directrice : Sharon Peperkamp (*Directrice de recherche au CNRS - (Laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistiques)*) – sharon.peperkamp@ens.fr

Directeur des études : Benjamin Spector (*Chargé de recherche au CNRS - Institut Jean Nicod*)
benjamin.spector@ens.fr

Responsable master : Franck Ramus (*Directeur de recherche au CNRS - Laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistiques*) – franck.ramus@ens.fr

Responsable administrative : Nathalie Marcinek - nathalie.marcinek@ens.fr
Tél : 01 44 32 26 80.

Le DEC regroupe l'enseignement et la recherche consacrés à l'étude de l'esprit humain au sein de l'Institut d'Étude de la Cognition. De ce fait, le DEC est intrinsèquement multidisciplinaire : on y croise aussi bien des philosophes, des linguistes, des anthropologues que des psychologues, neurologues et chercheurs en neurosciences... Les élèves et étudiant-es y sont autant d'origine scientifique que littéraire. Le DEC s'appuie sur un réseau de laboratoires et d'équipes très denses, ce qui lui permet de fournir une formation initiale complète aux sciences cognitives, et de mettre en contact très rapidement les étudiant-es avec la recherche actuelle, au travers notamment de nombreuses possibilités de stages de laboratoire.

Les sciences cognitives s'intéressent aux **grandes fonctions mentales** comme la perception, la mémoire, le raisonnement, le langage, les émotions, la motricité, la prise de décision, etc. Elles ont pour but l'étude conjointe des propriétés formelles et algorithmiques de ces fonctions mentales, des mécanismes psychologiques qui les sous-tendent, et des mécanismes biologiques qui les rendent possibles (des gènes jusqu'aux circuits et aires dans le système nerveux).

Elles s'intéressent aussi à leurs équivalents ou précurseurs chez l'animal, à l'influence des variations culturelles sur leur fonctionnement chez l'homme, à leur développement chez le nourrisson ou le jeune enfant, à leur altération dans certaines pathologies neurologiques, psychiatriques ou développementales. Elles cherchent plus généralement à saisir les rapports complexes qui se nouent entre les compétences de l'espèce et la culture au sens le plus large.

Elles s'inspirent ainsi des programmes de recherche de la *psychologie expérimentale*, de l'*éthologie*, de la *physiologie* et de la *neurobiologie*, mais aussi de concepts et théories relevant des sciences humaines et sociales - *philosophie, linguistique, anthropologie*.

L'une des hypothèses centrales en sciences cognitives est que les fonctions mentales peuvent être décrites comme des processus de **traitement de l'information**. Cette hypothèse permet de déployer l'arsenal théorique de disciplines comme les mathématiques, l'informatique et la physique statistique, pour mettre au point des théories explicites et testables de ces fonctions mentales

LES ENSEIGNEMENTS

La formation au DEC se divise en deux parties : d'une part une **formation initiale**, centrée autour un socle de **cours introductifs** portant sur les disciplines fondamentales des sciences cognitives, et d'autre part un master co-habilité par l'ENS, qui offre une formation avancée à la recherche : le **master de sciences cognitives** ('cogmaster', ENS / EHESS / Paris 5). Le DEC offre aussi un ensemble d'enseignement en **linguistique théorique**. Enfin, l'Institut Jean Nicod, équipe co-affiliée à l'IEC et au département de philosophie, coordonne un **master de philosophie contemporaine** (ENS, EHESS), qui contient un ensemble d'enseignements consacrés à la **philosophie du langage et de l'esprit**.

Enfin, le DEC propose **des stages ou mini-stages** qui permettent aux élèves et étudiants intéressés, quel que soit leur département principal, de contribuer à un travail de recherche dans l'une de nos équipes de recherche.

Les cours fondamentaux (CO) sont accessibles sans condition, quelle que soit la discipline dont on provienne. Certains d'entre eux incluent des séances de travaux dirigés. Ils ont pour fonction de fournir une introduction aux grandes disciplines constituant les sciences cognitives, et notamment en linguistique, neurosciences, psychologie, philosophie, sciences sociales. Ces cours sont validables pour le diplôme de l'ENS. Certains de ces cours sont aussi des cours des masters de sciences cognitives, de linguistique ou de philosophie contemporaine (on consultera les brochures de ces deux masters pour avoir la liste complète des cours du DEC).

Ce document fait l'inventaire des cours fondamentaux en sciences cognitives, et d'un certain nombre de cours plus avancés, et renvoie vers les sites web pertinents pour le reste des cours. Les cours plus avancés, qui sont pour la plupart intégrés dans l'un des masters du DEC, sont ouverts aux étudiants et élèves de l'ENS qui ne sont pas inscrits dans ces masters mais qui ont acquis les connaissances et compétences nécessaires pour suivre ces cours. Ils sont validables pour le diplôme de l'ENS.

Pour obtenir la liste complète des cours de l'IEC, veuillez vous reporter à la page suivante :

<http://www.cognition.ens.fr/EtudierIEC.html>

A noter :

Les informations concernant les salles et horaires seront disponibles sur le site du département à la rentrée et sur celui du cogmaster. De manière générale, il faut systématiquement vérifier les salles et les horaires, car des modifications peuvent intervenir.

Pour tout enseignement du Cogmaster il est obligatoire de s'inscrire non seulement via le contrat d'étude de l'ENS mais également auprès du secrétariat du Cogmaster en observant la démarche expliquée sur le site :

http://sapience.dec.ens.fr/cogmaster/www/f_01_externes.php

Cours d'introduction

Code : DEC-IN-CO1-S1

Introduction à la philosophie de l'esprit

Niveau : IN

Semestre: S1, ECTS : 4

Responsable : Pierre Jacob et Mickael Murez

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 32h (+TD)

Nous considérons quelques arguments en faveur du dualisme, pour passer ensuite aux tentatives de rendre compte des phénomènes mentaux dans un cadre matérialiste. Nous étudions notamment :

- le béhaviorisme logique,
- la théorie de l'identité selon laquelle les états mentaux sont identiques à des états du cerveau,
- le fonctionnalisme qui conçoit les états mentaux par analogie avec les états d'un ordinateur,
- l'éliminativisme qui soutient que tout le système conceptuel des états mentaux est désuet et voué à disparaître au profit d'une conception neuro-scientifique.

L'un des critères principaux pour évaluer ces doctrines est leur capacité à rendre compte de la capacité des états mentaux d'interagir causalement avec le monde physique.

L'assiduité aux cours et aux séances de TD est obligatoire.

Code : DEC-IN-CO2-S1

Introduction à la linguistique

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS : 6

Responsable : Benjamin Spector et Salvador Mascarenhas

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 24h (+TD)

Ce cours a deux objectifs principaux :

- Présenter les grandes questions qui guident une grande partie de la recherche linguistique contemporaine. Qu'est-ce que connaître une langue? Comment cette connaissance s'acquiert-elle? Y a-t-il des propriétés communes à toutes les langues? Comment décrire rigoureusement la grammaire d'une langue?
- Introduire à l'étude des différentes composantes de la faculté linguistique humaine : phonologie, morphologie, syntaxe, sémantique.

Code : DEC-IN-CO3-S1

Introduction à la psychologie cognitive

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS : 4

Responsables : Jérôme Sackur et Thérèse Collins

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 24h (+TD)

Ce cours sera une introduction aux paradigmes, concepts et méthode de la psychologie cognitive. Il commencera par une introduction à la psychologie expérimentale en général, puis on insistera sur l'importance du paradigme cognitif. On présentera alors les grandes avancées qui ont été réalisées dans l'analyse de quelques-unes des grandes fonctions de l'esprit: langage, perception, mémoire, attention, avec une attention particulière portée sur l'apport des méthodes physiologiques récentes, dont l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf).

Code : DEC-IN-CO4-S1

Introduction aux neurosciences cognitives

Niveau: IN

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsables : Dominique Hasboun et Claire Legay

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 22h (+TD)

Ce cours ne nécessite aucune connaissance préalable en biologie ; il n'est pas ouvert aux étudiants du département de biologie.

- Présentation générale du système nerveux
- Neuroanatomie générale
- Exemples de petits réseaux de neurones: la rétine et le cortex cérébral des vertébrés

Code : DEC-IN-CO5-S1

Introduction à la logique

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS :6

Responsable : Paul Egré

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 26h (+TD)

Le cours propose une introduction à la logique pour les sciences cognitives. D'une part, les concepts et techniques fondamentaux de la discipline sont introduits, et l'on montre comment les langages formels de la logique permettent de rendre compte de ce qu'est un raisonnement valide. D'autre part, une partie des séances porte sur les interactions entre la logique et d'autres disciplines des sciences cognitives, linguistique (quel rapport y a-t-il entre forme logique et

forme grammaticale), psychologie (quel rapport y a-t-il entre théories normatives et théories descriptives du raisonnement) et philosophie (qu'est-ce qui justifie les lois logiques ?).



Code : DEC-IN-CO6-S2

Introduction aux neurosciences computationnelles

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS : 4

Responsable : Boris Gutkin

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 30h

Cette unité d'enseignement présentera le traitement de l'information dans le cerveau d'une perspective mathématique. L'objectif du cours est d'initier les étudiants aux neurosciences computationnelles et d'enseigner les outils quantitatifs utilisés dans l'étude du cerveau.

Nous traiterons en particulier les matières suivantes :

- Dynamique et mécanismes (biophysique d'un neurone; génération de potentiels d'action; réseaux de neurones feedforward et récurrent; réseaux attracteurs; fonctions d'énergie, énergie de Liapounov; apprentissage et plasticité synaptique; mémoires associatives)
- Traitement de l'information (traitement sensoriel; filtres linéaires et champs récepteurs; estimation des champs récepteurs; détecteurs de contour; modèle de Hubel et Wiesel; statistiques des images naturelles; théorie de l'information; analyse en composantes indépendantes; décodage neuronal; codage par population)
- Modélisation de la cognition et du comportement (modèles de prise de décision; conditionnement classique; conditionnement opérant; apprentissage par renforcement; neuroéconomie).

Remarque : Les cours seront donnés en anglais.

Code : DEC-IN-CO7-S2

Introduction à la neuropsychologie

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS : 4

Responsable : Charlotte Jacquemot, Anne-Catherine Bachoud-Lévi

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 28h

Le cours est une introduction aux concepts et méthodes de la neuropsychologie (études des patients atteints de lésions cérébrales). Le cours ne suppose pas de connaissances préalables en médecine ou biologie.

Code : DEC-IN-CO8-S1

Introduction aux sciences de la décision

Niveau : IN

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Mikaël Cozic

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 26h (+TD)

L'objectif de cet enseignement est d'introduire simultanément aux aspects philosophiques, formels et empiriques de la théorie de la décision, une discipline qui rassemble économistes, philosophes et psychologues. Le cours se divise en deux parties, séparées par une séance d'initiation à la neuroéconomie.

La première porte sur la théorie de la décision individuelle. Elle sera largement consacrée à la décision individuelle en incertitude et plus particulièrement à la théorie de référence, la théorie de l'utilité espérée. Nous aborderons les modèles de Von Neumann-Morgenstern, nous discuterons des situations qui semblent mettre en défaut ces modèles (comme le paradoxe d'Allais) et présenterons les principaux modèles qui ont été proposés en réaction à ces mises en défaut.

La seconde partie du cours porte sur la théorie des jeux, qui traite des interactions stratégiques entre individus. Les étudiants seront initiés aux modèles élémentaires et à certains des principaux résultats expérimentaux.

Code : DEC-IN-CO9-S2

Introduction aux sciences humaines cognitives

Niveau : IN

Semestre : S2, ECTS : 4

Responsable : Nicolas Baumard

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 24h environ

L'objectif de ce cours est de présenter les travaux récents utilisant les approches cognitives en sciences humaines : anthropologie, économie, sociologie, histoire, études littéraires, histoire de l'art. Pour chaque séance, le cours partira d'une question classique de la discipline et s'appuiera sur un ou deux articles pour étudier comment les approches cognitives renouvèlent et complètent les travaux existants.

Code : DEC-L3-MinStL3-S1

Ministage L3

Niveau : L3

Semestre: S1, ECTS: variable

Responsable : Yves Bouderec

Type d'enseignement: Stage

Volume horaire : variable

Les élèves et étudiants de niveau L3 ont la possibilité d'effectuer un mini-stage sous la direction d'un chercheur du DEC. Ce mini-stage peut prendre la forme d'une contribution à des recherches en cours, ou consister en un travail de synthèse bibliographique.

Voir <http://cognition.ens.fr/Stages.html>

Code : DEC-L3-MinStL3-S2

Ministage L3

Niveau : L3

Semestre: S2, ECTS: variable

Type d'enseignement: Stage

Voir ci-dessus.

Cours plus avancés ou spécialisés

Code : DEC-MM-CA1-S2

Les nouveaux problèmes corps/esprit

Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Valeria Giardino, Pierre Jacob, Roberto Casati

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 36h

Ce cours de philosophie des sciences cognitives est consacré à l'élucidation de la conception computationnelle et représentationnelle de la cognition qui elle-même est née de la répudiation du behaviorisme dans les années 1950. Selon la version dominante de cette conception, les processus cognitifs peuvent être assimilés à des processus computationnels se déroulant dans des cerveaux individuels. Depuis une dizaine d'années, les avocats de conceptions rivales baptisées *embodied cognition* et *extended mind* ont critiqué la conception computationnelle et représentationnelle de la cognition en faisant valoir que celle-ci est incapable de rendre compte de la contribution de l'environnement corporel et de l'environnement non corporel du cerveau humain dans la résolution des tâches cognitives. Ce cours sera consacré à l'examen de ces controverses à la lumière des données expérimentales pertinentes fournies notamment par l'étude de la cognition sociale et les neurosciences cognitives de l'action.

Code : DEC-MM-CA2-S2

Approches formelles et expérimentales en sémantique et pragmatique : introduction intensive



Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Salvador Mascarenhas

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : Environ 35h (+TD)

Ce cours propose une introduction intensive à la sémantique et à la pragmatique dans leurs aspects formels et expérimentaux.

Code : DEC-MM-CA3la-S2

Psychologie cognitive : Langage, Mémoire, Attention (développement et adulte)

Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Thierry Nazi

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 42h

L'objectif de cet enseignement est de présenter les notions, problématiques fondamentales et modèles relatifs à la recherche sur trois fonctions cognitives importantes : le langage, la mémoire, et l'attention. Ces trois fonctions seront abordées dans une perspective lifespan, notamment au cours du développement et à l'âge adulte. Les principales données comportementales et neurophysiologiques (ERPs, IRMf, ...) sur ces 3 fonctions seront présentées afin de préciser les mécanismes sous-jacents ainsi que leurs bases cérébrales.

Code : DEC-MM-CA3pe-S1

Psychologie de la perception (développement et adulte)

Niveau : MM

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Pascal Mamassian

Autres enseignants : Marianne Barbu-Roth, Thérèse Collins, Jacqueline Fagard, Édouard Gentaz, Andrei Gorea, Véronique Izard, Jean Lorenceau, Christian Lorenzi, Pascal Mamassian, Pierre-Yves Oudeyer, Olivier Pascalis

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 42h

L'objectif de cet enseignement est de présenter les questions, concepts, méthodes et modèles propres à la recherche sur la perception et ses couplages avec l'action. L'accent sera mis sur la perception humaine – même si les modèles animaux sont également abordés –, et la perception visuelle et la perception auditive seront privilégiées, mais la perception intermodale sera également abordée. Ce cours concerne l'état adulte et le développement précoce.

Code : DEC-MM-NP1-S2

Neuropsychologie cognitive de la perception

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Yves Boubenec

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : environ 20h

Pré-requis: le cours est destiné à des étudiants intéressés aux neurosciences maîtrisant les méthodes quantitatives (physique, informatique, mathématiques, etc.), aux étudiants de biologie et neurosciences intéressés par les approches computationnelles en neurosciences, et aux étudiants de M2 du cogmaster.

The aim of this UE is to introduce the audience with classical and cutting edge research articles focusing on the neurophysiology of decision-making. We will focus on the interplay between bottom-up and top-down factors during the selection of relevant information. The emphasis will be on electrophysiological recordings across multiple areas (from sensory to frontal cortices) in behaving animals. Each week a student will present one paper from a set of articles proposed in advance. Questions and discussion during and after the presentation will be encouraged.

Validation: Each week will be dedicated to one research article (see choice of articles below). This article will be presented by a student in a short talk (about 30 minutes), followed by a discussion among the students. To ensure a lively discussion, every student has to read the article and submit a question about it one week in advance. Students in the course will be judged by the talk they give (50%) and their participation in the discussions of all the other talks (50%).

Code : DEC-MM-CA4-S2

Cours avancé en neurosciences cognitives

Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Virginie van Wassenhove, Claire Sergent

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 35h (+TD)

Les objectifs de cet enseignement sont d'apporter les outils théoriques et méthodologiques sur les débats fondamentaux en neurosciences cognitives. Le cours se présente comme une série de séminaires dispensés par des intervenants experts du domaine. L'emphase est mise sur les points critiques et les questionnements actuels.

Seront abordés non seulement les mécanismes cérébraux de différentes fonctions cognitives mais aussi les grands principes et grandes questions neurobiologiques qui affectent les domaines de la cognition dans leur ensemble : par exemple quel est le rôle de la plasticité neuronale, quelle est l'implémentation neuronale d'une "représentation cognitive", comment peut se produire le liage perceptif, y a-t-il un / des rôles cognitifs aux oscillations neuronales etc. ?

Les séminaires se feront de préférence en anglais.

Pré-requis : CO4 (+ CA7 très fortement conseillé)



Code : DEC-MM-CA5-S2

Cours avancé de logique

Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Jacques Dubucs

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 36h

Au terme du cours, les étudiants auront acquis les connaissances suivantes:

- (a) Une carte générale de la logique, de ses méthodes et de ses applications
- (b) Des notions précises de théorie de la calculabilité et de la démonstration (machines de Turing, algorithmes, théorèmes d'incomplétude de Gödel) et des rudiments relatifs à la calculabilité "en pratique" (speed-up, complexité)
- (c) La sémantique des mondes possibles et son usage pour modéliser des situations et des problèmes: formalisation des attitudes propositionnelles, des situations de connaissance dans les groupes (coopération épistémique, common knowledge, annonces publiques) et des conditionnels contrefactuels
- (d) Les approches formelles de la rationalité: panorama des solutions contemporaines à la question de l'omniscience logique, raisonnement en situation d'incertitude (logique et probabilité, continuum des méthodes inductives), conditionnalisation bayésienne, updating et révision, lien avec la théorie de la décision.

Bibliographie :

1. Niveau introductif

B. Chellas, Modal Logic, Cambridge UP, 1996

J. Dubucs, Logiques non classiques, in Mathématiques. Fondements, probabilités, applications, Paris, Albin Michel, 1998, 319-362

R. Goldblatt, Logics of Time and Computation, CSLI Lectures Notes, Stanford, 1992

2. Niveau avancé

P. Blackburn & alii, Modal Logic, Cambridge UP, 2002

F. Fagin & alii, Reasoning About Knowledge, MIT, 1996

Pré-requis : Les étudiants doivent être familiers avec la logique classique du premier ordre (calcul propositionnel, calcul des prédicats, etc.)

Code : DEC-MM-CA6a-S1

Cours avancé en neurosciences théoriques

Niveau : MM

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jean-Pierre Nadal

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 39h (+TD)

Pré-requis : Une bonne familiarité avec les notions de bases d'analyse, algèbre linéaire et probabilités est fortement recommandée. Quelques connaissances en neurobiologie, et en systèmes dynamiques et mécanique statistique, seront utiles mais pas nécessaires. Si nécessaire,

dans le cadre des TD des séances de tutorat seront organisées pour les étudiants ayant besoin d'un soutien en mathématiques. Nous contacter si vous êtes concerné.



Description : Ce cours introduira une palette d'approches quantitatives autour de trois questions centrales de la neuroscience: Comment le cerveau est-il constitué ? Quelles fonctions et quels calculs accomplit-il ? Par quels mécanismes ?

Le cerveau est un organe complexe qui accomplit des tâches sophistiquées de manière très précise. Il est donc souvent inespéré de pouvoir établir des liens directs entre la biochimie et une fonction donnée du cerveau. La neuroscience théorique ou computationnelle tente de combler ce fossé en suggérant des mécanismes possibles pour la perception, l'apprentissage, la mémoire, le contrôle moteur... De surcroît, des données expérimentales de plus en plus nombreuses et de plus en plus fines sont obtenues chaque jour. Leur simple abondance suggère l'utilité de principes théoriques qui aident à les 'mettre en forme' et à mieux les comprendre. La précision actuelle des expériences permet en retour des comparaisons détaillées avec les théories mathématiques proposées.

Le propos du cours sera, premièrement, de présenter un certain nombre de questions pour lesquelles une approche quantitative est pertinente.

Deuxièmement, le cours introduira des méthodes mathématiques nécessaires à l'étude de ces questions, mais utiles aussi dans d'autres domaines tels que la psychophysique, l'informatique, la biophysique, le génie biologique...

Finalement, le cours examinera des exemples concrets de problèmes dont la compréhension peut bénéficier d'une approche quantitative.

Code : DEC-MM-CA6jc-S1

Journal Club en neuroscience quantitative

Niveau : MM

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Srdjan Ostojic

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire: 26h

In this course, the students will go through several, mostly recent articles within the broader area of computational neuroscience. Each week will be dedicated to one research article (see choice of articles below). This article will be presented by a student in a short talk (about 20-30 minutes), followed by a discussion among the students. To ensure a lively discussion, every student has to read the article and submit a question about it one week in advance. The topics cover computational models from the single neuron level to behavior. Most of the articles address modern problems in the brain sciences and use a combination of experiments and mathematical analysis to solve them. Students will be free to choose an article to their liking.

The course languages will be French and English. Talks can be held in either language.

Intended audience:

- M2 students within the Cogmaster program
- students with a quantitative background (physics, computer science, mathematics, engineering etc.) that are interested in neuroscience
- students with a biology/neuroscience background that are interested in quantitative (mathematical) approaches to neuroscience

Code : DEC-MM-CA7-S1

Cours avancé en méthodes d'imagerie fonctionnelle cérébrale

Niveau : MM

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Valentin Wyart

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 33h

Objectif: donner aux étudiants les connaissances nécessaires pour choisir une méthode d'imagerie en fonction de la question scientifique posée, et d'intégrer les limitations méthodologiques au raisonnement scientifique.

Contenu: EEG, MEG, TMS, IRM anatomique et fonctionnelle, PET

Prérequis : Bases physiologiques : mécanismes du potentiel d'action, notions de métabolisme cellulaire, notions d'anatomie cérébrale ; et bases méthodologiques : notions de fréquence, d'échantillonnage, de fonction. Ces points seront abordés rapidement lors du cours d'introduction.

Code : DEC-MM-CA8-S2

Sciences de la décision

Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Brian Hill

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 39h

Ce cours rappellera les concepts fondamentaux de la théorie de la décision et de la théorie des jeux, ainsi que certains de leurs résultats classiques, tout en s'approchant de travaux récents, soit théoriques, soit expérimentaux, qui font dialoguer les deux disciplines avec les sciences cognitives d'orientation psychologique et neurologique.

La présentation accentuera ces liaisons, que l'économie expérimentale de la décision a rendues manifestes et que la neuroéconomie peut être de nature à renforcer. Elle privilégiera souvent les aspects mathématiques des théories exposées, ce qui favorise un autre rapprochement (avec la modélisation en sciences cognitives).

Le cours est destiné à tous les étudiants qui souhaiteraient approfondir leurs bases en sciences de la décision :

- soit qu'ils en fassent leur spécialité,
- soit qu'ils se donnent le complément théorique dont la neuroéconomie et l'économie comportementale ont besoin,
- soit qu'ils lui trouvent un chevauchement suffisant avec d'autres intérêts de recherche (en psychologie du raisonnement, en neuroscience théorique ou computationnelle, en modélisation mathématique, en logique et philosophie des sciences).

Le cours mettra en évidence le concept de bayésianisme qui est devenu commun à plusieurs disciplines cognitives.





Il est recommandé aux étudiants de l'école HEC directement admis en M2.

Des projets de stages et de thèses à l'école HEC s'articulent sur les cours des deux enseignants (il est préférable d'en discuter directement avec eux, car le site internet n'indique pas toutes les possibilités). Les stages peuvent être menés en cotutelle avec des neuro-scientifiques, des psychologues ou des spécialistes de modélisation qui enseignent dans le master ou à l'étranger (y compris en province et à l'étranger)

Prérequis: Le cours suppose quelques prérequis en mathématiques générales, approximativement du niveau des concours scientifiques aux écoles de commerce et des concours aux écoles normales supérieures en section de biologie ou de lettres-sciences sociales (BL). Il n'est pas imposé aux étudiants de M2 qui proviennent du M1 d'avoir suivi le cours d'"Introduction aux sciences de la décision". Le M2 ne fait pas double emploi avec ce cours. Il est possible à des étudiants de M1 de suivre directement le cours de M2, en s'en ouvrant au responsable principal.

Code : DEC-MM-CA10-S2

La modélisation robotique en sciences cognitives

Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsables : Mehdi Khamassi

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 27h CM, 12h TD

Introduire l'approche robotique des sciences cognitives. Perspective historique sur son évolution récente par rapport à l'Intelligence Artificielle classique qui se focalisait sur la cognition désincarnée, sur le raisonnement de haut niveau, abstrait et virtuel, mais qui a échoué à intégrer différentes capacités cognitives dans un même agent. Comprendre la dimension incarnée de la robotique (le corps participant à la résolution d'une tâche donnée, et la cognition étant vue comme imbriquée dans des boucles sensori-motrices), sa dimension incrémentale et développementale (l'architecture du contrôleur accumulant progressivement des couches de complexité croissante, comme a pu le faire l'évolution naturelle, et les motivations intrinsèques de l'agent le poussant à acquérir des compétences motrices et cognitives de difficulté croissante), sa dimension intégrative de multiples fonctions cognitives (perception, décision, action, contrôle moteur, exploration/curiosité, apprentissage, interaction sociale, langage).

Cours interdisciplinaires en sciences cognitives

Code : DEC-M2-FCS1-S1

Action, décision et volition

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Etienne Koechlin

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 30h (+TD)



L'objet du cours est de comprendre comment l'homme décide volontairement de ses actions et ce faisant d'aborder l'étude des bases neurales des fonctions exécutives centrales chez l'homme. Ces fonctions confèrent à l'homme son aptitude à décider de ses actions non seulement en réaction à des événements externes mais aussi en relation avec des intentions et des choix qu'il manifeste au travers de ses désirs, de ses préférences et de ses croyances à la réalisation desquels ses actions, en acte ou en pensée, concourent.

Le cours abordera l'étude des fonctions exécutives du point de vue des neurosciences cognitives et computationnelles et de la philosophie contemporaine.

Pré-requis : Formation de base dans une des disciplines des sciences cognitives (neurosciences, psychologie, philosophie, modélisation et informatique, neurologie et psychiatrie).

Code : DEC-M2-FCS2-S1

Raisonnement

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Emmanuel Sander

Autres enseignants : Jean Baratgin, Jean-François Bonnefon, Wim de Neys, Sabine Guéraud, Hugo Mercier, Jérôme Prado

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 39h

L'objectif est d'introduire à l'étude expérimentale du raisonnement humain (identification des domaines, méthodes, état des connaissances, principales approches théoriques).

Contenu : Introduction à l'étude des concepts et du raisonnement humain - Catégorisation, conceptions et concepts - La déduction - Approches pragmatiques du raisonnement - Jugement causal, raisonnement probabiliste, prise de décision - L'analogie - La résolution de problème - Raisonnements incertains.

Code : DEC-M2-FCS3-S1

Neurosciences cognitives de la conscience

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jérôme Sackur, Claire Sergent

Autres enseignants : Thomas Andrillon, Vincent De Gardelle, Antoine Del Cul, Pierre Jacob, Lionel Naccache, Kevin O'Regan, Elisabeth Pacherie, Catherine Tallon-Baudry

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 42h

Le but du cours est de présenter un panorama global des recherches sur le thème de la conscience. Il s'agit d'un enseignement pluridisciplinaire allant de la philosophie à la psychopathologie, en passant par la cognition visuelle, la psychologie cognitive, la neuropsychologie clinique et la neurobiologie. Il s'agira avant tout d'examiner les principales conceptions philosophiques de la conscience et de les mettre en regard des données obtenues dans les différents domaines des neurosciences cognitives.

Code : DEC-M2-GDP1-S1

Gènes, cerveau, environnement et développement cognitif

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Franck Ramus

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 36h

Objectifs pédagogiques :

Aborder la question suivante: comment les gènes, en interaction avec l'environnement, influencent-ils le développement du cerveau et de la cognition humaine ?

Pour cela, acquérir des notions générales sur :

- la génétique
- le développement cérébral
- le développement cognitif
- les relations complexes entre gènes, cerveau et cognition

Être capable de lire et comprendre les articles scientifiques traitant de ces questions; être capable de s'y référer à bon escient ; faire preuve d'esprit critique par rapport à leurs méthodes, leurs interprétations et leurs conclusions.

Être capable de discuter des questions relatives au développement en argumentant sur la base de données empiriques précises.

Prérequis : Aucun. Le cours débute par des rappels en biologie et génétique, et est conçu pour permettre aux non-biologistes de suivre. Il n'est pas ouvert aux élèves de M1 ou de Licence, sauf dérogation particulière accordée par le responsable de l'UE.

Code : DEC-M2-GDP2-S2

Education, cognition, cerveau

Niveau : M2

Semestre: S1, ECTS: 6

Responsables : Daniel Andler, Elena Pasquinelli

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire: 42h

Cours en anglais

This course explores the impact of cognitive studies on education. It introduces the research on literacy, numeracy, learning disabilities, the learning mechanisms and their neural underpinning, the existing evidence and its use in the shaping of educational interventions, and examines general problems raised by applied sciences and the translation of fundamental knowledge into practical applications.

Students will learn to identify potential epistemological, ethical and pragmatic issues arising from the encounter between education and the study of the mind and brain.

- They will develop their own approaches for addressing ethical and epistemological issues arising from the application of cognitive sciences;

- They will enhance their critical thinking and communication skills by analyzing ongoing debates (mandatory readings) and presenting their reflections during class discussion (recitations);
- They will learn about recent developments in cognitive sciences with potential applications to education.



Code : DEC-M2-LC1-S1

Acquisition et traitement du langage

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Alex Cristià,

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 39h

Almost all humans can learn language effortlessly, whereas no non-human animals can. What are the features of the human brain allowing for the existence and re-creation of this unique mode of communication? How does the environment contribute to its development? Once language networks have stabilized in a given individual's brain, how do they shape their perception and production of a variety of stimuli? We draw insights from current and classical research in many disciplines (e.g., linguistic theory & laboratory linguistics, anthropology, experimental & developmental psychology, neuropsychology, neuroimaging, computer modelling) to shed light on a few key psycholinguistic issues ranging from phonology to semantics.

Through this course, students will gain the conceptual and empirical knowledge necessary to understand and critically evaluate scientific and everyday claims, ideas and observations about language processing and acquisition.

Code : DEC-M2-LC2-S1

Sens et interprétation

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsables : François Recanati, Philippe Schlenker, Salvador Mascarenhas, Benjamin Spector

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 36h (+TD)

Le but général est d'introduire à l'analyse du contenu des énoncés en mobilisant plusieurs disciplines des sciences cognitives, dont la logique, la philosophie du langage et de l'esprit, la psychologie expérimentale, la sémantique linguistique et la pragmatique.

L'UE porte cette année sur les phénomènes de contextualisation et de renforcement du sens. Elle est divisée en quatre parties :

1. Niveaux et dimensions du sens (Recanati)
2. Implicatures (Mascarenhas, Spector)
3. Présuppositions (Schlenker)
4. Sémantique et pragmatique primates (Schlenker)

Pré-requis : Connaissance de la logique propositionnelle, ou dispense de l'enseignant (à voir avec chaque intervenant).



Code : DEC-M2-P1-S1

Perception visuelle

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Pascal Mamassian

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 51h

Le cours présente un panorama (non-exhaustif) des études et des concepts significatifs dans le domaine de la perception visuelle telle qu'elle est abordée par les moyens de la psychophysique, des neurosciences et de la modélisation.

Dans la partie introductive Jean Lorenceau couvrira de façon synthétique les thèmes principaux abordés par les cours qui suivront. Peter Neri introduira les concepts généraux des systèmes linéaires et non-linéaires. Cyril Monier offrira une image globale de la structure et des fonctions du système visuel depuis la rétine jusqu'au V1 et au-delà. Andrei Gorea exposera les fondamentaux de la perception du mouvement en les reliant à des principes fonctionnels d'ordre plus général. Pascal Mamassian présentera une introduction à la perception des couleurs, à la vision stéréoscopique et à la perception inférentielle. Gianluigi Mongillo introduira les principes de base du codage et du décodage neuronal et Peter Neri clôturera le cours avec un panorama des similarités et différences de la vision inter-espèces (depuis la mouche jusqu'à l'homme).

Pré-requis : Bonnes bases d'algèbre, rudiments de calcul différentiel et intégral.

Code : DEC-M2-P2-S1

Perception auditive

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Daniel Pressnitzer

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 42h

Le cours vise à présenter et discuter les recherches actuelles sur la perception auditive. Après une brève introduction évoquant les méthodes et concepts de base (acoustique, psychologie expérimentale, neurosciences expérimentales et computationnelles), nous aborderons les dimensions de base de la perception auditive, l'organisation perceptive, la plasticité auditive, la parole, la musique.

Ces thèmes seront illustrés à la fois par des études classiques et des données récentes. Des applications cliniques et technologiques seront aussi décrites tout au long de l'UE (prothèses auditives et implants cochléaires, compression du signal audio, etc.).

Code : DEC-M2-P3-S1

Perception et action

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsables : Thérèse Collins

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 38h

Pré-requis : Bases de neurosciences et de modélisation.

1. Sylvain Hannequin -- Mouvement

- Mouvement chez l'Humain
- Humain vs. Robots : une comparaison
- Le mouvement est si simple, mais théoriquement si complexe: les sources de complexité dans les théories de contrôle moteur. Redondances et stabilité.
- Actualités de l'étude du contrôle moteur.

2. Florian Waszak -- Contrôle de l'action guidé par le stimulus et de manière volontaire

- bases neurophysiologiques et fonctionnelles du contrôle de l'action
- théorie idéomotrice: mécanismes d'anticipation des effets, conséquences perceptives de l'anticipation des effets

3. Thérèse Collins -- Perception-action

- décisions sensory-motrices
- copie efférente, mouvements oculaires
- stabilité visuelle, remapping

4. Patrick Cavanagh -- Attention

- physiologie de l'attention, théories pré-motrices, cartes de saillance
- filtrage, binding, attention visuo-spatiale, basée sur l'objet, sur les attributs
- attention divisée, double-tâches, attention endogène versus exogène, caractéristiques temporelles et spatiales de l'attention
- pathologies de l'attention, négligence, effets d'entraînement

Code :DEC-MM-CA11-S2

Cognition sociale

Niveau : MM

Semestre : S2, ECTS :

Responsable : Coralie Chevallier et Julie Grezes

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 39h (+TD)

L'objectif de ce cours est de comprendre quels sont les principaux systèmes cognitifs impliqués dans la cognition sociale : perception des informations sociales, théorie de l'esprit, catégorisation sociale, apprentissage social, gestion de la réputation, dominance sociale et coopération.

Code : DEC-M1-CA9-S1

Principes de biologie de l'évolution appliqués à la cognition humaine

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Nicolas Baumard, Coralie Chevallier

Type d'enseignement : Cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : 39h (+TD)

Ce cours a pour objectif les principaux concepts et outils nécessaires pour étudier la cognition en termes évolutionnaires. L'accent sera mis sur la psychologie humaine, mais de nombreux exemples seront tirés de la psychologie comparée et de l'écologie animale. Le cours se concentrera sur la vie sociale, mais abordera aussi les questions comme le sexe, l'apprentissage ou les différences culturelles.

Code : DEC-M2-MinStM2-S1

Stage de préparation en M2

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Emmanuel Dupoux

Type d'enseignement : Stage semestriel

Volume horaire : 1 jour par semaine

Code: DEC-M2-StM2-S2

Stage long en M2

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 30

Responsable : Emmanuel Dupoux

Type d'enseignement : Stage

Volume horaire : 5 mois à plein temps

Parcours linguistique théorique et formelle

Le parcours linguistique du DEC se compose des cours CO2 ('introduction à la linguistique'), CA2 ('sémantique formelle et expérimentale), des cours interdisciplinaires LC1 ('Acquisition et traitement du langage') et LC2 ('Sens et interprétation'), ainsi que des cours suivants :

Code : DEC-M1-B07-S1

Introduction à la phonologie

Niveau : M1-L3-MM

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Maria Giavazzi

Type d'enseignement : cours hebdomadaire semestriel

Volume horaire : environ 30 heures

Ce cours est une introduction à la phonologie contemporaine, c'est-à-dire l'étude de l'organisation des sons dans les langues humaines (et des unités gestuelles dans les langues signées).

Il abordera tout d'abord les concepts centraux de la phonologie (phonème, traits, contrastes phonémiques et allophoniques, contraintes phonotactiques). Ce cours présentera deux théories majeures permettant de formaliser les phénomènes phonologiques dans les langues humaines : la phonologie par règles et la théorie de l'optimalité.

Le cours abordera également deux thèmes liés à la réalité cognitive de la phonologie : le rôle de la perception des sons de parole dans la formation des systèmes de contraste phonologiques, et l'apport de l'étude des déficits phonologiques chez des patients cérébro-lésés à la théorie phonologique.

Il donnera aussi aux étudiants une introduction à la phonétique articulatoire et acoustique, ainsi qu'aux techniques de base d'analyse de la parole permettant d'analyser le signal sonore en termes de représentations abstraites.

Code : DEC-IN-B05-S1

Linguistique des langues des signes

Niveau : IN – L3 - M1

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : Carlo Geracci

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *(cours + TD, stage type de projet, exposé, séminaire, groupe de travail, etc.)*

Volume horaire : environ 30

Cours en anglais. Pas de prérequis

The aim of the course is to address the significance of sign languages in discovering the properties of human ability for language. Sign languages are the linguistic systems used in everyday communication by deaf communities around the world. Differently from spoken languages, which employ the acoustic-vocal modality, sign languages use the visual-gesture modality to transmit and receive linguistic information. The course provides a deep understanding of the main issues of sign language linguistics at various levels. A selection of phenomena that are important for understanding the structure of sign languages and their relation to spoken languages is presented and discussed.

There are two reasons why sign languages are special: one reason is because they are so different from spoken languages, the other reason is because they are so similar. The course will show that these are two facets of the same coin.

Bibliographie :

Sandler, Wendy, and Diane Lillo-Martin. 2006. *Sign Language and Linguistic Universals*.

DEC-MM-B06-S2

Langues naturelles et langages formels

Salvador Mascarenhas

S2, 3 ECTS

Horaire : mardi de 14 à 16h, salle Théodule Ribot.

Ce cours vise à donner aux étudiants les connaissances minimales dans le domaine de la théorie des langages formels qui sont utiles pour l'étude scientifique de la syntaxe des langues humaines.

DEC-MM-B26-S2

Phonologie avancée

Maria Giavazzi

S2, 6 ECTS

Horaire : mercredi de 9h30 à 11h30, salle Séminaire DEC.

Ce cours a pour prérequis l'introduction à la phonologie, et présentera aux étudiants certains aspects des recherches actuelles dans le domaine.

DEC-MM-LINGPR-S2

Linguistic approaches to animal communication

Emmanuel Chemla et Philippe Schlenker,

Niveau : M1 ou M2

S2, 3 ECTS

Cours en anglais

Horaire : mercredi de 14 à 15h30, salle à préciser.

Recent collaborations between linguists and primatologists have given rise to new theories of call structure and meaning in several monkey species (for a list of papers and summaries, see: this webpage). Can these methods be extended to further primate and non-primate species? The seminar will summarize some recent results in 'primate linguistics' and it will feature invited talks by ethologists working on primate and non-primate communication. Participants will be invited to work on small projects (e.g. literature reviews for species X, formal analyses of the calls of species Y, proposals for field experiments on species Z).

Prerequisite

An ability to follow simple formal analyses (e.g. an introduction to formal logic or formal semantics would help, or at least some experience with simple mathematical theories). If in doubt, please check with the instructors.

Cours hebdomadaire semestriel

Parcours 'philosophie', coordonné par l'Institut Jean Nicod

Au sein du département d'études cognitives, l'Institut Jean-Nicod (UMR 8129, CNRS) offre aux élèves et étudiants de l'École un ensemble de cours et de séminaires en philosophie du langage et de l'esprit qui sont validables dans le cadre du Diplôme de l'École et dans le cadre de deux masters cohabilités par l'ENS: le Master de sciences cognitives (Cogmaster, cohabilité avec Paris 5 et l'EHESS) et le Master de Philosophie Contemporaine (Philmaster, cohabilité avec l'EHESS).

La liste des enseignements philosophiques en question peut être consultée sur le site de l'Institut Jean Nicod (<http://www.institutnicod.org/etudier-a-l-ijn/parcours-philosophique/#philmaster>). Les chercheurs de l'Institut Jean-Nicod assurent également l'encadrement des élèves et étudiants qui souhaitent s'initier à la philosophie analytique (tutorat en petits groupes), ainsi que l'apprentissage de techniques issues de la psychologie cognitive (séminaire et tutorat en « philosophie expérimentale »).



Département de Géosciences



59

Site web: <http://www.geosciences.ens.fr/>

Adresse: 24 rue Lhomond, 75005 Paris

Contacts

Direction des études: Sabrina Speich (speich@lmd.ens.fr)

Secrétariat: Micheline Rialet (rialet@geologie.ens.fr)

Les Géosciences sont par nature pluridisciplinaires. Elles se situent au carrefour de savoirs fondamentaux en Physique, Chimie, Biologie. Le désir de comprendre et simuler des processus de plus en plus complexes, fait qu'elles font aussi de plus en plus appel aux Mathématiques et à l'Informatique. Des liens existent également avec la Géographie et l'Archéologie. Les savoirs en Géosciences ont évolué rapidement au cours des dernières décennies aidés en cela par les progrès technologiques permettant d'observer la Terre depuis l'espace et de décrire la dynamique de la terre, de l'Océan et de l'Atmosphère à l'aide de modèles. Le Département de Géosciences de l'ENS regroupe le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) et le Laboratoire de Géologie.

Le Laboratoire de Géologie de l'ENS couvre un spectre thématique très large : géophysique, sismologie, géodésie, sismotectonique, géologie, mécanique des roches, thermochimie, minéralogie, géomatériaux, géochimie. Ceci en fait un lieu privilégié d'échanges entre domaines, propices aux avancées aux frontières thématiques.

Le LMD est un laboratoire de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL). Le LMD étudie le climat, la pollution et les atmosphères planétaires en associant les approches théoriques, la modélisation numérique et les développements instrumentaux pour des mesures de terrain ou des mesures spatiales. Il est à la pointe de la recherche sur les processus dynamiques et physiques permettant l'étude de l'évolution et la prévision des phénomènes météorologiques et climatiques.

La formation Licence Master "Sciences de la Planète"

Ce cursus forme des scientifiques de haut niveau par une approche combinant des disciplines fondamentales et différentes spécialités des géosciences (géophysique, géologie, sciences de l'atmosphère de l'océan et du climat, biogéochimie). Cette formation est limitée à environ 20 étudiants par promotion. Les enseignements du Master (M1 et M2) sont dispensés dans le cadre de deux Masters co-habilités : SDUEE (Sciences de l'Univers Environnement Ecologie) de Paris 6 et STEP (Sciences de la Terre, de l'Environnement et des Planètes) de Paris 7.

Les enseignements

Les enseignements bénéficient du voisinage des deux laboratoires de recherche du Département de Géosciences. Chaque semestre, le parcours pédagogique de chaque étudiant est discuté et suivi avec soin par un tuteur choisi parmi les chercheurs du Département de Géosciences. Des stages de terrain et des stages expérimentaux permettent d'approfondir la compréhension des phénomènes et des processus enseignés. Au second semestre du Master M1, un stage de recherche à l'étranger donne une ouverture sur la recherche internationale.

Débouchés

Les étudiants de ce Master sont idéalement formés pour préparer une thèse de doctorat puis s'orienter vers la recherche et l'enseignement supérieur. Cette formation mène également à des métiers d'ingénieur dans tous les domaines des géosciences, ainsi qu'à l'enseignement secondaire pour les étudiants préparant l'Agrégation des Sciences de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers

LES ENSEIGNEMENTS

Premier semestre (L3, S1, 1^{ère} année) :

Si les élèves et étudiants fraîchement sélectionnés ont manifestement fait preuve de leur motivation, voire de leur passion pour les géosciences, ils n'ont pas pour autant une vision complète de ce que sont les géosciences aujourd'hui. De plus, traditionnellement, les nouvelles promotions sont constituées de profils différents (prépas, universités, formations à tendances naturalistes ou physiciennes). Le premier semestre L3 doit donc répondre à plusieurs objectifs pédagogiques : (1) donner à chacun les bases et outils communs à toutes les disciplines, (2) donner un aperçu global des grands domaines des géosciences et des interactions possibles entre ces domaines, (3) faire comprendre ce que signifie une formation par la recherche : développement de l'esprit critique, importance du raisonnement au-delà des connaissances...

En pratique, ce semestre est divisé en 4 types de modules, détaillés par la suite (avec le même code de couleurs) :

- **Terrain** : Il s'agit d'un stage de début d'année dont le but est de confronter les étudiants aux objets naturels qu'ils seront amenés à étudier. Les échelles de temps et d'espace sont un des enjeux majeurs dans tous les domaines des géosciences et il est indispensable de les appréhender le plus possible. L'école du terrain est le meilleur moyen d'y parvenir (6 ECTS)
- **Grandes disciplines des géosciences** : 4 modules obligatoires proposés permettant de découvrir les grands domaines des géosciences : Terre Solide, Climat, Océanographie, Surfaces Continentales (12 ECTS).
- **Outils** : Les bases mathématiques, physiques, informatiques nécessaires à l'étude des géosciences modernes. (12 ECTS)
- **Disciplines au choix** : Un premier choix limité d'options, le semestre étant très chargé par les bases communes à acquérir (3 ECTS + X ECTS DENS à choisir). Il s'agit pour le moment des modules de géochimie (applications à la terre interne, aux enveloppes fluides et à la biogéochimie), environnement sédimentaire (les grands principes, notamment l'enregistrement des paléo-climats) et minéralogie.

Nouveautés proposées : créneaux de 2 heures, grandes disciplines limitées à 20h, avec travaux personnels/en groupe de type lecture d'articles. But : dégagement de temps, flexibilité de l'emploi du temps, responsabilisation des étudiants dans leurs méthodes de travail. Un créneau séminaire est libéré afin que les étudiants puissent assister à certains séminaires de recherche particulièrement adaptés et éventuellement en organiser.

Code: GSC-L3-A01-S1

Stage de terrain. Stage des Alpes : De la surface aux profondeurs

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Patrick Meunier

Autres enseignants : Alexandre Schubnel, Lauric Cécillon, Pierre Barré, Christian Chopin et Thomas Ferrand

Type d'enseignement : Stage de terrain

Volume horaire : 14 jours

Modalités de contrôle des connaissances : Rapport

Description: Le stage d'intégration de l'entrée au département de Géosciences de l'ENS propose de découvrir les différents processus conditionnant la structure et l'évolution de la lithosphère en partant de la surface et en descendant jusqu'au manteau supérieur. Il se déroule en 3 parties : 1- Initiation à la science des sols via la réalisation d'une carte des stocks de carbone des sols dans l'Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) de Draix-Bléone (4j). 2- Initiation à la cartographie et à la tectonique de charriage dans la fenêtre de Barles, située dans la nappe de Digne (6j), et 3- Une excursion permettant de présenter des exemples de terrain illustrant la déformation et la minéralogie profonde, et la relation entre les deux (4j).

Réalisation d'une carte des stocks de carbone des sols dans l'Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) de Draix-Bléone :

Les sols sont l'épiderme des continents. C'est là que les roches, après de nombreux processus d'altération, d'érosion et de transport, se retrouvent, sous forme de sédiments, en contact avec l'atmosphère mais aussi la biosphère. Les étudiants apprennent les rudiments de la description des sols et les bases du prélèvement d'échantillons de sol. Les échantillons prélevés permettront de compléter une base de données géo-référencée des stocks de carbone organique de l'ORE de Draix-Bléone. L'analyse de ce jeu de données permettra aux étudiants de déterminer les facteurs contrôlant la distribution des stocks de carbone. Les facteurs testés seront principalement le couvert végétal, le matériau parental et des paramètres topographiques calculés à partir du modèle numérique de terrain (MNT). Les étudiants réaliseront enfin une carte krigée de la zone d'étude, carte dont la précision progresse d'année en année.

Initiation à la cartographie et à la tectonique autour de la nappe de Digne :

Grace à sa série stratigraphique, très riche et diverse bien que ramassée sur une courte distance géographique, la fenêtre de Barles offre un cadre exceptionnel pour découvrir la cartographie des roches sédimentaires et étudier la tectonique de charriage des Alpes externes. Les étudiants apprennent à reconnaître des formations sédimentaires, principalement mésozoïques et cénozoïque, ainsi que des structures majeures telles que des plis et failles d'ampleur kilométrique. La nappe de Digne est un exemple remarquable et classique de déformation de couverture en domaine orogénique. Cette zone est caractérisée en outre par une tectonique syn-sédimentaire tertiaire en bassins d'avant-chaîne, marquée sur le terrain par des discordances successives progressivement basculées. Les étudiants voient sur le terrain les relations entre tectonique cassante et plicative (avec plusieurs phases de déformation), les relations entre tectonique et sédimentation ainsi qu'entre paléogéographie et types de dépôts.

Excursion dans les Alpes internes « sur les traces des séismes profonds » :



Les alpes internes donnent accès aux roches métamorphiques ayant subi des déformations à haute pression et haute température. L'histoire de ces objets, ainsi que les conditions physico-chimiques de leur déformation, se lit dans les minéraux qui les composent, mais aussi dans les marqueurs structuraux tels que la schistosité, les micro-cracks et les macro-fractures. Les objets présentés seront : les mylonites de Val Strona, la brèche éclogitique du Mont Viso, les fractures de décompression de Dora-Maira, les marqueurs de la fusion partielle (Val Strona) et les pseudotachylites (Balmuccia). Les lithologies rencontrées iront de la croûte inférieure continentales (kinzigites du Val Strona) au manteau supérieur (péridotites et pyroxénites peu déformées, mais fracturées, de Balmuccia) mais aussi la croûte océanique et le manteau serpenté en faciès éclogitique (Mont Viso) et enfin les sédiments pélitiques en faciès UHP (Dora Maira).

Code: GSC-L3-A11-S1

Physique du climat

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Hervé Le Treut

Autres enseignants : Laurent Li

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 20h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours est une introduction à la dynamique du climat, avec un accent mis sur la modélisation. Il présente les grands équilibres du système climatique concernant l'énergie, le moment angulaire et l'eau. Les TD et TP sont autour d'une version simplifiée du modèle de circulation générale LMDZ pour étudier les mécanismes physiques contrôlant la variation du climat.

A l'issue du cours, les élèves auront une notion globale sur le fonctionnement du système climatique, et la maîtrise d'un outil pour la recherche climatique - la version simplifiée du modèle de circulation générale atmosphérique LMDZ.

Caractéristiques observées de l'atmosphère et du climat Equations mathématiques gouvernant la circulation générale atmosphérique Décomposition de la circulation atmosphérique Energie dans le système climatique Moment angulaire et la circulation générale de l'atmosphère Théorie des trois cellules de la circulation méridionale Bilan d'eau dans la perspective du changement climatique LMDZ - un modèle de circulation générale de l'atmosphère

Code: GSC-L3-A05-S1

Géodynamique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Eric Calais

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 20h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit et présentation orale du travail bibliographique

La théorie de la tectonique des plaques a apporté un cadre logique à de nombreuses observations géologiques et géophysiques en quantifiant les mouvements horizontaux de plaques lithosphériques dans le présent et le passé. Cette cinématique et les déformations associées sont le résultat de forces agissant sur une lithosphère de comportement mécanique complexe. La géodynamique observe, mesure, décrit et explique dans un cadre physique ces déformations à grande échelle de la lithosphère. Elle tente d'apporter des éléments de réponse à la genèse et l'évolution des grandes structures géologiques et, de fait fournit le cadre physique pour comprendre les ressources et risques associés.

Le cours comprendra les parties suivantes:

- Tectonique des plaques, enjeux et histoire
- Cinématique globale actuelle et récente
- Éléments de dynamique de la lithosphère
- Éléments de rhéologie de la lithosphère
- Rifts et océans
- Subduction et orogénèse
- Déformations intraplaques
- Bilan des forces de la tectonique des plaques
- Lithosphère primitive et formation des plaques

Ce cours comprend un travail de recherche bibliographique par groupe présenté oralement en fin de semestre.

L'évaluation sera basée sur un examen écrit final et sur la présentation orale du travail bibliographique.

Code: GSC-L3-A07-S1

Introduction à l'Océanographie

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Gilles Reverdin

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 20h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours apporte quelques éléments généraux sur la circulation océanique (les courants), les masses d'eau et leur structuration tant verticale qu'horizontale, le rôle de l'océan comme réservoir de chaleur, d'eau douce, de carbone, et sa variabilité, tant pour les couches en contact avec l'atmosphère ou les glaces marines que les couches plus profondes.

Afin de prévoir les changements climatiques à venir et de comprendre le rôle de l'océan dans le système climatique, il importe de bien connaître le fonctionnement actuel de l'océan, tant au plan de la physique (circulation de l'eau en surface par le forçage de l'atmosphère et circulation thermohaline à l'intérieur de l'océan par des changements de masse volumique liés à des variations de température et de salinité) que de la biologie (rôle du phytoplancton sur l'absorption du gaz carbonique introduit dans l'océan et plus généralement de l'activité biologique sur la redistribution verticale du carbone dans l'océan).

Trois cours généraux présentant les grands traits du fonctionnement de l'océan sont suivis par une description plus détaillée d'un océan très actif au plan des circulations superficielle et profonde : l'océan Atlantique et ses interfaces avec l'océan Arctique et l'océan Antarctique. Un

dernier cours traite de la pompe biologique océanique. Les travaux dirigés, en parallèle, permettent de se familiariser avec les outils utilisés pour décrire l'état de l'océan et les masses d'eau, ainsi qu'avec les moyens d'observations à notre disposition pour les connaître.

Code: GSC-L3-D01-S1

Surfaces Continentales

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Pierre Barré

Autres enseignants : Bruce Velde, Patrick Meunier

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 20h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Les surfaces continentales, entendues ici comme étant la zone située entre le sommet de la canopée et la base des sols au contact de la roche non altérée, sont le siège de réactions biophysico-chimiques intenses. C'est du bon fonctionnement de cette fine couche de l'écorce terrestre que dépendent la fourniture de services écosystémiques aussi cruciaux que la formation et la fertilité des sols ou la formation de la ressource en eau. Cette zone est également soumise à des contraintes anthropiques très fortes pouvant modifier profondément son fonctionnement.

Ce cours introductif présentera globalement l'étude des surfaces continentales puis se focalisera sur la formation, l'évolution et la fertilité des sols, l'érosion, la réalisation de grands cycles du carbone et de l'azote ainsi que leurs perturbations actuelles et la dynamique des polluants métalliques. Ces cours seront l'occasion de présenter un certains nombres d'outils variés (techniques d'études nano-échelles, modèles numériques, réseau de sites d'observation) nécessaires à l'étude des surfaces continentales. Ce cours comportera également une sortie de terrain sur la description des sols et la réalisation d'un projet bibliographique. Différents aspects scientifiques et techniques présentés dans ce cours seront développés ultérieurement dans le cursus, notamment dans les cours suivants : Géochimie, Biogéochimie, Hydrologie, Ecologie, Climatologie, Géomorphologie et Télédétection.

Code: GSC-L3-A02-S1

Bases Mathématiques pour les Géosciences

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : François Gay-Balmaz

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

- 1) Calcul différentiel des fonctions à plusieurs variables: Dérivées partielles, gradient, divergence, rotationnel, courbes de niveau, maxima et minima, potentiels vectoriel et scalaire, fonctions vectorielles. Illustration: vorticité, fonction de courant, potentiel de vitesse, décomposition de Helmholtz, équations de Maxwell, relations de Gibbs-Duhem.

- 2) Intégrales le long de courbes et surfaces: Paramétrisation des courbes et surfaces, coordonnées cylindriques et sphériques, intégrales sur les courbes et surfaces, aires et volumes, travail et flux d'un champ de vecteurs, théorèmes de Green, Gauss, Stokes.
- 3) Séries et transformées de Fourier: Ondes monochromatiques, polynômes orthogonaux, développement en séries de Fourier, convergence et phénomène de Gibbs, diagramme du spectre fréquentiel, série de Fourier d'une convolution, égalité de Parseval, transformée de Fourier, distribution de Dirac et fonctions porte. Applications à la résolution d'EDP: équations de la chaleur, équation des ondes, équation de Laplace.
- 4) Rappel d'algèbre linéaire: matrices, valeurs propres, vecteurs propres, diagonalisation, déterminant. Application au calcul d'équations de dispersion des ondes géophysiques. Méthodes numériques pour la résolution d'équations aux dérivées partielles, formulation et résolution matricielle. Lien entre valeurs propres et stabilité/chaos. Introduction à la décomposition orthogonale aux valeurs propres, interprétation géophysique.

Code: GSC-L3-A03-S1

Mécanique des Milieux Continus I: Solides

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Yves Guéguen

Autres enseignants : Alexandre Schubnel

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

L'objectif du cours est d'examiner le comportement mécanique des roches à différentes échelles de temps (de 10^{-3} s à 10^6 années) et d'espace (de 1 cm à 10^3 km). Les roches sont des solides composites. A une échelle spatiale suffisante, il est possible de définir leurs propriétés moyennes. Les concepts et résultats de la mécanique des solides constituent le cadre approprié pour analyser leur comportement. Les notions de contraintes et déformation sont introduites d'abord, les réponses mécaniques ensuite. En petite déformation, la réponse est élastique. C'est le cas de la sismologie et pour une large part, de la tectonique des plaques. En grande déformation, elle est fragile (failles, séismes) ou ductile (croûte profonde, manteau), selon la nature des roches et les conditions de pression et température.

Code: GSC-L3-A06-S1

Mécanique des Milieux Continus II: Fluides

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : François Lott

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce module introduit les bases de la mécanique des fluides nécessaires pour débiter l'étude de la dynamique de l'océan et de l'atmosphère. Dans un premier temps, nous partons des bases connues en mécanique pour obtenir les équations décrivant le mouvement d'un fluide, avec et sans viscosité. Des solutions classiques de ces équations sont obtenues et illustrées et la théorie de la couche limite exposée. Dans un deuxième temps, nous abordons les spécificités des fluides géophysiques en particulier l'effet de la rotation, l'équilibre géostrophique et la couche limite d'Ekman. Afin d'avancer dans une description simplifiée des mouvements de l'atmosphère et de l'océan, le modèle de l'eau peu profonde est dérivé.

Plan: Cinématique des fluides, lois fondamentales de la mécanique des fluides, fluides Newtonien et introduction aux milieux poreux, analyse dimensionnelle et similitude, écoulements potentiels, théorie de la couche limite, effets de la rotations et force de Coriolis, dérivation du modèle de Saint-Venant.

Bibliographie:

Hydrodynamique physique, E Guyon, J.P. Hulin et L. Petit ;

Atmospheric and Oceanic fluidynamics, GK Vallis ;

Mécanique des fluides, P. Huerre, Cours de l'école Polytechnique

Code: GSC-L3-A08-S1

Thermodynamique : Solide et Thermochimie

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Yves Guéguen

Autres enseignants : Fabrice Brunet

Type d'enseignement : cours /TD,

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

A l'intérieur de la Terre solide, pression et température sont deux variables majeures à considérer. La Thermodynamique fournit une méthode d'étude puissante et efficace, fondée sur des bases bien définies.

L'objectif du module est de rappeler ces bases et de montrer quelques applications importantes :

- la notion de gradient de température adiabatique,
- les transitions de phase et les équilibres de phase,
- les équilibres minéraux – solution et la question de la solubilité des minéraux
- les diagrammes de phases et notion de fusion partielle

Code: GSC-L3-D02-S1

Informatique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Lionel Guez, Pasquale Sellitto

Autres enseignants : Un doctorant moniteur

Type d'enseignement : cours /TD,

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce module est une introduction à l'informatique scientifique et s'étend sur les deux semestres. 80 % du temps est dédié aux travaux dirigés. Au premier semestre, les principaux objectifs sont de vous permettre de travailler aisément avec un environnement informatique de type Unix/Linux et de vous donner les bases logiques de la programmation.

Les principes de fonctionnement d'un système d'exploitation de type Unix vous seront donc présentés. Vous apprendrez à utiliser le terminal, les commandes du Shell et les utilitaires Unix. Vous verrez l'intérêt de ces commandes textuelles pour automatiser des tâches complexes, par exemple des tâches de traitement de données.

Par ailleurs, vous aurez un cours d'algorithmique et un cours de Fortran. Le cours d'algorithmique se concentre sur des raisonnements logiques et des méthodes indépendantes du langage de programmation. Ces méthodes sont mises en œuvre en travaux dirigés, en utilisant le langage Fortran.

Code: GSC-L3-A04-S1

Environnement sédimentaire

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : François Baudin / Laurent Riquier / P6

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD,

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Les objectifs de ce module sont d'apporter les outils nécessaires à la description et à la caractérisation des milieux sédimentaires depuis les environnements continentaux jusqu'à ceux du domaine marin profond. La démarche est de présenter et d'analyser des objets sédimentaires caractéristiques et de présenter la dynamique de leur dépôt sur des exemples actuels et anciens. L'apport des données géophysiques et géochimiques à la compréhension des corps sédimentaires, de leur géométrie et/ou de leur mise en place dans le bassin de sédimentation est souligné.

Thèmes abordés : Les grands traits de la machine sédimentaire sont présentés afin d'expliquer l'origine des constituants sédimentaires sous forme particulaire et soluble, leur mode de transport, leur dynamique de mise en place ainsi que leurs transformations précoces ou plus tardives (diagenèse). Différents environnements sédimentaires sont ensuite passés en revue depuis les milieux continentaux (glaciaires, éoliens, lacustres, alluviaux et fluviaux) aux domaines marins (néritiques et pélagiques). Enfin, l'architecture et l'organisation séquentielle et/ou cyclique des dépôts sédimentaires sont abordées en fin de module. Les séances de cours/TD/TP intégrées sont majoritairement consacrées à la reconnaissance des constituants, des faciès et des figures sédimentaires. Ces bases permettent ensuite d'intégrer ces observations dans l'analyse et l'interprétation des paléo-environnements (hydrodynamisme, caractérisation du milieu,...). L'étude de la diagenèse précoce et tardive est abordée principalement sur l'exemple des argiles et de la matière organique.

Remarques: Le stage de terrain dans le Boulonnais en milieu de semestre permet de mettre en pratique ces acquis et de les intégrer sur un cas concret en domaine néritique mixte (silicoclastique et carbonaté).

Code: GSC-L3-A09-S1

Géochimie

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Jérôme Gaillardet

Autres enseignants : Frédéric Moynier

Type d'enseignement : cours /TD,

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours donne les bases de la géochimie élémentaire et isotopique et des exemples d'application aux sciences de la Terre et à la formation du système solaire. Nous abordons successivement la formation des éléments et des planètes, les bases de l'utilisation des éléments en traces en géochimie, un panorama des abondances isotopiques des éléments dans la nature et leurs origines. Ainsi sont abordées la géochimie des isotopes radioactifs et radiogéniques puis la géochimie des isotopes stables.

Le cours se termine sur l'application de ces notions théoriques à l'intérieur de la Terre (géodynamique chimique), aux enveloppes fluides (océans, rivières), à la biogéochimie pour dater, déterminer des constantes caractéristiques de temps ou tracer l'origine des éléments et la dynamique des réservoirs les portant.

Code: GSC-L3-A10-S1

Minéralogie

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Laurence Galois

Autres enseignants : Etienne Balan, Georges Calas

Type d'enseignement : cours /TD,

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Le cours comporte quatre parties complémentaires :

Cristallographie. La liaison chimique, le site. Les lois de Pauling. Notions d'empilement compact. La logique de l'organisation structurale dans les silicates. Cette partie est destinée à illustrer le lien étroit entre minéralogie et géochimie.

Méthodes d'étude. Présentation des principales méthodes (diffraction des rayons X, microscopie électronique, microsonde électronique, spectroscopies du solide). Les outils numériques. Cette partie sera surtout une introduction à ces différentes approches qui seront approfondies en M1.

Les minéraux importants en sciences de la Terre et de l'Environnement. Les oxydes, les sulfures et les carbonates. Les grandes familles de silicates. Diagrammes de phase. Pour la plupart des familles de minéraux abordées, on montrera l'importance des relations structure-propriétés géochimiques ou géophysiques, ainsi qu'en sciences des matériaux.

Physique des minéraux : exemple des propriétés spectroscopiques et magnétiques. Comme pour les méthodes d'étude, cette partie du cours sera une introduction à un domaine qui sera approfondi en M1

Code: BIO L3 A04 S1 (COURS DU DEPARTEMENT DE BIOLOGIE)

Écologie, Évolution, Génétique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Régis Ferrière

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Objectif et description du cours :

Ce module présente les fondamentaux de l'écologie et de la biologie de l'évolution. Il se compose de cours magistraux dont la cohérence est assurée par le choix d'une équipe restreinte d'enseignants "ambassadeurs" de leur discipline : Régis Ferrière et Stéphane Legendre (écologie des populations et des communautés), Luc Abbadie et Sébastien Barot (fonctionnement des écosystèmes), Pierre-Henri Gouyon (génétique évolutive) et Renaud de Rosa (phylogénie).

Ce cours sera prolongé au deuxième semestre de L3 par le Cycle A des cours d'ouverture : « Problématiques Actuelles en Ecologie & Evolution ». En master de biologie ENS, la filière « Ecologie » de M1 propose trois cours d'approfondissement (50 heures chacun) : « Génétique évolutive », « Ecologie évolutive », et « Biologie des systèmes écologiques ». Un large éventail de cours de spécialisation est ensuite offert en M2 « Ecologie – Biodiversité – Evolution ».

Programme

Écologie des populations et des communautés (Régis Ferrière, Stéphane Legendre)

Fonctionnement des écosystèmes (Luc Abbadie, Sébastien Barot)

Mécanismes de l'évolution (Pierre-Henri Gouyon)

Phylogénie (Renaud de Rosa)

Second semestre L3 (L3, S2, 1^{ère} année) :

A la fin du 1^{er} semestre, les étudiants possèdent les outils leur permettant de poursuivre l'étude plus détaillée de tous les grands domaines des géosciences qu'ils ont par ailleurs découverts durant ce même 1^{er} semestre. Ce second semestre est donc le premier permettant à l'étudiant de définir, avec l'aide de son tuteur et de l'équipe enseignante, un cursus personnalisé. Seuls deux modules obligatoires subsistent : deux modules **outils** (statistiques et informatique).

L'équipe enseignante et les tuteurs s'assureront que chaque étudiant conserve un minimum de pluridisciplinarité dans ses choix de modules. A ceci s'ajoute un module de mécanique des fluides expérimentale en laboratoire sur une semaine qui permet de compléter en pratique les enseignements de mécanique des fluides du 1^{er} semestre. Il y a donc 21 ECTS de licence à choisir (et un nombre d'ECTS DENS) parmi les 10 modules de disciplines optionnelles proposées. Ainsi, chaque grande discipline des géosciences enseignée au 1^{er} semestre débouche sur une ou plusieurs suite(s) logique(s) (voir le document joint).

Nouveautés : pour permettre une diversité croissante d'enseignements (comme l'Ecologie) et des emplois du temps moins surchargés, certains thèmes autrefois proposés sur deux semestres (L3S2 et M1S1) sont proposés ici dans des versions remaniées (ex : fusion sismologie I et II,

physique et dynamique de l'intérieur de la Terre, physique des roches/fluides et déformation) Les étudiants devraient également avoir plus de temps pour du travail personnel, être moins dispersés. Il faut éviter que les étudiants prennent trop de modules au-delà de leurs ECTS de licence. Le DENS n'est pas forcément là pour sur-spécialiser les étudiants dans certains thèmes.

Code: GSC-L3-B06-S2

Introduction à la dynamique de l'atmosphère

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Bernard Legras

Autres enseignants : Un doctorant moniteur

Type d'enseignement : cours /TD/TP

Volume horaire : 30h cours/TD/ + 3 jours TP

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Le cours portera sur la description et la compréhension des principaux phénomènes météorologiques en s'appuyant sur les cours de Thermodynamique, Convection atmosphérique et nuages et de Mécanique des fluides. Les sujets suivants seront traités

1. Bilan radiatif: Interaction de la matière avec le rayonnement. Absorption et diffusion par les gaz atmosphériques. Transfert radiatif dans une atmosphère stratifiée. Effet de serre. Rétroaction et sensibilité. Bilan radiatif et climat.
2. Les tropiques: Etat moyen et cycle saisonnier. La mousson. ENSO. Mode de Madden-Julian. Ondes tropicales. Cyclones tropicaux.
3. Les latitudes tempérées: Nombre de Rossby et équilibre géostrophique (rappel). Circulation moyenne. Relation du vent thermique. Dynamique de la vortacité. Variabilité et régimes de temps.
4. La couche limite atmosphérique: Phénomènes relevant de la couche limite. Echelles de la turbulence. Flux turbulents. Longueur de mélange. Lois de surface, lois de similarité. Couche limite mélangée. Tornades.

Remarques: Le cours est complété par un stage de 3 jours au SIRT (Ecole Polytechnique) : Mesures radiatives et bilan radiatif. Lidar et cycle de vie de la couche limite. Turbulence.

Code: GSC-L3-B09-S2

Physique de l'intérieur de la Terre

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Matthias Delescluse

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours aborde les grands principes physiques régissant le comportement au premier ordre de la lithosphère. Un fil conducteur du cours est l'étude de la topographie au premier ordre des lithosphères océaniques et continentales.

Après un rappel sur la loi de Fourier (TDs sur les perturbations climatiques des mesures de flux de chaleurs, refroidissement de dykes), on étudie le refroidissement de la lithosphère océanique,

et les différents modèles rendant compte de la bathymétrie des fonds marins en fonction de l'âge de la lithosphère. Le gradient de température continental est ensuite étudié, en insistant sur le cas spécifique des cratons. Pour terminer cette partie du cours, on inclut dans le principe d'isostasie les variations de densités des roches en fonction de la température et on étudie le cas des marges continentales et le développement des bassins sédimentaires.

L'isostasie suppose des mouvements ductiles dans l'asthénosphère qui ne seront qu'abordés. A l'opposé, une deuxième partie de ce cours s'intéresse au comportement élastique de la lithosphère. Après avoir démontré l'équation de la flexure appliquée aux plaques minces, on l'applique à différents cas tels que

la subduction, les monts sous-marins, ou encore les failles normales du golfe de Corinthe. On illustrera ainsi l'isostasie régionale. Par la suite, après avoir défini la notion de géoïde, les différentes anomalies gravimétriques et leurs relations aux isostasies locales et régionales, on détaillera comment obtenir l'épaisseur élastique de la lithosphère (isostasie expérimentale).

Au final, les étudiants acquièrent des bases solides de géophysique de la lithosphère. Ils apprennent également à maîtriser les approximations nécessaires à la modélisation simple d'observations et de processus physiques parfois complexes.

Code: GSC-L3-D02-S1 et GSC-L3-D06-S2

Informatique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsables : Lionel Guez, Pasquale Sellitto

Autres enseignants : un doctorant moniteur

Type d'enseignement : cours et TD

Volume horaire : 42 heures

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce module est une introduction à l'informatique scientifique et s'étend sur les deux semestres. 80 % du temps est dédié aux de travaux dirigés.

L'enseignement au second semestre est plus technique qu'au premier semestre. Le cours de Fortran continue et expose l'utilisation courante de Fortran en géosciences: comment un gros programme se structure, l'utilisation de bibliothèques de procédures, la manipulation des fichiers, etc.

Vous aurez en outre un cours sur le logiciel de traitement de texte LaTeX, qui vous sera rapidement utile dès la rédaction de vos rapports de stages et de travaux pratiques.

Le langage de programmation Python vous sera présenté. Vous apprendrez en particulier à l'utiliser pour faire de la visualisation avec le module Python matplotlib.

Enfin, le format de fichier NetCDF, les interfaces et nombreux utilitaires associés seront introduits.

Code: GSC-L3-B01-S2

Statistiques et analyse des données géophysiques

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Fabio D'Andrea

Autres enseignants :

Type d'enseignement : COURS (16h CM, 14h TD à l'ordinateur)

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Dans ce cours on étudie les techniques d'analyse objective, avec application aux données géophysiques. Des séances de TD à l'ordinateur sont prévues.

- 1) Statistiques élémentaires, analyse de séries temporelles, échantillonnage et tests.
- 2) Analyse de Fourier
- 3) Statistiques multivariés : analyse en composants principales.
- 4) Classification automatique, clusters.

Bibliographie:

H. Von Storch and F. Zwiers. Statistical Analysis for Climate Research. Cambridge University Press, 1999

Code: GSC-L3-B08-S2

Paléo-climats et Paléo-environnements

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Matthieu Roy-Barman

Autres enseignants : Didier Paillard

Type d'enseignement : cours /TD/TP

Volume horaire : 28h cours/TD +2h TP

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours décrit les principes et les méthodes d'observation et de modélisation utilisés pour reconstituer les climats et les environnements passés. Il est composé de 2 parties : l'une dédiée aux méthodes d'observation et l'autre dédiée à la modélisation.

La partie « observation » commence par une présentation du cycle des éléments dans l'océan actuel. On s'intéresse particulièrement aux éléments ou aux isotopes qui seront ensuite utilisés dans les paléo-reconstitutions. Les connaissances acquises dans l'océan actuel sont ensuite utilisées pour reconstituer les conditions paléo-environnementales ayant régné à l'Archéen et au Protérozoïque. L'accent est mis sur les progrès réalisés ces dernières années dans la connaissance de l'évolution des premières formes de vie et leur impact sur l'environnement. Le cours est illustré par de nombreux exemples traités sous forme de TD. Un TP informatique est consacré au CO₂ océanique.

La partie « Modélisation » explore les théories qui permettent de rendre compte de l'évolution passée du climat terrestre. Nous examinerons en particulier comment les notions de rétroactions entre physique du climat, de l'océan et géochimie se déclinent à différentes échelles de temps, en construisant des modèles simplifiés. L'accent sera mis sur la compréhension de la dynamique du système Terre. Le cours s'appuie sur les connaissances acquises au premier semestre notamment dans le cadre des modules « Géochimie », « Physique du climat » et « Océanographie ».

Bibliographie:

Roy-Barman et Jeandel. Géochimie Marine. Vuibert 2011.

Ruddiman. Earth's Climate : Past and Future. Freeman 2001.

Code: GSC-L3-B02-S2

Tectonique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Patrick Meunier

Autres enseignants : M. Pubellier

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Contenu du cours

Le cours de tectonique a pour but de donner les outils de base pour comprendre les déformations observées dans la nature en domaine cassant et ductile. Les styles tectoniques sont examinés en terme de structure et de déformations (plis, failles, plats et rampes, joints, schistosités... et d'état de contrainte associés (tenseurs, cercle de Mohr, mécanismes au foyer...) avec quelques rudiments de mécanique, les principes de représentation graphiques et d'analyse de terrain. Le cours insiste sur les différentes échelles d'observation depuis les microstructures jusqu'aux champs de failles et ceintures déformées ainsi que les changements de régime (inversions tectoniques), avec des exemples naturels

Code: GSC-L3-B03-S2

Sismologie

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Matthias Delescluse

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce module introduit les bases de la sismologie. Il se concentre principalement sur la propagation des ondes (équation d'onde, Eikonale, théorie des rais) et la notion d'hodochrone dans un milieu stratifié plan, puis sphérique. Les étudiants découvrent comment sont les principales interfaces de la structure terrestre (Moho, 440 km, 660 km, noyau externe, noyau interne). Pour illustrer toutes ces notions, des travaux dirigés sur informatique, avec données réelles sont proposés (localisation, vitesse dans la croûte et le manteau sous la France, hodochrones et structure terrestre).

Une deuxième partie du cours s'intéresse plus particulièrement aux sismogrammes : variations d'amplitudes en fonction de la distance source-station, atténuation des roches, réponse de l'instrument. Des notions sur la source sismique sont également abordées : échelles de magnitude, mécanismes aux foyers, directivité et fonction source, rupture le long de plans de failles de grands séismes.

Un TD avec données réelles sur le calcul des magnitudes d'un grand séisme et sa réplique conclut l'année.

Les étudiants sont capables, à la fin du module, de comprendre comment la sismologie permet de déterminer la structure au premier ordre de l'intérieur de la Terre, et aussi quelle est cette

structure, le tout grâce aux temps d'arrivées des ondes émises par les séismes à des stations convenablement réparties. Ils maîtrisent également les notions de bases sur la source sismique, et comment obtenir les principaux paramètres de la source à l'aide des données enregistrées aux stations.

Code: GSC-L3-B04-S2

Pétrologie endogène

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Anne Verlaquet, P6

Autres enseignants : Erwan Martin, Philippe Agard

Type d'enseignement : cours /TD-TP

Volume horaire : 40h cours/TD-TP

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce module a pour but de donner les bases de pétrologie endogène : principaux critères de reconnaissance des roches et minéraux (TP étude d'échantillons et lames minces au microscope), compréhension des processus de formation des roches endogènes, tant magmatiques que métamorphiques, et ce qu'apporte la pétrologie endogène à la compréhension des grands contextes géodynamiques.

Les roches des croûtes continentale et océanique sont principalement formées par la succession de processus de fusion partielle des roches mantelliques, puis évolution des liquides magmatiques par cristallisation fractionnée. Ce module permettra de décortiquer chacun de ces processus, et de caractériser les principaux minéraux et textures des roches en fonction de leurs conditions de mise en place (roches volcaniques / plutoniques). Nous verrons également que la géochimie de ces roches (éléments majeurs, traces, isotopes stables et radiogéniques) permet de tracer les sources des magmas.

D'autre part, les roches enfouies dans les zones de subduction ou de collision continentale subissent des variations des conditions P-T, qui provoquent la recristallisation des minéraux et la déformation des roches. La composition des minéraux donne de précieux indices sur les conditions P-T dans lesquelles ces roches ont été enfouies. Ce module permettra d'apprendre à reconnaître les principaux minéraux métamorphiques et à déterminer leurs conditions P-T de cristallisation (notions de thermodynamique pour établir les grilles pétrogénétiques, géothermobarométrie). L'étude de la succession des paragenèses (rééquilibrations minérales successives) et de la chronologie des structures de déformation permettra d'établir les chemins P-T-t suivis par les roches lors de leur enfouissement puis exhumation. Ces chemins P-T nous permettront enfin de caractériser les grands contextes géodynamiques et processus associés.

Code: GSC-L3-D05-S2

Biogéochimie

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Pierre Barré

Autres enseignants : Laurent Bopp

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

La Biogéochimie au sens large traite des échanges d'éléments chimiques entre les organismes vivants et leur environnement. La biogéochimie ne peut bien évidemment pas être traitée de manière exhaustive en 30h et le module se focalisera sur les cycles du carbone et de l'azote et les interactions entre microorganismes et minéraux dans les zones océaniques, continentales et estuariennes. Ceci permettra de discuter de questions « chaudes » de la recherche actuelle en Géosciences (dynamique du carbone du sol, rétroactions biosphère/atmosphère dans les modèles de climat, dynamique des polluants dans l'environnement etc.) et de présenter la panoplie d'outils existant et en développement permettant une étude de plus en plus fine des interactions entre le vivant et le non-vivant (techniques microscopiques et spectroscopiques à haute résolution, isotopie et couplage avec les outils de la biologie moléculaire et de la microbiologie).

- Lien avec : minéralogie, climatologie, géochimie, hydrologie, Océanographie, surfaces continentales

Code: BIO L3 B01 S2 (COURS DU DEPARTEMENT DE BIOLOGIE)

Écologie - Évolution

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Jean-François LE GALLIARD - CNRS

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Modules d'ouverture en biologie – L3S6

Intervenant après une initiation à la vie de laboratoire, cette série d'UE d'ouverture a pour premier objectif de faire découvrir des domaines forts de la recherche actuelle en biologie et ainsi d'aider l'étudiant dans son orientation. Le second objectif est l'apprentissage du travail personnel.

Programme

Dans la première partie, des cours offriront des éclairages complémentaires au module de premier semestre en écologie en se focalisant sur la thématique de la biodiversité.

Dans la deuxième partie, les étudiants effectueront en groupe un projet de TP sur le terrain ou en laboratoire dont les résultats seront analysés en TPE.

Le stage de terrain sera organisé par une équipe d'enseignants-chercheurs au CEREEP-Ecotron IleDeFrance sur le site de Foljuif (<http://www.foljuif.ens.fr>).

Évaluation : Présentation orale du travail de TP suite au travail personnel encadré consacré à la récolte et l'analyse de données et à la lecture d'articles de recherche.

Support de cours : Documents du cours disponibles sur le site web du responsable.

Lectures suggérées :

Ecology : From Individuals to Ecosystems, 4th Edition, Michael Begon, Colin R. Townsend, John L. Harper, Wiley.

Code: GSC-L3-B10-S2

Convection atmosphérique et nuages

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Caroline Muller

Autres enseignants : Un doctorant moniteur

Type d'enseignement : Cours / TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours présente les bases théoriques et des applications de la thermodynamique de l'atmosphère.

Application de la thermodynamique aux fluides géophysiques (atmosphère et océans)

- Principe de l'équilibre thermodynamique local, exemples de l'entropie spécifique et des relations d'état
- Compositions et traceurs dans l'atmosphère et l'océan
- 1er principe de la thermodynamique : Champs de température, rôle des traceurs
- 2nd principe de la thermodynamique appliqué aux fluides: Loi de comportement

Profils adiabatiques, stabilité

- Océan
- Atmosphère sèche
- Relation de Clausius-Clapeyron, l'eau et ses changements de phase, point de rosée
- Atmosphère humide et stabilité
- Mesures de vapeur d'eau en météorologie

Convection humide et formation de nuages

- Physique des nuages, température potentielle équivalente
- Classification des nuages
- Mesures et températures
- Interprétation des radiosondages de l'atmosphère
- Extrêmes météorologiques (précipitations extrêmes, cyclones...)

Code: GSC-L3-B11-S2

Chimie de l'atmosphère

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : François Ravetta

Autres enseignants : Sébastien Payan, Jennie Thomas

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Descriptif du cours et compétences visées

Les constituants minoritaires réactifs de l'atmosphère jouent un rôle important en matière de filtrage du rayonnement UV (ozone), de climat (méthane, ozone, particules) ou de pollution atmosphérique (ozone, oxydes d'azote, particules). Emis en surface sous forme réduite ou produits au sein même de l'atmosphère, ces constituants minoritaires sont en général oxydés lors de réactions photochimiques catalysées à basse température avant de se déposer au sol. L'étude de la couche d'ozone stratosphérique permet d'appréhender simplement les couplages entre réactivité chimique, transport et rayonnement, et de dégager des notions générales en chimie atmosphérique, comme celles de famille ou de temps de vie. Il devient ensuite possible de rendre compte de milieux plus complexes, comme la couche limite urbaine. A l'issue du cours, un étudiant doit se faire une première idée du fonctionnement de l'atmosphère du point de vue des cycles biogéochimiques. Il doit être capable de rendre compte des distributions observées pour les constituants minoritaires, et de leurs variations dans le temps et dans l'espace. Dans une première partie, le cours s'attache à dégager les principes généraux d'étude de l'atmosphère considérée comme un milieu réactif. Des méthodes d'observation de la composition atmosphérique sont ensuite étudiées, en lien avec le transfert de rayonnement. Dans une dernière partie en anglais, on aborde les grands enjeux qui sous-tendent actuellement la recherche en chimie atmosphérique.

Bibliographie

Physique et chimie de l'atmosphère, Delmas et al., Belin, 2005 (2nde édition)

Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, J. Seinfeld & S. Pandis, Wiley, 2006, 2nd Edition

Code: GSC-L3-B07-S2

Mécanique des fluides expérimentale

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Patrick Meunier

Autres enseignants : P. Bouruet-Aubertot, O. Devauchelle

Type d'enseignement :

Volume horaire : 5 jours

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

L'objectif du module est l'acquisition d'une connaissance physique et expérimentale des mécanismes de base qui régissent les mouvements des masses fluides de l'enveloppe terrestre à

savoir : l'océan, l'atmosphère et les écoulements continentaux de surface et souterrains. Ce module, fondé sur une série de travaux pratiques en laboratoire ou numériques, vise à introduire les notions fondamentales en océanographie physique et en dynamique des fluides géophysiques.

1- Océan-Atmosphère

Les mouvements des fluides géophysiques que sont l'atmosphère et l'océan sont avant tout affectés par la stratification de ces fluides et la rotation de la Terre. Nous proposons dans ce module une série de TP expérimentaux et numériques introduisant quelques phénomènes et approches fondamentaux pour comprendre la dynamique de ces fluides.

2- Bases de Mécanique des fluides expérimentale appliquées aux écoulements continentaux.

On propose une série de quatre travaux pratiques permettant l'étude de cas simples définissant les grandes catégories d'écoulements continentaux à savoir les écoulements visqueux (laves et magmas), les écoulements turbulents (rivières) et les écoulements à travers un milieu poreux (nappes phréatiques). Enfin, un TP sur les modes de Faraday vise à introduire la notion d'instabilité en mécanique des fluides.

Les éléments théoriques nécessaires seront acquis lors de chaque TP. Les travaux proposés visent aussi à familiariser les étudiants avec certaines notions fondamentales en dynamique des fluides géophysiques comme l'utilisation de nombres adimensionnés.

Remarques: Cours sur une semaine en début de second semestre.

Code: GSC-L3-D04-S2

Stage de recherche en laboratoire

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Matthias Delescluse

Autres enseignants :

Type d'enseignement : Stage

Volume horaire : 1 mois

Modalités de contrôle des connaissances : Mémoire et soutenance orale

Stage individuel d'initiation à la recherche dans un laboratoire de la région Parisienne. Exposé et rapport de stage.

Premier semestre M1 (M1, S1, 2^{ème} année) :

Le premier semestre de M1 est une transition vers des domaines plus spécialisés des géosciences ou vers des « modules synthèse » qui nécessitent dans tous les cas la connaissance approfondie d'une ou de plusieurs disciplines enseignées en L3. Le semestre débute par un stage d'océanographie et de géodésie, qui a aussi l'avantage d'intégrer les nouveaux arrivants dans la promotion existante et de pouvoir être intégré dans les modules d'océanographie, géodynamique et Failles/sismotectonique.

En plus du stage de terrain, tout comme au L3-S2, deux modules outils sont obligatoires. Il reste 21 ECTS à choisir à la carte parmi les modules proposés.

Code: GSC-M1-A01a-S1

Stage d'Océanographie et de géodésie

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : E Calais, M. Delecluse

Autres enseignants :

Type d'enseignement : stage

Volume horaire : 10 jours

Modalités de contrôle des connaissances : Rapport

Partie du stage en océanographie

Stage de mesure océanographique depuis Villefranche sur mer avec des applications en sismologie, en océanographie physique et en météorologie marine. Poursuite du stage sur des applications géodésiques dans l'arrière-pays.

Ce stage offre:

- Une continuité du cours de sismologie/propagation des ondes du second semestre de L3 (tronc commun) à travers l'expérience de l'acquisition de données de sismique marine et leur traitement, les applications en imagerie du sous-sol ou de la colonne d'eau.
- L'intégration des données acquises dans le schéma géologique régional qu'est le bassin Liguro-Provençal (parcours Terre Solide), en lien avec le module de géodynamique de M1.
- L'acquisition de données de flux turbulents à l'interface air-mer (parcours Océan Atmosphère), qui est une bonne illustration de notions enseignées dans deux modules de L3 (Introduction à la dynamique de l'atmosphère et Convection atmosphérique et nuages) et qui prépare le module d'océanographie et météorologie dynamique de M1.

Partie du stage en géodésie : Géoïde et profondeur du Moho dans les Alpes du Sud

Ce stage de terrain a pour but de déterminer, à partir de mesures géophysiques de terrain, la profondeur du Moho depuis la côte des Alpes Maritimes jusqu'au massif cristallin externe du Mercantour. L'épaisseur crustale dans cette région est un paramètre géodynamique fondamental en relation avec l'histoire géologique de la transition collision-extension dans les Alpes du sud.

Dans la pratique, le stage consiste à mesurer la hauteur du géoïde le long des vallées du Var et de la Tinée entre Nice et Saint Etienne de Tinée (Mercantour) en mesurant par GPS la hauteur ellipsoïdale de bornes de nivellement IGN, dont l'altitude normale est connue.

Sur le terrain, les étudiants réalisent des mesures GPS, de nivellement et de gravimétrie à l'aide d'équipement de recherche. En soirée, ils suivent des cours et traitent les données obtenues pendant la journée pour obtenir le profil du géoïde. De retour au département, ils utilisent leurs mesures pour calculer l'épaisseur crustale sous les Alpes du Sud à partir de modèles géophysiques simples et rédigent le rapport sur lequel ils seront évalués.

Ce stage permet de relier des observations géologiques à grande échelle (structure crustale de la chaîne alpine et de la marge ligure) à des quantités mesurables par des méthodes géophysiques (anomalie du géoïde et profondeur du Moho), de manipuler des outils géophysiques de recherche en condition réelle, de développer un sens des initiatives et de l'improvisation face aux aléas du terrain, et de comprendre l'impact des manipulations instrumentales sur les interprétations géologiques et géophysiques qui en découlent.

Le stage se déroule sur une semaine et est hébergé à Saint Etienne de Tinée, au cœur du Parc National du Mercantour.

Code: GSC-M1-A09-S1

Géomorphologie

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Patrick Meunier

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Le cours de Géomorphologie aborde l'aspect physique des processus d'érosion et de transport de matière à la surface du globe. Il s'agit d'une introduction aux différents processus de l'érosion physique et du transport de sédiments, des mécanismes qui leur sont associés ainsi qu'aux modèles d'évolution du relief les intégrant. On abordera essentiellement les processus en jeu dans les chaînes de montagne. Ces processus peuvent se rassembler sous deux grandes familles :

- 1) les processus de pentes où le principal moteur du mouvement de la matière est la gravité
- 2) les processus fluviaux où les sédiments sont mis en mouvement sous l'effet d'un cisaillement fluide. On utilisera donc des notions très variées telles que la loi de coulomb ou la modélisation d'écoulements de surface turbulents.

Bibliographie:

Tectonic Geomorphology, Burbank & Anderson, Blackwell Science.

Code: GSC-M1-A14-S1

Modélisation de la météorologie et pollution régionale

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Laurent Menut

Autres enseignants : Myrto Valari et Dmitry Khvorostyanov

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours présente la modélisation de la pollution atmosphérique aux échelles urbaines et régionales. Le système atmosphérique est tout d'abord présenté avec la dynamique de la couche limite atmosphérique, sa spécificité en milieu urbain. Puis la composition atmosphérique est présentée avec les gaz et particules à considérer pour la pollution, ainsi qu'un historique sur la qualité de l'air sur les dernières décennies.

Les systèmes de modélisation sont décrits couvrant le calcul de la météorologie, des émissions (anthropiques, biogéniques, feux, poussières) ainsi que la chimie et le transport des espèces chimiques. Les différentes techniques de modélisation déterministes en simulation directe, adjointe ou avec de l'assimilation de données montrent le niveau de compréhension actuel du système et ses limites. Les différentes applications actuelles sont décrites comme l'analyse de cas extrêmes, les études de scénarios jusqu'à la prévision opérationnelle.

Pour estimer la qualité des simulations, les méthodes de comparaison à des données sont explicitées, depuis les stations de surface jusqu'aux nouvelles mesures satellites disponibles. Ces modélisations sont replacées dans le cadre de la législation de la qualité de l'air en Europe et les

principaux verrous sont présentés permettant de comprendre les choix de mesures de réduction de la pollution actuellement discutées et réalistes.

Enfin, des études visant à quantifier l'impact de la pollution sur la santé (particules et pollens) sont discutées

Code: GSC-M1-A10-S1

Rayonnement et télédétection

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Pasquale Sellitto

Autres enseignants :

Type d'enseignement : (cours/TD, stage type de projet, exposé, groupe de travail, etc.)

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours présente les bases physiques et les principales techniques de la télédétection, avec leurs applications à la connaissance de l'atmosphère, de l'océan et de la surface de la terre. L'objectif de ce cours est d'acquérir et de maîtriser les bases physiques des mesures géophysiques par télédétection. Ces notions fondamentales sont illustrées par des applications pratiques permettant à l'étudiant de se familiariser avec les mesures radiatives et leur interprétation en termes de propriétés des surfaces qui émettent ou réfléchissent le rayonnement, de la composition et de l'état thermodynamique de l'atmosphère et de la microphysique des nuages. D'autres types d'applications sont également présentés pour donner une culture générale des moyens existants actuellement en observation de la terre. Ce cours est complété par des séances de travaux pratiques qui permettent à l'étudiant de confronter ses connaissances théoriques à des mesures réelles et d'acquérir des notions de traitement de l'image.

Remarques: Ce cours se poursuit par des TPs d'application en début de second semestre.

Bibliographie:

Remote Sensing of the Lower Atmosphere: An Introduction, Graeme L. Stephens, Oxford University Press, USA;

Physical Principles of Remote Sensing, W. G. Rees, Cambridge University Press, UK.

Code: GSC-M1-A12-S1

Approche numérique et modélisation

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : J. Deshayes

Autres enseignants : Hermann Zeyen,

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Le recours aux méthodes numériques est nécessaire afin de pouvoir simuler l'évolution des systèmes géophysiques (ondes dans la terre, météorologie, etc.). Ceci est nécessaire pour

effectuer des prévisions ou pour mieux comprendre les mécanismes physiques à partir de l'étude des simulations.

Un autre aspect de la modélisation numérique est de pouvoir à partir de contraintes dynamiques déterminer des paramètres physiques en utilisant des observations. Ce second aspect s'appelle l'inversion numérique de données.

On introduira les principes de la modélisation numérique d'équations aux dérivées ordinaires et partielles et on discutera des problèmes de stabilité et de convergence des solutions numériques. Pour illustrer ces phénomènes, on examinera le système des équations en eau peu profonde (ou équations de Saint Venant) qui décrit l'évolution des ondes de gravité.

Dans la deuxième partie du cours, les étudiants vont apprendre les bases de l'inversion numérique de données géophysiques. Partant des méthodes d'ajustement par moindres carrés et de notions basiques de probabilité, on traite les problèmes avec des solutions non-unicues ou mal contraintes pour arriver aux méthodes d'inversion Bayésienne linéaires et non linéaires (linéarisées). Finalement, différentes méthodes stochastiques d'inversion non-linéaire (« Monte-Carlo ») seront traitées. Un point important à part de l'apprentissage des méthodes d'inversion est l'analyse des incertitudes des paramètres des modèles obtenus. A la fin du cours, les étudiants devraient savoir analyser un problème direct, décider de la méthode d'inversion à utiliser ainsi que juger de la qualité du modèle obtenu.

Représentation de la grille de points de calcul d'un modèle océanique (lignes noires) permettant l'intégration dans les temps des équations de régissant l'évolution de l'océan global. La température de surface de l'océan, une des variables prognostiques du modèle est également représentée (en couleur). Ce type de modèle est une des composantes essentielles des modèles de climat utilisés pour estimer les conséquences de nos rejets de gas à effets de serre.

Code: GSC-M1-A05-S1

Océanographie Dynamique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Sabrina Speich

Autres enseignants : J. Vialard

Type d'enseignement : cours / TD + un TP sur machine de 3h

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours d'introduction à la dynamique de l'océan et à la circulation océanique s'intéresse aux phénomènes de grande échelle (au-delà de la dizaine de kilomètres) et à basse fréquence (au-delà de quelques jours): on ne parlera pas de marées, de vagues scélérates, ni de tsunamis. Il s'agira dans un premier temps d'étudier la distribution tridimensionnelle moyenne des principales variables physiques océaniques (la température, la salinité, et les courants), et dans un second temps la variabilité autour de cet état moyen, principalement celle de la température de surface océanique, en raison de son influence sur l'atmosphère.

Partie 1: Dynamique de la circulation océanique

La distribution globale de température, salinité et courants sera revue à la lumière des équilibres géostrophiques et du vent thermique dans l'océan. Puis, on étudiera l'influence du vent de surface à l'aide d'un modèle simple (transport d'Ekman) et ses conséquences sur la

circulation de grande échelle (transport de Sverdrup), de même que les principes physiques des premiers modèles de gyre subtropicale (Stommel, Munk). On fera ensuite l'étude des tourbillons océaniques de méso-échelle et des instabilités baroclines. On terminera par l'étude de la circulation thermohaline et de la variabilité de la circulation verticale méridionale dans l'océan Atlantique.

Partie 2: Processus responsables de la variabilité de la température de l'océan superficiel.

La température de surface de l'océan a une influence considérable sur l'atmosphère, sur une large gamme d'échelles de temps. Nous présenterons d'abord une méthode d'analyse statistique de la variabilité de la température de surface. Nous dériverons ensuite l'équation qui gouverne la température de surface de l'océan, et détaillerons les trois principaux processus qui peuvent l'influencer la température de l'océan (flux air-mer, advection latérale, échanges avec la subsurface), en les illustrant dans le cadre de phénomènes précis (e.g. réponse océanique à un cyclone, à l'oscillation de Madden Julian, phénomène El Niño, variabilité décennale de l'océan superficiel aux moyennes latitudes).

Code: GSC-M1-A06-S1

Météorologie synoptique et planétaire

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Caroline Muller

Autres enseignants : G. Rivière

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

La première partie de ce cours permettra de comprendre les approches de la prévision météorologique à partir des concepts de base de la météorologie dynamique. Pour cela, on rappellera tout d'abord les quantités dynamiques essentielles en météorologie et les grands équilibres (équilibre hydrostatique, vent géostrophique, équilibre du vent thermique). On décrira ensuite les différents types de perturbations atmosphériques et leurs caractéristiques principales. On examinera des cartes météorologiques afin d'illustrer les différents concepts et de montrer comment peut être menée une prévision.

La deuxième partie portera sur la circulation générale de la troposphère à partir d'observations et de modèles conceptuels. Tout d'abord, on considérera la circulation en moyenne zonale et des cellules de Hadley et de Ferrel en introduisant différentes notions dans ce cadre, comme les flux d'Eliaassen-Palm ou encore la circulation Eulérienne transformée. Ensuite, les aspects tridimensionnels de la circulation aux latitudes moyennes seront étudiés, comme les ondes de Rossby stationnaires générées par la topographie, ou encore les ondes de Rossby transitoires synoptiques générées par les contrastes thermiques. L'étude de ces diverses ondes s'appuiera sur la théorie des rayons ainsi que sur des bilans énergétiques comme dans le cycle de Lorenz.

Bibliographie:

Introduction to Dynamical Meteorology. James R. Holton

Code: GSC-M1-A07-S1

Dynamique des fluides géophysiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : V.Zeitlin

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Ce cours prolonge le cours de mécanique des fluides de L3 et l'adapte résolument à l'atmosphère et à l'océan, en introduisant la dynamique des traceurs impliquées dans la circulation thermohaline de l'océan et l'effet de serre, la thermodynamique appliquée aux fluides, les effets de la stratification. Une attention particulière est donnée aux ondes de gravité externe, c'est à dire aux vagues de surfaces et aux ondes de marées. Les ondes internes sont aussi introduites ainsi que leur relation avec la météorologie de montagne et les brises de mer. Aux plus grandes échelles, les effets d'interaction entre rotation et stratification sont étudiés, ce qui amène à dériver la relation du vent thermique, ou l'analyse des mouvements aux échelles synoptiques en termes de tourbillon potentiel.

Ce cours dérive en particulier l'approximation quasi géostrophique, l'amortissement du tourbillon potentiel quasi géostrophique par la couche limite d'Ekman. Ce cours dérive aussi les équations du mouvement sur la sphère, ce qui amène à introduire le concept de moment cinétique essentiel pour expliquer la structure des vents de grande échelle dans l'atmosphère.

Remarques: Un prérequis en mécanique des fluides est souhaitable mais pas nécessaire.

Bibliographie:

An introduction to Dynamic Meteorology, J.R. Holton; Atmospheric and Oceanic fluid dynamics, G.K. Vallis

Code: GSC-M1-A08-S1

Géomécanique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Alexandre Schubnel

Autres enseignants : Yves Guéguen

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

La partie supérieure de la croûte terrestre intéresse particulièrement le géologue et le géophysicien confrontés aux problèmes ayant un impact direct sur l'activité humaine et mettant en jeu fluides et déformation (séismes et failles, réservoirs et stockages). Le module vise à permettre d'aborder ces questions avec les concepts et outils appropriés. Deux volets seront présentés de manière approfondie:

1. la compaction des roches poreuses (développement de surpression de fluide dans une couche sédimentaire, réservoirs, subsidence, stockage).

2. la fracturation des roches, la friction et la mécanique des séismes

Code: GSC-M1-A11-S1

Hydrologie

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Patrick Meunier

Autres enseignants : Alexandre Gelabert (IPGP), Yann Sivry (IPGP)

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Description: Contenu du cours :

Partie I - Hydrogéologie quantitative (J. Fortin)

- 1- Cycle de l'eau
- 2- Loi de Darcy
- 3- Hydrodynamique des aquifères

Partie II – Géochimie des eaux (A. Gelabert et Y. Sivry)

- 1- Outils thermodynamiques en chimie aquatique
- 2- Système carbonate
- 3- Traceurs isotopiques

Compétences visée à l'issue de ce cours :

- Comprendre les principes physiques régissant les écoulements souterrains
- Connaître les systèmes aquifères
- Savoir estimer les flux d'eau, les temps de transfert, le transport de polluants.
- Comprendre les modèles thermodynamiques associés à la chimie des solutions.
- Connaissance des principaux concepts en chimie des solutions et des outils associés.

Remarques: Des TDs sont donnés en support du cours et des TPs permettent de prendre en main le modèle de chimie-transport CHIMERE.

Bibliographie:

Hydrogéologie quantitative, de Ghislain de Marsily (ed. Masson)

Code: GSC-M1-A15-S1

Aérosols et Climat

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Pasquale Sellitto

Autres enseignants :

Type d'enseignement : (cours /TD, projet/exposé)

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Les aérosols atmosphériques sont des particules solides et liquides en suspension dans l'atmosphère. Ils jouent un rôle dans de nombreux processus atmosphériques et ils ont un impact potentiellement important sur le climat. À cause de la très importante variabilité spatiale et temporelle des caractéristiques microphysiques, chimiques et optiques de ces particules, l'effet global des aérosols sur le climat est considéré comme une des plus importantes inconnues du système climatique de la Terre. Ce cours est une introduction à la physique et la chimie des aérosols atmosphériques, et au forçage des aérosols sur le système climatique de la Terre. Les propriétés physico-chimiques des différentes typologies des aérosols (poussière minérale et sable désertique, cendre volcanique, sel marin, particules d'origine anthropique, etc) seront introduites et on discutera leurs sources et puits.

Un approfondissement sera fait sur les aérosols stratosphériques, principalement formés à partir des composés du soufre injectés lorsque certaines éruptions volcaniques majeures. L'importance des aérosols dans le transfert de rayonnement dans l'atmosphère sera discutée et les bases théoriques de l'interaction rayonnement-particules (la théorie de Mie) seront présentées. Une introduction aux techniques de mesure in situ et à distance sera, ensuite, proposée. Enfin, nous étudierons les différents aspects de l'impact des aérosols sur le climat, en particulier la diffusion et l'absorption du rayonnement solaire et terrestre (forçage radiatif direct) et les modifications des paramètres optiques et du temps de vie des systèmes nuageux (forçage radiatif indirect).

Plan du cours :

- Les aérosols atmosphériques : généralités, typologies, sources et puits, propriétés physiques, chimiques et optiques ;
- Les aérosols stratosphériques ;
- Modélisation des aérosols ;
- Effets radiatifs : interaction rayonnement-aérosols, la théorie de Mie pour une particule sphérique, généralisation à un ensemble de particules ;
- Observations des aérosols : mesures par télédétection et in situ ;
- Impact des aérosols sur le climat : effet radiatif direct, interactions aérosols-nuages.

Bibliographie:

Aérosols atmosphériques : Propriétés et impacts climatiques, Olivier Boucher, Springer-Verlag, Germany (ISBN : 9782817800547) ;

Absorption and Scattering of Light by Small Particles, Craig F. Bohren and Donald R. Huffman, Wiley-Blackwell, Germany (ISBN: 9780471293408).

Code: GSC-M1-A02-S1

Grands ensembles géologiques

Niveau : M1

Semestre S1 ECTS : 3

Responsable: N. Chamot-Rooke

Autres enseignants : M. Pubellier & M. Delescluse, L. Bollinger

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 30h

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Dans son acception la plus large, la géodynamique désigne l'étude de la dynamique de la Terre, et plus précisément l'ensemble des processus qui altèrent la surface du globe, qu'ils soient externes, atmosphériques par exemple, ou internes, comme les volcans ou les séismes. Le McGraw-Hill Science & Technology Dictionary présente la géodynamique comme une branche

de la géophysique qui consiste à mesurer, modéliser et interpréter les mouvements de la croûte et du manteau, voire du noyau. Le British Dictionary opte pour une branche de la géologie étudiant les forces et les processus à grande-échelle, et leurs effets sur la croûte et la lithosphère. Le cours de Géodynamique que nous proposons couvre donc à la fois les aspects géophysiques et géologiques de la déformation de la Terre, du court-terme au long-terme.

La tectonique des plaques est introduite, ainsi que les méthodes modernes de la cinématique, depuis l'instantané (mouvements actuels) jusqu'au fini (mouvements passés et reconstructions). Les déformations de l'écorce terrestre sont examinées à la fois à partir des mesures actuelles (géodésie, sismologie, failles actives) et à partir de l'étude des déformations des grands objets géologiques, en particulier les chaînes de montagne, depuis leur formation jusqu'à l'écroulement post-orogénique et l'ouverture des bassins de supra-subduction, les marges, du rifting au fonctionnement de la dorsale océanique, les zones de déformation intra-plaques continentales et océaniques. Les parties les plus théoriques du cours s'appuient sur les grands chantiers, ceux du laboratoire de géologie de l'ENS pour lesquels des spécialistes interviennent : la Méditerranée, l'Asie du Sud-Est, l'Himalaya-Népal, etc.

Le cours fait le lien entre les mesures géodésiques, qui renseignent sur les mouvements et la déformation actuelle, permanente ou transitoire, et les objets géologiques qui résultent de l'accommodation de ces mouvements aux frontières. Les solutions et modèles les plus pertinents, parfois contradictoires, sont évalués à partir d'articles récents qui font l'objet de présentations par les étudiants. Le but est d'aborder le problème des forces qui façonnent les grandes structures de notre globe via le couplage entre le profond et la surface.

À l'issue de ce module, les compétences acquises couvrent un panorama des méthodes modernes d'analyse et d'interprétation des mesures géophysiques utilisées en géodynamique, et une introduction aux grandes structures géologiques.

Code: GSC-M1-A16-S1

Sismo-tectonique

Niveau: M1

Semestre: S1 ECTS : 3

Responsable : Romain Jolivet

Autres Enseignants: Eric Calais

Type d'enseignement: Cours/TD/Projet

Volume Horaire: 30h

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit , Rapport de projet

Depuis l'avènement des techniques de mesure des déformations de la croûte terrestre, la compréhension de la dynamique des failles au cours du cycle sismique a radicalement évolué. Au cours de ce module, nous explorerons comment l'association de plusieurs techniques d'observation (géodésie, sismologie, géomorphologie, géologie, ...) a permis l'émergence de modèles mécaniques, basés sur des mesures de laboratoire, pour la description de l'activité des failles.

1. **Introduction:** Nous commencerons par une introduction sur l'historique des découvertes en sismotectonique au gré des différents séismes majeurs ayant eu lieu depuis une centaine d'année (Chili 1877, San Francisco 1906 Tokyo 1923, Chili 1960, ...) en lien avec les

notions de risque et d'aléa sismique et leur évolution au cours du temps. Cette introduction permettra d'introduire la notion de cycle sismique.

2. **Observer le cycle sismique:** Ensuite, Nous aborderons les différentes méthodes d'observations des phénomènes sismo-tectoniques (GPS, InSAR, Sismologie, Tsunamis, morpho-tectonique, ...). Cette exploration des différentes observables (déplacement de surface, micro-sismicité, tomographie, ...) permet de mettre en évidence les 3 phases du cycle sismique: inter-, co- et post-sismique.

3. **Quantifier les phénomènes:** Au cours de ces phases, nous mettrons en évidence les différents mécanismes permettant d'expliquer les déplacements observés en surface. L'accent sera mis sur la localisation et la quantification du glissement sismique et asismique au cours des différentes phases du cycle.

4. **Explorer les lois rhéologiques:** Nous traiterons différents modèles actuellement proposés pour expliquer, d'un point de vue mécanique, les différents modes de glissement sur les failles actives ainsi que les modes de réponse mécanique de la lithosphère au cours du cycle sismique.

5. **Récapitulatif, Discussion:** Nous terminerons ce module par l'exposé des grandes problématiques actuelles en ce qui concerne l'activité sismique des failles (i.e. Que peuvent apporter les modèles dynamiques de cycle sismique? Peut on vraiment parler de cycle? Comment intégrer les mécanismes déterminés à court terme dans la description des déformations sur des temps géologiques?)

À l'issue de ce module rassemblant cours magistraux, TD et un projet comptant pour le contrôle continu, les étudiants auront acquis une connaissance globale des phénomènes rythmant le cycle sismique, des méthodes d'observation de ces phénomènes et des modèles mécaniques proposés. Enfin, étant construit sur des exemples de séismes passés, ce module permet de présenter différents contextes sismo-tectoniques et de développer une culture générale de la sismologie et de la tectonique active.

Code: GSC-M1-A17-S1

Planétologie

Niveau: M1

Semestre: S1 ECTS : 3

Responsable : Aymeric Spiga

Autres Enseignants: Intervenants extérieurs

Type d'enseignement: Cours/TD/Projet

Volume Horaire: 30h

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

Le cours de Planétologie se propose d'illustrer en quoi chacune des approches des Géosciences trouve sa déclinaison dans l'étude des planètes du système solaire et leurs satellites, que la foison récente de missions spatiales a fait passer du statut d'objets astrophysiques à celui de systèmes géophysiques complets. Nous aborderons ainsi le rôle de la gravité (de l'orbitographie aux marées), les transferts d'énergie dans les enveloppes planétaires (des atmosphères aux intérieurs planétaires), la composition et la dynamique des atmosphères planétaires, les processus qui ont façonné les surfaces planétaires et, plus généralement, les planètes dans leur ensemble de l'atmosphère à l'intérieur. Nous baserons les cours et TDs sur de nombreuses images et principes qualitatifs, mais veillerons à proposer autant que possible des traitements quantitatifs reposant sur les notions abordées en L3. Le but du cours de Planétologie est moins

de tendre vers l'exhaustivité que de favoriser l'ouverture d'esprit et la remise dans un contexte élargi des concepts éprouvés en détail dans le cadre de l'environnement terrestre.

Bibliographie : *Planetary Science*, Imke de Pater & Jack J. Lissauer, Cambridge University Press.

Code: GSC-M1-B13-S1

Processus à l'échelle atomique

Niveau : M1, DENS

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Etienne Balan

Autres enseignants : Laurence Galois, Georges Calas

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/TD

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit

De nombreux processus naturels sont gouvernés par des mécanismes intervenant à très petites échelles. Le développement récent d'outils expérimentaux et théoriques, donnant accès à ces échelles dans le cas de matériaux complexes, permet d'explorer de nouveaux liens entre minéralogie, géochimie et géophysique.

Parmi les thèmes susceptibles d'être abordés dans ce cadre, on peut citer :

- L'origine microscopique des propriétés magnétiques et optiques des minéraux
- L'utilisation des défauts ponctuels comme témoins de conditions de formation des minéraux
- Les processus de diffusion à l'état solide
- La modélisation moléculaire des fractionnements isotopiques à l'équilibre
- Les verres et magmas; le contrôle du partage des éléments au stade magmatique
- La structure et la réactivité des interfaces minéral-solution

Bibliographie:

Blundy J, Wood B. (2003) Partitioning of trace elements between crystals and melts. Earth and Planetary Science Letters, 210, 383-397;

Brown G.E. and Calas G. (2012) Mineral-Aqueous Solution Interfaces and Their Impact on the Environment. Geochem. Persp., 1, 483-742;

Schauble E., Méheut M., Hill P.S. (2009) Combining metal stable isotope fractionation theory with experiments. Elements, 5, 369-374;

Watson E.B., Baxter E.F. (2007) Diffusion in solid-Earth systems. Earth and Planetary Science Letters, 253, 307-327

Second semestre M1 (M1, S2, 2^{ème} année) :

Le second semestre de M1 est entièrement dédié vers la découverte de la recherche.

Le second semestre est consacré principalement à un stage de recherche de 5 mois dans un laboratoire étranger (21 ECTS). Avant le départ en stage (début mars), 3 modules d'enseignement sont proposés :

- Glaciologie (5 jours, 3 ECTS)
- Télédétection (5 jours, 3 ECTS)
- Préparation d'une bibliographie sur le sujet du stage de recherche (8 jours, 3 ECTS)

Code: GSC-M1-D04-S2

Stage de recherche en laboratoire

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 21

Responsable : Patrick Meunier

Autres enseignants :

Type d'enseignement : Stage

Volume horaire : 5 mois

Modalités de contrôle des connaissances : Mémoire et soutenance orale

Stage individuel d'initiation à la recherche dans un laboratoire à l'étranger. Exposé et rapport de stage.

Département d'informatique de l'École normale supérieure DI/ENS

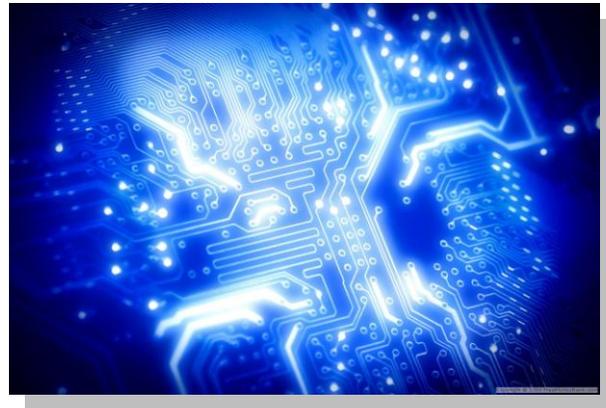
127

Site web: <http://www.di.ens.fr/>
Adresse: 45 rue d'Ulm, 75005 Paris

Directeur : Jean Ponce

Contact :

Direction des études : David Naccache
David.naccache@ens.fr



Le Département d'informatique propose aux normaliens des formations longues en Licence 3, Master et Doctorat.

Les deux premières années dotent le normalien des bases de l'Informatique. L'éventail des cours couvre les aspects théoriques, pratiques et appliqués de l'informatique, plus un complément de formation en mathématiques. La spécialisation se fait en troisième année, en choisissant parmi les cours offerts en Master 2 en région parisienne. Un stage de formation à la recherche ponctue chaque année : deux mois en France ou en Europe la première année, un semestre à l'étranger la deuxième année, et un semestre la troisième année. En suivant en parallèle des enseignements complémentaires, les normaliens obtiennent alors le diplôme de l'ENS.

C'est une formation par la recherche : les enseignants sont aussi des chercheurs, et diverses questions de recherche sont abordées au fil des cours. Chaque promotion de normaliens produit son lot de publications, logiciels ou brevets durant ces années.

Ultérieurement, plus des trois quarts des normaliens du département d'informatique optent pour un Doctorat, en France ou à l'étranger. Les autres optent pour l'industrie (start-up ou entreprise internationale), l'enseignement, les Corps d'État, et bien d'autres voies. Il y a énormément de débouchés pour qui possède aujourd'hui une solide formation initiale en informatique. Près du tiers des anciens du département d'informatique font partie dix ans plus tard du «*Who's Who*» de l'informatique mondiale.

Double Licence en Mathématiques et Informatique – Coursus Math-Info :

Le double cursus Math-Info permet d'obtenir en un an la L3 de mathématiques et la L3 d'informatique. Ce cursus comprend des cours d'informatique, des cours de mathématiques, un cours spécifique math-info, un mémoire et un stage.

LES ENSEIGNEMENTS

Code: INFO-AA-SEMINAIRE-A

Séminaire général du département d'informatique

Niveau: IN

Semestre: A ECTS: 3

Responsable :

Type d'enseignement : *séminaire*

Volume horaire : 24h environ

Le séminaire général du Département d'Informatique rassemble des exposés généraux conçus pour être accessibles à tous : élèves/étudiants, doctorants, chercheurs.

Il a lieu le mercredi tous les 15 jours environ à 17h00 dans une salle de l'ENS.

Le programme est publié sur : <http://www.di.ens.fr/SeminaireGeneral.html.fr>

Une participation régulière pendant la scolarité à ENS (environ 24 séminaires) peut permettre d'obtenir 3 ECTS pour le diplôme de l'ENS.

L'élève/étudiant devra veiller que ses coordonnées soient bien inscrites sur la feuille de présence des séminaires et demander la validation de ces ECTS lors de sa dernière année de scolarité.

Code: INFO-M1-MOOCALGO-A

MOOC "Algorithmes d'Approximation"

Niveau: M1

Semestre: A ECTS: 0

Responsable : MATHIEU Claire

Type d'enseignement : cours interactif diffusé sur le web

Volume horaire :

Cours en ligne MOOC (*Massive Online Open Course*), "Algorithmes d'Approximation" cours interactif diffusé sur le web. Niveau M1

Plus d'informations sur :

<http://www.ens.fr/savoirs/mooc-et-flot/>

<https://www.coursera.org/ens>

Code: INFO-IN-PROGRA-S2

Initiation à la programmation pour non-informaticiens

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS: 3

Responsable : LI Zhentao

Type d'enseignement : *cours, projet*

Volume horaire : 24h environ

Ce cours est ouvert aux élèves de toutes les disciplines, littéraires comme scientifiques. Aucune connaissance préalable en programmation n'est requise.

Le cours n'est pas orienté à priori vers une application particulière. Il s'adaptera aux besoins des élèves. Il sera utile au non informaticien qui aura un jour à programmer rapidement une simulation, mais aussi à toute personne souhaitant comprendre comment sont faits les programmes informatiques.

- Python en ligne de commande (la calculatrice, les variables, les types, ...)
- Programmation (scripts, conditions, boucles, fonctions)
- Calcul scientifique en Python (Scipy/Numpy/PyLab)
- Calcul efficace : programmation vectorielle (comme Matlab)

Descriptif détaillé du cours sur :

<http://diplome.di.ens.fr/#InitiationProgrammationNonInformaticiens>

Remarques : cours du 2^e semestre prévu le mercredi de 17h à 19h

Vérifier date de début et salle sur : <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie : voir sur <https://www.di.ens.fr/~zhentao/intropython/>

Code: INFO-L3-ALGOPRO-S1

Algorithmique et programmation

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : BOUILLARD Anne

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD, projet*

Volume horaire : 48h cours/TD, 24h projet

L'enseignement comprend trois parties : cours de base, cours avancé, et projet. Chaque semaine le cours comporte deux parties indépendantes, la première couvrant des notions de base et la deuxième des notions avancées. Le cours de base est standard, son contenu se trouve dans des livres d'algorithmique types tels que le Kleinberg-Tardos ou le Cormen-Leiserson-Rivest-Stein ; les TDs développent et les examens évaluent les notions vues en cours de base. Le cours avancé présente des algorithmes plus sophistiqués (les élèves ne sont pas évalués sur son contenu). Le projet met en pratique la programmation en C par l'implémentation d'un algorithme ou d'une structure de données.

Prérequis

Quelques bases de programmation. Algorithmique élémentaire : recherche dichotomique, tri par insertion, tri par sélection, arbres binaires de recherche, graphes (définition), parcours en largeur d'abord ou en profondeur d'abord.

Cours de base

1. Files de priorité. Structure de données tas. Tri-tas. Algorithme de Dijkstra. Algorithme de Prim. Algorithme de Huffman.
2. Complexité du tri-fusion. Complexité en moyenne du tri-rapide. Arbres de décision et bornes inférieures.
3. Algorithme de Kruskal. Algorithme de Boruvka. Structure de données "Union-Find".
4. Arbres rouges-noirs, arbres éclatés ("splay").
5. Transformée de Fourier rapide.

6. Hachage. Filtres de Bloom.
7. Programmation dynamique. Plus courts chemins entre tous les sommets d'un graphe. Chaîne de Markov cachée.
8. Algorithmes sur les mots : Alignement de séquences, recherche de sous-mots.
9. Algorithmes de graphes : composantes connexes, points d'articulation, composantes fortement connexes, 2-SAT.
10. Flots.
11. Programmation linéaire. Dualité. Algorithme du simplexe.
12. Multiplication, exponentiation.
13. Réductions et NP-complétude

Cours avancé

On traitera de sujets choisis par exemple parmi les sujets suivants. Structures de données avancées : Tas binomiaux. Géométrie algorithmique et diagramme de Voronoï. Fonction d'Ackermann inverse et analyse de la structure de données "Union-Find". Structure de données de Tarbres ("treaps"). Algorithmes en ligne: problème de location de skis. Algorithmes de type "streaming". Algorithme des quatre russes. Algorithmes et théorie des jeux. Couplages : algorithme d'Edmonds. Algorithmes d'approximation. Méthode de l'ellipsoïde. Algorithme de Goemans et Williamson. Test de primarité. Optimisation stochastique. Algorithmes FPT. Arbres suffixes.

Descriptif détaillé du cours sur : <http://diplome.di.ens.fr/#AlgorithmiqueEtProgrammation>

Horaires et salles à vérifier en septembre sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Validation : devoirs à la maison, projet avec soutenance, un partiel et un examen

Bibliographie et page du cours : <http://www.di.ens.fr/algoL3/>

Code: INFO-L3-STAGE-S2

Stage de L3 entre juin et août

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : BOUILLARD Anne

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *stage, exposé.*

Volume horaire : Environ 2 mois

Le normalien en L3 d'informatique doit effectuer un stage d'initiation à la recherche en informatique de 2 mois environ, entre début juin et fin août, dans un laboratoire (universitaire ou industriel) prioritairement en province, pour valider 12 ECTS pour la licence (L3). Un rapport de stage doit être remis fin août et une soutenance effectuée début septembre.

Les propositions de stages de L3 en 2016 :

<http://www.di.ens.fr/%7Ebouillar/Stages2016/>

Informations mises à jour sur : <http://diplome.di.ens.fr/#StageL3>

Code INFO-L3-SAA-S1

Structures et Algorithmes Aléatoires

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : BOUILLARD Anne

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : environ 35h de cours et 28h de TD

Objectif : Ce cours vise à donner aux étudiants les bases de probabilités qui sont utilisées dans divers domaines de l'informatique (algorithmique, algorithmes stochastiques, réseaux de communication,...)

Plan : ce cours est divisé en deux parties :

Probabilités discrètes et applications

- Variables aléatoires, indépendance, conditionnement

- Méthode probabiliste

- Graphes aléatoires

Modèles markoviens

- Chaînes de Markov, comportement asymptotique

- Simulation Monte Carlo et simulation parfaite

- Champs de Gibbs

Pour chaque thème abordé, des exemples d'application dans divers domaines de l'informatique seront présentés.

Descriptif de ce cours sur : [http://diplome.di.ens.fr/#Structures et Algorithmes Aleatoires](http://diplome.di.ens.fr/#Structures_et_Algorithmes_Aleatoires)

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : <http://www.di.ens.fr/~bouillar/SAA/index.html>

Code: INFO-L3-SYSDIG-S1

Système digital : de l'algorithme au circuit

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : NACCACHE David

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD, projet*

Volume horaire : 48h cours/TD, 24h projet

Le **cours théorique** présente la composante **matérielle** du monde informatique. Des principes de conception et de réalisation des **circuits**, à diverses applications du calcul numérique haute performance : en physique, électronique, algèbre et télécommunication. Chaque application va de l'algorithme (logiciel) au circuit (matériel) : mêmes opérations, autres performances.

La **partie pratique** du cours est un projet, à réaliser par groupes : chaque groupe doit entièrement concevoir un **microprocesseur**, et le réaliser au moyen de portes logiques élémentaires ; il faut ensuite simuler les portes en fonctionnement, et programmer le microprocesseur pour en faire une *montre numérique*, simulée en temps-réel.

Descriptif détaillé du cours : http://diplome.di.ens.fr/#Systeme_digital

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Validation : Projet + examens

Code: INFO-L3-SYSRES-S2

Systèmes et réseaux

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : POUZET Marc

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 48h cours/TD, 24h projet

Le cours présente les concepts fondamentaux des systèmes d'exploitation, leur utilisation et leur mise en œuvre dans le système Unix. La première partie étudie le cas d'Unix: organisation de la mémoire, systèmes de fichiers, gestion des processus lourds et léger ("threads"), signaux, communication entre processus, interruption, ordonnancement preemptif, pipes, sockets. La seconde partie étudie les problèmes classiques: interblocage et famine entre processus, courses critiques, prise en compte des temps de calcul, etc. Le cours aborde la modélisation de ces questions et comment les techniques de vérification formelle automatiques permettent de définir des implémentations prouvées correctes.

Un projet de programmation est présenté en début du cours. Il est réalisé en groupe (typiquement en binome) et donne lieu à une soutenance. Une feuille de TD est distribuée à chaque cours. L'évaluation est réalisée sur la base d'un devoir sur table (2h) et de la note du projet.

Descriptif du cours : http://diplome.di.ens.fr/#Systemes_et_reseaux

Cours le jeudi après-midi à ENS à compter de février.

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : <http://www.di.ens.fr/~pouzet/cours/systeme/>

Code: INFO-M1-THEOIC-S2

Théorie de l'information et codage

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : BOUILLARD Anne

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : environ 60h cours/TD

Ce cours présente la théorie de l'information et du codage dans un cadre discret.

On s'intéresse à la quantité d'information contenue dans un message et aux moyens de transmettre ce message à travers un canal bruité.

On s'intéresse donc à la fois aux méthodes de compression des données et aux méthodes de détection et de correction d'erreurs.

I - Compression des données : taux de compression et entropie ;algorithme de Huffman, Ziv-Lempel et optimalité

II - Canal de transmission : capacité d'un canal, théorème de Shannon

III - Codes correcteurs d'erreurs : codes linéaires, codes cycliques, code de Hamming, codes BCH.

Descriptif du cours : [http://diplome.di.ens.fr/#TheorieInformation et codage](http://diplome.di.ens.fr/#TheorieInformation%20et%20codage)

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Ce cours devient en 2015-2016 le cours spécifique maths-Info obligatoire pour les élèves de Maths et d'Info qui suivent cette filière

Code: INFO-L3-MIIMC-S2

Traitement du signal

Niveau : L3

Semestre: S2, ECTS : 9

Responsable: MALLAT Stephane

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD.

Volume horaire : Environ 48h cours/TD

Ce cours présente le traitement du signal digital en lien avec les outils d'analyse harmonique, de probabilité et de statistique, sur lequel il repose.

On verra des applications et algorithmes pour le traitement des sons et de l'image.

Les sujets suivants seront couverts:

- Intégrale de Fourier et transformée de Fourier discrète.
- Filtrage et théorèmes d'échantillonnage
- Analyse temps-fréquence et traitement des sons.
- Modélisation par processus stationnaires et débruitage par filtrage de Wiener.
- Approximations non-linéaires et parcimonieuses par ondelettes pour le débruitage.
- Théorie de l'information, entropie et codage.
- Compression de sons et d'images dans des bases orthonormales.

Chaque séance de cours sera suivie par un TD ou quelques TP sur ordinateur.

Descriptif du cours : <http://diplome.di.ens.fr/#TraitementSignal>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : <http://www.di.ens.fr/~mallat/>

Code: INFO-L3-SEMVP-S2

Sémantique et application à la vérification de programmes

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : RIVAL Xavier

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : Environ 48h

Dans ces cours, nous étudierons les techniques permettant de raisonner sur les programmes, afin de vérifier des propriétés de correction.

Nous nous intéresserons tout d'abord aux fondements de la sémantique des langages de programmations, et à la notion de preuve de programmes à l'aide de triplets "à la Hoare".

Ensuite, nous formaliserons les différents types de propriétés intéressantes (sûreté, vivacité, sécurité).

Enfin, nous aborderons plusieurs approches permettant de vérifier des programmes de manière automatique (analyse statique par interprétation abstraite, vérification de modèles de systèmes finis, résolution modulo théorie): l'inférence des étapes de la preuve est alors confiée à un autre programme informatique.

Descriptif détaillé du cours sur : <http://diplome.di.ens.fr/#SemantiqueVerification>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Code-L3-LAPROCO-S1

Langages de programmation et compilation

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : FILLIATRE Jean-Christophe

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD, projet*

Volume horaire : 50h cours / TD et 24h projet

Ce cours présente les principaux concepts des langages de programmation au travers de l'étude de leur compilation, c'est-à-dire de leur traduction vers le langage machine. Les TDs ont pour objectif de programmer certaines des notions vues en cours. L'évaluation comprend un projet consistant en la réalisation d'un petit compilateur.

Descriptif détaillé du cours sur :

[http://diplome.di.ens.fr/index.html#Langages de programmation et compilation](http://diplome.di.ens.fr/index.html#Langages_de_programmation_et_compilation)

Évaluation : examen + projet

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie : voir sur <https://www.lri.fr/~filliatr/ens/compil/>

Code: INFO-L3-LOGIN-S2

Logique informatique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : GOUBAULT-LARRECQ Jean

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 40h cours/TD

Ce cours explore les bases du lambda-calcul, un outil inventé par le logicien Alonzo Church dans les années 1930 et qui est aujourd'hui fondamental tant en sémantique des langages de programmation (informatique) qu'en théorie de la preuve (logique).

1. Lambda-calcul pur, (non-)terminaison, confluence, standardisation
2. Lambda-calcul typé, correspondances de Curry-Howard pour diverses logiques, classiques ou intuitionnistes, allant de la logique propositionnelle minimale (types simples) à l'arithmétique du second ordre (système F)
3. Machines, lambda-calculs à substitutions explicites, et propriétés mathématiques d'iceux

Descriptif du cours sur : http://diplome.di.ens.fr/#Logique_et_informatique

Remarques :

Cours de l'ENS Cachan ayant lieu à l'ENS Cachan mais proposé aux élèves/étudiants de Ulm.

Horaires et salles à vérifier en janvier sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : <http://www.lsv.ens-cachan.fr/~goubault/Lambda/loginfoindex.html>

Code: INFO-L3-LAFORMCC-S1

Langages formels, calculabilité et complexité

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : VERGNAUD Damien

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : 48h cours/TD, 24h projet/mémoire

1: Langages réguliers, leurs propriétés et leur caractérisation par automates, expressions régulières, formules logiques, monoïdes. Langages sans étoile.

Premières notions sur les langages de mots infinis.

2: Grammaires et hiérarchie de Chomski. Langages hors contexte, leurs propriétés, leur caractérisation par automates à pile

3: Calculabilité (fonctions récursives et Machines de Turing). Problèmes décidables, indécidables, semi-décidables.

4: Complexité en temps et espaces. Bornes de complexité. Classes de complexité (NP, Pspace) et problèmes complets.

Descriptif du cours sur : <http://diplome.di.ens.fr/#LangagesFormels>

Évaluation : examen écrit et oral.

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Code: INFO-L3-DB-S2

Bases de données

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : SENELLART Pierre

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 48h cours/TD

Ce cours présente une introduction aux bases de données en insistant plus particulièrement sur le modèle relationnel et avec des ouvertures sur le Web. Les sujets couverts incluent : les langages de requêtes, les structures d'accès, l'optimisation de requêtes, la gestion de transaction, les bases de données distribuées. Les TDs seront orientés bases de données pour applis Web.

Descriptif du cours sur : [http://diplome.di.ens.fr/#Bases de donnees](http://diplome.di.ens.fr/#Bases_de_donnees)

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Code: INFO-L3-MIIME-S2

Exposé L3 des cursus info-maths et maths-info

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : BOUILLARD Anne

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *exposé*

Volume horaire :

Cet exposé est proposé aux élèves d'informatique et aux élèves de mathématiques qui suivent la filière info-maths de 1^{ère} année.

C'est un travail bibliographique, encadré par un chercheur, et se terminant par la rédaction d'un mémoire et une soutenance. Le sujet de cet exposé-mémoire est lié au sujet de stage d'informatique de L3.

L'élève choisit un sujet d'exposé en début de 2^e semestre.

Il rencontre, plusieurs fois dans le semestre, l'encadrant de son exposé qui suit l'avancement de son travail.

Les propositions de stages de L3 et de sujets de mémoire maths-info en 2015 :

<http://www.di.ens.fr/~bouillar/Stages2016/>

Consignes pour les stages et les Exposés/mémoires du cursus maths-informatique :

<http://www.di.ens.fr/~bouillar/Stages/>

Code: INFO-M1-APPREN-S1

Apprentissage Statistique

Niveau : M1

Semestre : 1, ECTS : 9

Responsable : BACH Francis

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 48h

L'apprentissage statistique est une discipline en plein essor à l'interface de l'informatique et des mathématiques appliquées (probabilités / statistiques, optimisation, etc.) et qui joue aujourd'hui un rôle majeur en matière d'innovation technologique.

A la différence d'un cours de statistique traditionnel, l'apprentissage statistique se préoccupe particulièrement de l'analyse de données de grande dimension ainsi que de l'efficacité des algorithmes pour traiter d'importants volumes de données telles que rencontrées dans des domaines d'applications divers tels l'analyse d'image et du son, le traitement automatique du langage, la bioinformatique ou la finance.

L'objectif du cours est de présenter les théories et algorithmes majeurs de l'apprentissage statistique. Les méthodes abordées reposeront en particulier sur des arguments d'analyse convexe.

Descriptif détaillé du cours sur : http://diplome.di.ens.fr/#Apprentissage_statistique

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Code: INFO-M1-MODRES-S1

Modèles et Algorithmes des Réseaux Sociaux

Niveau : M1

Semestre : 1, ECTS : 9

Responsable : BUSIC Ana

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 48h

Ce cours constitue une introduction aux techniques mathématiques et algorithmiques nécessaires à la modélisation et à l'étude des réseaux. Les problématiques étudiées seront principalement celles des réseaux de communications, des réseaux sociaux et des réseaux d'énergie.

L'objectif du cours est d'étudier des problématiques spécifiques aux réseaux de grande taille. En particulier, nous allons nous intéresser à l'émergence d'une coordination globale à travers des actions locales, fondées sur une vision partielle et locale du système. Nous allons étudier des problèmes suivants : partage de ressources dans un réseau, émergence d'opinion et la coordination distribuée, propagation d'informations et d'influences, distribution de contenus.

Quelques exemples des applications concrètes abordées : Pourquoi l'Internet ne s'écroule pas sous la congestion ? Est-il équitable que mon voisin a un meilleur débit que moi ? Comment marchent les moteurs de recherche ? Peut-on améliorer son influence sur les réseaux sociaux ? Peut-on avoir une énergie renouvelable et fiable ?

Nous allons utiliser principalement l'optimisation convexe, l'algorithmique distribuée, les algorithmes et modèles probabilistes.

Descriptif détaillé du cours sur : <http://diplome.di.ens.fr/#ModelesAlgorithmesReseaux>

Bibliographie sur : <http://www.di.ens.fr/~busic/mar/>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Code: INFO-M1-MPRI113-S2

Initiation à la cryptologie

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : POINTCHEVAL David

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 48h cours/TD

Ce cours sert à la fois d'initiation à la cryptologie et de préparation au cours de niveau 2. Il s'adresse aux étudiants ayant un goût pour l'algorithmique, à la fois dans ses aspects mathématiques et dans ses aspects pratiques. Le but de ce cours est d'enseigner la problématique de la cryptologie, et les principaux outils utilisés par la cryptologie pour proposer des solutions aux problèmes de sécurité.

- Introduction à la cryptographie
- Cryptographie symétrique.
- Compléments d'algorithmique.
- Cryptographie asymétrique.
- Protocoles.
- Applications.

Descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-1-13>

Cours le lundi après-midi au 2^e semestre.

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-1-13>

Code: INFO-M1-VISA-S1

Introduction à la vision artificielle

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : PONCE Jean

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 48h cours/TD

Ce cours présente les principes et les fondations techniques de la vision artificielle, un domaine scientifique dont le but est de doter les ordinateurs de la capacité d'interpréter le contenu des images numériques (photographies et vidéos).

Le cours comprend des exercices de programmation en Matlab/Scilab.

Descriptif détaillé du cours sur : http://diplome.di.ens.fr/#Introduction_vision_artificielle

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie :

D.A. Forsyth et J. Ponce, "Computer Vision: A Modern Approach", Prentice-Hall, 2002.

Code: INFO-M1-MPRI123-S2

L'informatique scientifique par la pratique

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : NACCACHE David

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD, rédaction d'article

Volume horaire : Environ 24h cours, 48h projet/mémoire

Le cours d'Informatique scientifique par la pratique permet aux élèves de s'initier à la rédaction d'un article en s'attaquant à un véritable problème de recherche.

Le travail s'effectue en appliquant des techniques mathématiques et informatiques vues lors de divers cours de l'ENS et en explorant et en apprenant de nouveaux outils, autant que nécessaire.

Les étudiants se voient exposer au début du cours plusieurs défis mathématiques et informatiques et forment des groupes.

Chaque défi est analysé par le groupe (sous la supervision de l'enseignant et ses doctorants) et des solutions théoriques lui sont proposées et débattues.

Les solutions sont ensuite analysées et programmées. Les résultats sont structurés (en anglais) sous la forme d'un article de « professionnel » qui peut être soumis à une conférence, à un comité de lecture (ou même à un journal).

40% des articles préparés dans le cadre du cours sont effectivement parus (après avoir été sélectionnés par des comités de lecture) à des conférences internationales.

Les publications ont souvent été cosignées avec des chercheurs expérimentés qui ont intégré les modèles, la théorie ou les programmes des élèves dans des travaux de recherche globaux (à ce jour, ces chercheurs appartiennent à Telecom ParisTech, Ecole des mines de Saint Etienne, Samsung Research, Altis Semiconductor, Université de Bucarest, Ingenico, Technische Universität Darmstadt, University of Bristol, Morpho, ETS Montréal, Université Paris 8 etc).

Voir emplois du temps sur : <http://diplome.di.ens.fr/>

Descriptif du cours sur : <http://diplome.di.ens.fr/#InformatiqueScientifiquePratique>

Code: INFO-M1-MPRI117-S1

Complexité avancée

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : GOUBAULT-LARRECQ Jean

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 48h cours/TD

La théorie de la complexité va bien au-delà de celle de la NP-complétude. Le but de ce cours est d'aller regarder un certain nombre d'autres constructions fondamentales de la théorie de la complexité: complexité en espace, notions de machines alternantes, ou randomisées. On y verra quelques théorèmes fascinants: l'équivalence du temps alternant et de l'espace déterministe par exemple, ou le théorème $IP=PSPACE$ de Shamir.

Descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-1-17>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Ce cours a lieu à ENS Cachan.

Bibliographie sur <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-1-17>

Code: INFO-M1-OPTCOCO-S1

Optimisation Combinatoire et Convexe

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : D'ASPREMONT Alexandre

Autres enseignants : LI Zhentao

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 60h

Descriptif

Ce cours est une introduction aux problèmes et concepts en optimisation combinatoire et convexe. Le but est d'apprendre à reconnaître, transformer et résoudre ces problèmes d'optimisation.

Nous regarderons de manière plus approfondie les notions de théorie des graphes, de programmation linéaire et de flots vus dans le cours Algorithmique et Programmation.

Une partie du cours traitera de l'analyse convexe, de la dualité et de la théorie des couplages et ses applications. L'autre moitié se porte sur les algorithmes, notamment les algorithmes de premier ordre et les méthodes de point intérieur, du simplexe et de l'ellipsoïde.

Plusieurs applications illustreront les techniques vus dans ce cours.

Evaluation : Projet avec soutenance et examen écrit

Descriptif détaillé du cours sur : <http://diplome.di.ens.fr/#Optimisation>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : <http://diplome.di.ens.fr/#Optimisation>

Code: INFO-M1-MPRI119-S1

Planification de mouvement en robotique et en animation graphique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : LAUMOND Jean-Paul

Autres enseignants : MANSARD Nicolas

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 30h cours/15hTD

La planification de mouvement s'intéresse au calcul automatique de chemins sans collision pour un système mécanique (robot mobile, bras manipulateur, personnage animé...) évoluant dans un environnement encombré d'obstacles. Les méthodes consistent à explorer l'espace des configurations du système : une configuration regroupe l'ensemble des paramètres permettant de localiser le système dans son environnement. Aux obstacles de l'environnement correspondent des domaines à éviter dans l'espace des configurations. La planification de mouvement pour le système mécanique se trouve ainsi ramenée au problème de la planification de mouvement d'un point dans une variété non simplement connexe.

Descriptif détaillé du cours sur :

[http://diplome.di.ens.fr/#Planification de mouvement en robotique](http://diplome.di.ens.fr/#Planification_de_mouvement_en_robotique)

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : [http://diplome.di.ens.fr/#Planification de mouvement en robotique](http://diplome.di.ens.fr/#Planification_de_mouvement_en_robotique)

Code: INFO-M1-MPRI120-S1

Catégories, lambda-calculs

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : MELLIES Paul-André

Autres enseignants :

Type d'enseignement : Cours et TD

Volume horaire : Environ 36h cours/24hTD

Ce cours s'intéresse à la syntaxe et à la sémantique des langages de programmation, à partir du lambda-calcul. On rappellera les principaux théorèmes syntaxiques du lambda-calcul: confluence, standardisation, résultats de terminaison. Puis on étudiera les modèles du lambda-calcul : pour ce faire, le langage de la théorie des catégories sera utilisé.

Plus généralement, les catégories servent à interpréter bien des extensions du lambda-calcul (avec références, exceptions, etc.), ainsi qu'à comprendre et structurer des notions de concurrence (notamment la notion de bisimulation). Le cours fournit une introduction assez générale et complète au formalisme catégorique, et l'applique à la sémantique des langages de programmation.

Interpréter un langage dans un modèle s'apparente à une compilation, et les modèles offrent ainsi des occasions de retour sur la syntaxe : machines abstraites pour l'exécution des programmes, preuves de propriétés de programmes. Dans le même ordre d'idées, ce sont des observations sur un modèle du lambda-calcul qui ont conduit Girard à la logique linéaire, munie de connecteurs exprimant un contrôle sur l'usage des hypothèses vues comme ressources, ou bien plus récemment Thomas Ehrhard au lambda-calcul différentiel, qui relie de manière originale substitution et... formule de Taylor.

Descriptif détaillé du cours sur : <http://diplome.di.ens.fr/#CategoriesLambdaCalculs>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Bibliographie sur : <http://diplome.di.ens.fr/#CategoriesLambdaCalculs>

et sur : <http://www.pps.univ-paris-diderot.fr/~mellies/mpri-ens.html>

Code: INFO-M1-PROGPARA-S1

Programmation parallèle et réactive

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : COHEN Albert

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 60h

Descriptif

Le calcul parallèle s'est progressivement imposé dans la quête de performance, touchant désormais tous les domaines de l'informatique et de ses applications. D'autre part, les systèmes réactifs, également appelés cyberphysiques, s'étendent du contrôle embarqués aux interfaces graphiques et réseaux de capteurs. Ce nouveau cours choisit de placer la correction et la modularité comme objectifs prioritaires d'une introduction à la programmation parallèle et concurrente.

La première partie du cours explore les principales formes de parallélisme, en mettant en avant les constructions déterministes, leur expression dans les langages de programmation, les compromis entre abstraction et efficacité, en mémoire partagée ou distribuée. Nous utiliserons le langage Rust, et le cours comportera deux ouvertures sur le traitement de masses de données distribuées et sur l'accélération sur GPU.

Dans une deuxième partie, nous étudierons le parallélisme coopératif et synchrone dans les systèmes réactifs, leur implémentation distribuée, les liens avec la programmation par événements, et la compilation du parallélisme pour concilier modularité, performances et sûreté de fonctionnement. Nous utiliserons le langage ReactiveML, et le cours ouvrira sur la vérification formelle de programmes parallèles et réactifs.

Nouveau cours de M1 en 2016-2017

Descriptif détaillé du cours sur <http://diplome.di.ens.fr/#ProgramParalleleReactive>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Code:-INFO-M1-STAGEE-S2

Stage long M1 étranger pays non francophone

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 30

Responsable : POUZET Marc

Autres enseignants

Type d'enseignement : *stage, exposé*

Volume horaire : 5 mois environ

Le normalien en M1 d'informatique doit effectuer un stage de recherche de 5 mois environ dans un laboratoire à l'étranger pour valider 30 ECTS dans le cadre de son diplôme M1.

Le normalien est aidé dans sa recherche de stage par son tuteur, le responsable des stages de M1 et le directeur des études d'informatique. Une réunion de préparation des stages de M1 a lieu courant octobre pour que tous les stages soient trouvés fin décembre.

Le sujet, le descriptif et le lieu de chaque stage doit être approuvé par le directeur des études d'informatique.

Stage de 5 mois environ entre février et fin août.

Code: INFO-M1-STAGEFF-S2

Stage long M1 pays francophone pour étudiant francophone

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 30

Responsable : POUZET Marc

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *stage, exposé.*

Volume horaire : 5 mois environ

Le normalien en M1 d'informatique doit effectuer un stage de recherche de 5 mois environ dans un laboratoire à l'étranger pour valider 30 ECTS dans le cadre de son diplôme M1.

Stage de 5 mois environ entre février et fin août.

Dans les cas où un normalien ne peut pas faire ce stage à l'étranger (pour des raisons de santé, etc.), il devra suivre un cours de langue vivante étrangère pour respecter l'article de l'arrêté du 25 avril 2002 relatif au diplôme national de master

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000771847&dateTexte=&categorieLien=id>

qui stipule que "Le diplôme de master ne peut être délivré qu'après validation de l'aptitude à maîtriser au moins une langue vivante étrangère. Les parcours types de formation comprennent des enseignements permettant aux étudiants d'acquérir cette aptitude. "

Code: INFO-M1-STAGEFE-S2

Stage long M1 pays francophone pour étudiant non francophone

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 30

Responsable : POUZET Marc

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *stage, exposé*

Volume horaire : 5 mois environ

Le normalien en M1 d'informatique doit effectuer un stage de recherche de 5 mois environ dans un laboratoire à l'étranger pour valider 30 ECTS dans le cadre de son diplôme M1.

Stage de 5 mois environ entre février et fin août

Ce stage long de M1 peut être effectué en France pour les normaliens étrangers non francophones et comptera 30 ECTS.

Code: INFO-M2-MPRI200-S2

Stage de recherche M2 du MPRI

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 30

Responsable : SENELLART Pierre (pour les étudiants de l'ENS Paris)

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *stage, exposé*

Volume horaire : 4 mois et demi environ

Le 2^e semestre du M2 du MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) est consacré à un stage de recherche dans un laboratoire français ou étranger.

Le sujet, le descriptif et le lieu du stage de chaque étudiant doit être validé par le correspondant MPRI de l'établissement de rattachement de l'étudiant.

Pour valider ce stage, l'étudiant doit remettre un rapport de stage d'une vingtaine de page vers la fin août et effectuer une soutenance d'environ 30 minutes début septembre devant un jury composé des responsables et/ou d'enseignants du MPRI.

Plus de renseignements sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=stages>

Code: INFO-M2-MPRI21-S1

Logique linéaire et paradigmes logiques du calcul

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : DI COSMO Roberto

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours/TD*

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.1

Une analyse fine des calculs de séquents classiques et intuitionnistes permet de concevoir des logiques plus adaptées aux problèmes de l'informatique et de développer, grâce à la correspondance de Curry-Howard des formalismes intermédiaires entre le λ -calcul et les vrais langages de programmation.

Ce cours a pour but de donner une vision d'ensemble des motivations et des applications d'une de ces logiques, la Logique Linéaire, qui permet une analyse plus fine des processus de démonstration et de calcul, et d'introduire les notions de base des calculs intermédiaires les plus connus. On montrera dans le cours comment ces deux approches se rejoignent, à travers des interprétations calculatoires adaptées.

Ce cours dédie une attention toute particulière aux aspects syntaxiques et calculatoires des formalismes logiques.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-1>

Code: INFO-M2-MPRI22-S1

Modèles des langages de programmation : domaines, catégories, jeux

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : MELLIES Paul-André

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*
Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.2

La filière introduira aux méthodes développées par la sémantique dénotationnelle pour décrire mathématiquement les langages de programmation fonctionnels, organisés autour d'un noyau de lambda-calcul. Le cours traitera des deux piliers du sujet: domaines de Scott et sémantique des jeux, et soulignera les points de convergence avec la théorie de la démonstration et la théorie des catégories.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-2>

Code: INFO-M2-MPRI231-S1

Concurrence

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : HAUCOURT Emmanuel

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.3.1

Starting from a fragment of the toy language introduced by E. W. Dijkstra, we explain how directed algebraic topology can be applied to the study of concurrency.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-3>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-3>

Code: INFO-M2-MPRI232-S1

Fondements de la confidentialité des données

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : PALAMIDESSI Catuscia

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.3.2

The course aims at presenting modern approaches to privacy protection, in a wide range of applications such as anonymous communication systems, statistical databases, location based systems, information flow analysis in software, etc. We will put a particular emphasis on the foundational and formal aspects, proposing rigorous definitions of privacy properties, and providing analyses and proofs of correctness of the methods to achieve them. In accordance with the modern tendency, we will adopt a quantitative point of view, and reason in terms of degree of leakage, risk of privacy violation, etc. (rather than presence / absence of leakage, risk, etc.). In general, this will amount to take into account the probabilistic dimension, and formalize the protection of sensitive information in terms of bounds on the probabilistic knowledge of the adversary, and on the probability of success of its attacks.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-3-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-3-2>

Code: INFO-M2-MPRI24-S1

Programmation fonctionnelle et systèmes de types

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : REMY Didier

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.04

This course presents the principles and formalisms that underlie many of today's typed functional programming languages.

In the first part, we present some transformations of functional programs that are used in programming or in the compilation of functional programs, in particular into abstract machine code; we show that the operational semantics of programs is preserved by these transformations; in some cases, well-typedness is also preserved.

The second part of the course presents the basis of type systems. We study various type systems, all of which aim to guarantee, before a program is executed, that it is safe (i.e., it runs without crashing). Besides the definition of these type systems, we study how this guarantee is obtained (type soundness proof); how one can verify programs with type decorations (type checking) or automatically determine whether a program without any type annotations is well-typed (type inference). We also show how types may ensure abstraction.

In the third part, we study more advanced type-related techniques that enable to express finer invariants of data structures and programs, such as generalized algebraic datatypes (GADT) or contracts.

The fourth part introduces mechanized formalization of programming languages using proof assistants such as Coq or Isabelle.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-4-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-4-2>

Code: INFO-M2-MPRI26-S1

Interprétation abstraite: application à la vérification et à l'analyse statique

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : MINÉ Antoine

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.6

L'interprétation abstraite est une théorie générale de l'approximation des sémantiques de systèmes dynamiques. Une application importante est la vérification de programmes par construction d'analyses statiques répondant à des questions concernant leur comportement à l'exécution. Ces analyses terminent toujours, sont automatiques (sans interaction avec l'utilisateur), approchées (afin de contourner les problèmes d'indécidabilité et pour assurer l'efficacité) et sûres (par sur-approximation de l'ensemble des comportements).

L'objectif du cours est de présenter la théorie de l'interprétation abstraite ainsi que les instances importantes d'analyses statiques par interprétation abstraite.

À l'issue du cours, l'élève devrait être capable de concevoir une analyse statique, de prouver sa correction et sa terminaison, d'apprécier sa précision et ses limites. Il devrait également être capable de comprendre les articles publiés dans les conférences spécialisées du domaine (telles que SAS et VMCAI) et d'y déceler les abstractions à l'œuvre.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-6>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-6>

Code: INFO-M2-MPRI271-S1

Fondements des systèmes de preuves

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : DOWEK Gilles

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours /TD*

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.7.1

This course focuses on the notion of proof in mathematics and in informatics. It presents several logical theories, including type theories used in several proof systems such as Coq, Agda, HOL,

Isabelle, PVS. It focuses more closely on the articulation between the notion of reasoning and the notion of computation.

This course is a prerequisite to the course *Assistants de preuve : principes et application à la preuve de programmes*.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-7-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-7-1>

Code: INFO-M2-MPRI272-S1

Assistants de preuves

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : BARRAS Bruno

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.7.2

L'objectif principal de ce cours est de développer la maîtrise de l'assistant à la preuve Coq, ainsi que les connaissances théoriques indispensables à la bonne compréhension et au bon emploi du formalisme implanté. Cette partie théorique donnera un aperçu de la problématique de la recherche en Théorie des Types.

Le point essentiel, qui fait la particularité de Coq, est la notion générale de type inductif, qui est un ingrédient quasiment indispensable dans la plupart des modélisations, que ce soit dans le cas de structures algébriques abstraites ou de structures de données concrètes.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-7-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-7-2>

Code: INFO-M2-MPRI281-S1

Théorie non-séquentielle des systèmes distribués

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : BOLLIG Benedikt

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.8.1

The lecture shall cover basic automata-theoretic concepts and logical formalisms for the modeling and verification of concurrent and distributed systems. Many of these concepts naturally extend the classical automata and logics over words, which provide a framework for modeling sequential systems. A distributed system, on the other hand, combines several (finite or recursive) processes, and will therefore be modeled as a collection of (finite or pushdown, respectively) automata. A crucial parameter of a distributed system is the kind of interaction that is allowed between processes. In this lecture, we focus on two standard communication paradigms: message passing and shared memory. In general, communication in a distributed system creates complex dependencies between events, which are hidden when using a sequential, operational semantics.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-8-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-8-1>

Code: INFO-M2-MPRI282-S1

Fondements des systèmes temps-réel et hybrides

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : ASARIN Eugène

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.8.2

Recent technological innovations have caused a considerable interest in the study of dynamical processes of a heterogeneous continuous and discrete nature, denoted as hybrid systems. The peculiarity of hybrid systems is the interaction between continuous-time dynamics (governed by differential or difference equations), and discrete dynamics and logic rules (described by temporal logic, finite state machines, if-then-else conditions, discrete events, etc.). Hybrid systems switch among many operating modes, where each mode is governed by its own characteristic dynamical laws. Mode transitions are triggered by variables crossing specific thresholds (state events), by the elapse of certain time periods (time events), or by external inputs (input events). In the theory of hybrid systems, several problems are investigated, such as: definition and computation of trajectories, stability and safety analysis, control, state estimation, etc. Tools like reachability analysis are becoming a standard in analysis of hybrid systems. Reachability analysis aims at detecting if a hybrid model will eventually reach an unsafe state configuration or satisfy a temporal logic formula. Controlling a model means choosing the input such that the output tracks some desired reference or satisfies some temporal logic formula. The problem of state estimation amounts to compute the value of unmeasurable state variables based on the measurements of output variables. Several Modelling frameworks for hybrid systems have appeared in the literature. Each class is usually tailored to solve a particular problem. Timed automata and switched affine systems have proved to be a successful modeling framework. The starting point for both models is a finite state machine equipped with continuous dynamics.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-8-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-8-2>

Code: INFO-M2-MPRI291-S1

Fondements mathématiques de la théorie des systèmes infinis

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : FINKEL Alain

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.9.1

Well-quasi-orderings, or WQOs, now have a prominent role in several areas of computer science, including the automatic verification of software and more generally infinite-state systems, where they occur under the guise of so-called well-structured systems. But WQOs also occur in logic and rewriting, and now famously in graph theory and algorithms where Robertson and Seymour's graph minor theorem is sometimes said to be the deepest result in the field.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-9-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-9-1>

Code: INFO-M2-MPRI292-S1

Vérification algorithmique des programmes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : BOUAJJANI Ahmed

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.9.2

La vérification automatique de programmes est un domaine de recherche important et très actif. Il pose de nombreux défis scientifiques aussi bien sur le plan théorique que sur le plan pratique. Le but de ce cours est de présenter l'approche algorithmique pour la vérification de programmes, utilisant des techniques d'analyse basées sur les automates, la logique (procédures de décisions), le calcul et la représentation d'espaces (potentiellement infinis) d'accessibles, la synthèse d'invariants, l'abstraction, et des sous-approximations efficaces pour la détection de bugs. Le cours couvre le cas de plusieurs classes importantes de programmes: programmes séquentiels procéduraux, programmes concurrents, programmes manipulant des données et structures de données complexes.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-9-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-9-2>

Code: INFO-M2-MPRI210-S1

Aspects algorithmiques de la combinatoire

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : SCHAEFFER Gilles

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.10

Il s'agit d'un cours qui présente quelques objets et outils classiques ou actuels de la combinatoire, avec un fort accent mis sur la combinatoire énumérative et bijective, ses aspects algorithmiques et ses liens avec la physique statistique.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-10>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-10>

Code: INFO-M2-MPRI2111-S1

Algorithmes probabilistes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : SCHABANEL Nicolas

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.11.1

This lecture explore actual trends in algorithms (and complexity). We will first focus on classic technique mainly based on randomness to obtain approximate solutions to NP-hard problems with proven guarantee. Second, we will explore how algorithms (randomized algorithms and structures) can help understanding better how nature works.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-11-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-11-1>

Code: INFO-M2-MPRI2112-S1

Complexité randomisée (court)

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : KERENIDIS Jordanis

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.11.2

The goal of the course is to describe some of the major recent advances in modern complexity theory. Description of probabilistic and interactive complexity classes; a novel theory of derandomization and pseudorandomness via computational assumptions; communication complexity and its applications.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-11-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-11-2>

Code: INFO-M2-MPRI2121-S1

Techniques en Cryptographie et Cryptanalyse

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : ABDALLA Michel

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.12.1

The main objective of the course is to introduce students to cryptographic schemes built using the *provable-security* paradigm. Throughout the course, various schemes (such as authentication, identification, signature, encryption, identity-based encryption, etc.) will be presented whose security is based on presumed-to-be-hard mathematical problems such as factoring, discrete log, subset sum, learning parity with noise, and lattice problems. At the end of the course, students should have the necessary tools to perform research in academic-level cryptography.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-12-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-12-1>

Code: INFO-M2-MPRI2122-S1

Algorithmes arithmétiques pour la cryptologie

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : MORAIN François

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.12.2

L'objectif du cours est de présenter aux étudiants les concepts et les outils de la cryptologie moderne à clefs publiques, dont les briques de bases mathématiques se trouvent dans les corps finis, et, de plus en plus, dans les courbes algébriques (elliptiques ou hyperelliptiques). Le cours se propose de présenter la théorie algorithmique des nombres, alliance de la théorie des nombres classique et de la théorie de la complexité, avec pour objectifs les applications à la cryptologie.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-12-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-12-2>

Code: INFO-M2-MPRI2131-S1

Systèmes polynomiaux, calcul formel et applications

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : FAUGERE Jean-Charles

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.13.1

Les systèmes polynomiaux interviennent dans de nombreux domaines des sciences de l'ingénieur ou de l'informatique, notamment en cryptologie, robotique, théorie du signal, et géométrie algorithmique. Le calcul formel est la manipulation par l'ordinateur des expressions mathématiques. Les algorithmes algébriques du Calcul Formel constituent un outil privilégié pour la résolution exacte et certifiée des systèmes polynomiaux (la non-linéarité de ces derniers rendant délicates les approches purement numériques). Le but de ce cours est de donner les algorithmes efficaces de résolution de ces systèmes ainsi que de décrire une application phare de ces méthodes en cryptologie. Le cours s'articule autour de deux axes. Le premier traite du calcul de base de Gröbner et constitue le cœur de la résolution algébrique utilisé dans la suite. Dans cette partie du cours nous décrivons les algorithmes les plus efficaces pour le Calcul des bases Grobner (algorithmes F4 et F5) et nous donnons des résultats de complexité de Groebner qui seront utilisés pour les applications en cryptologie. Le second axe étudie comment la résolution des systèmes polynomiaux (dans les corps finis) permet d'évaluer et/ou concevoir

certaines cryptosystèmes , la modélisation et la structure des systèmes polynomiaux jouent ici un rôle crucial.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-13-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-13-1>

Code: INFO-M2-MPRI2132-S1

Codes correcteurs d'erreurs et applications à la cryptographie

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : CANTEAUT Anne

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.13.2

The aim of this course is to present common issues essential to the theory of error correcting codes and to cryptology (symmetric cryptography and public-key cryptosystems), with algorithmic and computational aspects.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-13-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-13-2>

Code: INFO-M2-MPRI2141-S1

Analyse géométrique des données

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : BOISSONNAT Jean-Daniel

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.14.1

This course is an introduction to the emerging field of Geometric and Topological Data Analysis. Fundamental questions to be addressed are : how can we represent complex shapes in high-dimensional spaces? how can we infer properties of shapes from samples? how can we handle noisy data? how can we walk around the curse of dimensionality?

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-14-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-14-1>

Code: INFO-M2-MPRI215-S1

Analyse d'algorithmes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : NICAUD Cyril

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.15

La première partie de ce cours vise à mettre en place les bases de l'étude des modèles combinatoires *quantitatifs* de l'analyse d'algorithmes. Ceci met en jeu la théorie générale de la combinatoire analytique, où interviennent des méthodes de combinatoire énumérative (par fonctions génératrices) conjuguées à des méthodes d'analyse asymptotique. Cette approche permet l'évaluation des principaux algorithmes et structures de données de l'informatique. Le cours est étayé de nombreux exemples. La seconde partie est dédiée à l'étude de divers types d'applications (différentes selon les années), particulièrement en liaison avec les structures arborescentes, l'algorithmique probabiliste, la recherche multidimensionnelle, et les graphes aléatoires.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-15>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-15>

Code: INFO-M2-MPRI216-S1

Modélisation par automates finis

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : COLCOMBET Thomas

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.16

Les automates finis sont l'un des modèles les plus simples de machines qui calculent, le premier dans toute hiérarchie de machines de Turing plus ou moins contraintes. Cette simplicité en fait un objet robuste, susceptible de nombreuses définitions équivalentes relevant de la théorie de la complexité, de l'algèbre non-commutative et de la logique.

La théorie classique des automates finis traite d'automates qui acceptent, ou n'acceptent pas, des mots. L'objectif de ce cours est de montrer comment introduire des notions sortant de ce cadre, et comment se servir de ces extensions dans différents contextes. Ainsi, nous verrons des machines à état fini permettant de calculer différentes sortes de fonctions ou des relations. Nous verrons également comment ce type d'outils sert dans l'analyse de structures infinies.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-16>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-16>

Code: INFO-M2-MPRI2171-S1

Fondements sur la modélisation des réseaux

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : MAIRESSE Jean

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.17.1

Le but de ce cours est double :

- proposer des modèles mathématiques pertinents pour les réseaux de communications;
- donner les bases théoriques permettant de mener à bien l'analyse de la dynamique de ces modèles.

Le cours est structuré en thèmes, pouvant être plus ou moins développés suivant les années :

- Réseaux de files d'attente et modélisation markovienne (réseaux à commutation de paquets, réseaux à commutation de circuits);
- Optimisation et théorie des jeux pour les réseaux (programmation dynamique, jeux de routage, etc.);
- Dynamique des systèmes à événements discrets temporisés (semi-anneau max plus, inf convolutions, fonctions topicales, réseaux de Petri temporisés, modèles d'empilements de pièces, etc.);
- Contrôle de flux dans les réseaux de communication (TCP, contrôle de flux et de congestion, régulation, network calculus, ordonnancement etc.);
- Graphes aléatoires (à la Erdos-Renyi), modèles de géométrie aléatoire (modèles de couverture, percolation) en relation avec la modélisation des réseaux de communication radio.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-17-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI en septembre :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-17-1>

Code: INFO-M2-MPRI2181-S1

Algorithmique distribuée pour les réseaux

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : FRAIGNAUD Pierre

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.18.1

Distributed Computing is dedicated to the design and analysis of algorithms for a set of autonomous computing entities whose objective is the realization of a common task.

The general framework of distributed computing is related to very many application domains, including of course networking (e.g., Internet, P2P systems, social networks, wireless networks, mobile networks, etc.), multi-processors (e.g., multicore architectures, computational grids, etc.). In fact, distributed computing also finds various kinds of application outside the technological frameworks, including in particular the study of different distributed systems as they appear in physics or in biology.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-18-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-18-1>

Code: INFO-M2-MPRI2182-S1

Algorithmique distribuée avec mémoire partagée

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : DELPORTE Carole

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.18.2

Distributed computing concerns designing and understanding algorithms for sets of independent computing units that have to communicate to coordinate their activities. The problem space of distributed computing is vast and it would be impossible to undertake an exhaustive study within a single course. Even a small-scale distributed system may expose an amazingly complex behavior that would make it very challenging to formally reason about. But we have to meet the challenge! Due to inherent limitations of centralized computing, all computing systems nowadays is becoming distributed, ranging from Internet-scale services to multiprocessors. Therefore, understanding the principles of distribution and concurrency is indispensable in all aspects of designing and engineering modern computing systems. The main challenge here is to balance correctness of the system's executions with its availability and efficiency, in the presence of possible misbehavior of the system components and the environment (such as faults and asynchrony).

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-18-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-18-2>

Code: INFO-M2-MPRI219-S1

Méthodes informatiques pour la biologie systémique et synthétique

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : FAGES François

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.19

Computational Methods for Systems and Synthetic Biology

Over the past decade, formal methods from Theoretical Computer Science have been successfully applied in Life Sciences to decipher biological processes, mostly at the molecular and cellular levels. This course aims at presenting these methods and establishing formal paradigms in cell biology. It is based on the vision of *cells as computation* and on the use of concepts and tools from Computer Science to master the complexity of cell processes. Unlike most programs, biochemical computation involves state transitions that are stochastic rather than deterministic, continuous-time rather than discrete-time, poorly localized in compartments instead of well-structured in modules, and created by evolution instead of by rational design. The course will address fundamental research issues in Computer Science about the interplay between structure and dynamics in large interaction networks, and on the mixing of continuous (analog) and discrete (digital) computation.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-19>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-19>

Code: INFO-M2-MPRI2201-S1

Techniques de théorie des jeux en informatique

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : ZIELONKA Wiesław

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.20.1

Suite à la publication en 1944 de l'ouvrage "Theory of Games and Economic Behavior" par John von Neumann et Oskar Morgenstern, et aux travaux conséquents de John Nash au début des années 1950, la théorie des jeux a été utilisée principalement comme un modèle pour les interactions économiques et sociales.

Cependant, depuis le début des années 1980, la théorie des jeux occupe une place de plus en plus importante en informatique et l'objectif de ce cours est de présenter divers modèles de jeux ainsi que des applications de cette théorie dans plusieurs domaines de l'informatique.

Une partie centrale de ce cours portera sur des jeux infinis sur des graphes finis ou infinis. Cette théorie possède des applications pour la théorie des automates (automates d'arbre), la vérification de programme (mu-calcul ou autres logiques).

Ce cours proposera également une étude approfondie de plusieurs classes de jeux (et de leurs combinaisons): jeux stochastiques, jeux muni de fonction de paiement, jeux à information imparfaite.

La théorie classique des jeux sera également abordée en donnant les grands principes des jeux sous forme normale (et des notions d'équilibre) ainsi qu'une introduction au mechanism design. Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-20-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-20-1>

Code: INFO-M2-MPRI2202-S1

Fondations mathématiques de la théorie des automates

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : PIN Jean-Eric

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.20.2

Ce cours s'adresse à des étudiants possédant une grande curiosité, car il fait appel simultanément à plusieurs domaines des mathématiques (combinatoire, algèbre, logique, topologie, etc.), mais sous un angle parfois très éloigné des mathématiques "classiques".

Introduits vers 1950, les automates finis constituent le modèle le plus élémentaire de machine. Ils sont utilisés dans diverses branches de l'informatique (et plus récemment des mathématiques): compilation, traitement de texte, modélisation et vérification des systèmes, calculs distribués, traitement des langues naturelles, compression de données, codage, etc.

Ce cours se propose de donner les bases mathématiques de la théorie des automates dans les domaines suivants:

-nouveaux concepts mathématiques (parties rationnelles et reconnaissables, monoïdes syntactiques ordonnés, etc.)

-algèbre non-commutative (monoïdes, semi-anneaux, théorie des variétés)

-logique (premier ordre, second ordre monadique)

-théorie équationnelle et topologies profinies

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-20-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-20-2>

Code: INFO-M2-MPRI222-S1

Algorithmes efficaces en calcul formel

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : SALVY Bruno

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.22

Le calcul formel (*computer algebra* ou *symbolic computation* en anglais) consiste à représenter et manipuler sur ordinateur des objets mathématiques de manière exacte, par opposition au calcul scientifique traditionnel. Les contreparties de telles représentations sont souvent des temps de calculs importants et une explosion de la taille mémoire nécessaire lorsque l'on utilise des algorithmes naïfs. Dans ce cours, nous présentons les algorithmes de base du calcul formel sur les polynômes, séries et matrices qui permettent d'atteindre dans de nombreux cas des bornes de complexité quasi-optimales. Ces algorithmes sont très largement utilisés en pratique dans des logiciels de calcul formel mais aussi dans plusieurs autres domaines algorithmiques modernes reposant sur des techniques algébriques, telles que la cryptographie, cryptanalyse multivariée, et les codes correcteurs d'erreurs.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-22>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-22>

Code: INFO-M2-MPRI2231-S1

Systèmes synchrones

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : POUZET Marc

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 30h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.23.1

Les langages synchrones ont été inventés pour programmer les systèmes réactifs embarqués à la fois très complexes et très sûrs. Ils ont connu un succès industriel important dans la programmation de systèmes critiques: avions, trains, automobiles, centrales électriques, etc. Le système de commande de vol des Airbus, par exemple, est développé avec l'outil SCADE issu du langage synchrone Lustre.

Ces langages ont évolué sans cesse depuis pour traiter des applications et domaines nouveaux: calcul vidéo intensif (TVHD); grandes simulations (réseaux électriques, réseaux de capteurs); systèmes mixtes continu/discrets (environnement physique, interface analogique/discret en électronique).

Ils sont fondés sur un modèle original dit du [parallélisme synchrone](#) qui combine parallélisme et déterminisme. Le programme est décrit dans un langage parallèle de haut niveau mais pour lequel le compilateur garantit des propriétés de sûreté fortes: sémantique déterministe, absence de blocage (deadlock), génération de code séquentiel s'exécutant en temps et mémoire bornés, etc. En somme, les langages synchrones permettent de programmer dans un formalisme de haut niveau, le code final embarqué étant produit directement par le compilateur.

Le cours donne une introduction au modèle synchrone et aux principaux langages qui en sont issus. Il présente leurs fondements sémantiques et logiques, les techniques de compilation vers du logiciel et des circuits, leur vérification formelle (par model-checking) et certains travaux de recherche récents. Nous montrerons dans ce cours les liens étroits entre la théorie des langages synchrones et la théorie des langages fonctionnels typés.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-23-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-23-1>

Code: INFO-M2-MPRI2241-S1

Optimisation

Niveau : M2

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable: ANGELOPOULOS Spyros

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *(cours /TD)*

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.24.1

The goal of this course is to present the main techniques used in optimization. We assume that the students are familiar with basic notions of graph theory, complexity theory, and classical algorithmic techniques.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-24-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-24-1>

Code: INFO-M2-MPRI2242-S1

Résolution de problèmes d'optimisation avec heuristiques de recherche

Niveau : M2

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable: DOERR Carola

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *(cours /TD)*

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.24.2

The course starts with a summary of solution techniques and problems that the students might have seen in their studies, for example local search algorithms for facility location. Then we introduce formally a few different popular heuristic approaches, such as random sampling, local search, simulated annealing, genetic algorithms. Theoretical background from both deterministic and randomized algorithm analysis will be introduced. Students will see how to apply them to show lower bounds and upper bounds on the performance of the different heuristics. Finally, we give an illustrative example, highlighting how to use insights from this course to design new efficient problem solvers.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-24-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-24-2>

Code: INFO-M2-MPRI2261-S1

Logique, complexité descriptive et théorie des bases de données

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : SEGOUFIN Luc

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.26.1

Ce cours peut-être vu sous trois angles différents. Le premier est de le voir comme une introduction à la théorie des bases de données, et plus particulièrement à l'étude des langages de requêtes pour les bases de données. On donne les bases de ce qu'est l'étude de la complexité d'un langage de requêtes. On donne aussi les outils élémentaires permettant l'étude du pouvoir d'expression d'un langage de requêtes. Le deuxième est de le voir comme une introduction à la théorie de la complexité descriptive. On montre que la difficulté nécessaire à énoncer une propriété est intimement liée aux ressources nécessaires pour la calculer. On montre que les problèmes ouverts de séparation des classes de complexité peuvent se formuler sans aucune référence à un modèle de calcul (comme les machines de Turing par exemple). Le troisième est de le voir comme une introduction à la théorie des modèles finis. On présente des concepts comme la localité, les lois 0-1 ou les Jeux de Ehrenfeucht-Fraïssé. Bien sur l'objectif du cours est de montrer que tout cela correspond en fait à une seule et même histoire liant la logique, la complexité et les langages de requêtes de façon élégante.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-26-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Code: INFO-M2-MPRI2262-S1

Gestion de données sur le web

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : ABITEBOUL Serge

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.26.2

Le but de ce cours est d'étudier la structure de l'information du Web et d'expliquer comment cette information peut être facilement représentée, décrite et interrogée. Il s'agit de comprendre les arcanes de la modélisation de données sur le Web et, plus fondamentalement, de la gestion de données dans des environnements massivement distribués et hétérogènes. L'accent sera mis sur le lien entre d'une part modèles, langages, algorithmes utilisés en pratique pour la gestion de données sur le Web, et d'autre part les aspects formels (logique, automates, algèbre linéaire, etc.) correspondants. On trouvera sur le site Web qui accompagne ce cours le PDF du livre de référence, des transparents, des exercices, et de la documentation sur les logiciels qui soutiennent les exercices pratiques et des projets.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-26-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-26-2>

Code: INFO-M2-MPRI2271-S1

Structures informatiques et logiques pour la modélisation linguistique

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : SCHMITZ Sylvain

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.27.1

Computational linguistics employs mathematical models to represent morphological, syntactic, and semantic structures in natural languages. The course introduces several such models while insisting on their underlying logical structure and algorithmics. Quite often these models will be related to mathematical objects studied in other MPRI courses, for which this course provides an original set of applications and problems.

The course is not a substitute for a full cursus in computational linguistics; it rather aims at providing students with a rigorous formal background in the spirit of MPRI. Most of the emphasis is put on the symbolic treatment of words, sentences, and discourse. Several fields within computational linguistics are not covered, prominently speech processing and pragmatics. Machine learning techniques are only very sparsely treated; for instance we focus on the mathematical objects obtained through statistical and corpus-based methods and their

use rather than on automated learning techniques (which could be the subject of an artificial intelligence course).

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-27-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-27-1>

Code: INFO-M2-MPRI2291-S1

Algorithmique des graphes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : HABIB Michel

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.29.1

Ces dernières années plusieurs applications basées sur les graphes ont bouleversé notre environnement : Google avec son algorithme de graphe PageRank, Facebook avec son réseau social à base de graphe. Par ailleurs les modèles basés sur les graphes sont classiquement utilisés en recherche dans de nombreux domaines, tels que la chimie, la biologie, les réseaux de télécommunications ou encore les réseaux sociaux. Bien évidemment, les graphes constituent un des outils de modélisation les plus importants et les plus utilisés en informatique.

Cependant malgré la simplicité apparente de leur définition, les graphes capturent une large part de la complexité algorithmique. Ainsi, les classes de complexité telles P, NP et bien d'autres peuvent se définir comme l'ensemble des problèmes de graphes exprimables dans un certain fragment de la logique. Il est donc très important de comprendre en profondeur les différentes structures de graphes afin d'utiliser des modélisations pertinentes, c'est-à-dire des modélisations pour lesquelles les algorithmes de résolution sont efficaces.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-29-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-29-1>

Code: INFO-M2-MPRI2292-S1

Fouille de graphes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : SOZIO Mauro

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.29.2

Graphs provide a powerful abstraction for representing a wide variety of real-world information, such as social networks, knowledge and information networks, biological networks, etc. The main objective of the course is to present the models and algorithms for discovering structures in large graphs, while covering the main theoretical and practical aspects of graph mining. In particular, algorithms with theoretical guarantees as well as algorithms that are proven to work well in practice will be discussed.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-29-2>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-29-2>

Code: INFO-M2-MPRI230-S1

Protocoles cryptographique: preuves formelles et calculatoires

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : BLANCHET Bruno

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 50h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.30

Les protocoles cryptographiques sont des programmes distribués qui visent à sécuriser des communications et transactions en utilisant des primitives cryptographiques. La conception des protocoles cryptographiques est difficile: de nombreuses erreurs ont été découvertes dans des protocoles après leur publication. Il est donc particulièrement important de pouvoir obtenir des preuves que ces protocoles sont sûrs.

Deux modèles des protocoles ont été considérés: le modèle symbolique et le modèle calculatoire. Nous présenterons ces deux modèles, les techniques de preuves associées, et des résultats qui font le lien entre eux. Nous considérerons aussi leur mise en œuvre, en montrant un outil de preuve automatique pour chaque modèle, et en les appliquant à la vérification de programmes qui implémentent des protocoles cryptographiques.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-30>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-30>

Code: INFO-M2-MPRI2331-S1

Théorie des calculs

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : BOURNEZ Olivier

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.33.1

A course presenting a set of computability and complexity results, with different methods and tools, about a same theme: computations over the reals or over the continuum.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-33-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-33-1>

Code: INFO-M2-MPRI2341-S1

Informatique quantique et applications

Niveau : M2

Semestre : S1, ETCS: 3

Responsable : LAPLANTE Sophie

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.34.1

Each year computing machines become faster and faster, but they use still use at their base the same Newtonian physics. Feynman in 1982 already asked about the necessity of this restriction to classical physics. The idea behind quantum computation is to use quantum phenomena to solve tasks that conventional machines cannot achieve.

Historically the first result that showed the superiority of the quantum model was in cryptography. Bennett and Brassard in 1984 gave a first quantum protocol for perfectly secure key distribution. Such an unconditional security does not exist in the classical world.

At present many important concepts of theoretical computer science have been extended to quantum computation, from communication to algorithms and error correcting codes.

The aim of this course is to present the bases of several concepts about quantum computation. The emphasis will be on quantum algorithms and communication. We will describe the basics of Quantum Computation and its applications in algorithms, communication complexity and nonlocality.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-34-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-34-1>

Code: INFO-M2-MPRI2361-S1

Preuve de programmes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : MARCHE Claude

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD
Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.36.1

Introduction to the various concepts and formalisms towards the proof that a program respects a given formal specification.

- Basics of deductive program verification
- More advanced topics in program verification
- Handling of data structures
- Aliasing issues
- Separation Logic
- Representation predicates

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-36-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-36-1>

Code: INFO-M2-MPRI2371-S1

Sémantique, langages et algorithmes pour la programmation multicore

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : COHEN Albert

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD
Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.37.1

In the recent years multicore and multiprocessors systems have become ubiquitous. However, despite 40 years of research on concurrency and programming languages, programming and reasoning about concurrent systems remains very challenging. Both hardware and high-level programming languages incorporate many performance optimisations: these are typically unobservable by single-threaded programs, but, as illustrated by the examples above, some have observable consequences for the behaviour of concurrent code.

The aim of this module is to introduce some of the theory and the practice of concurrent programming, from hardware memory models and the design of high-level programming languages to the correctness of concurrent algorithms.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-37-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-37-1>

Code: INFO-M2-MPRI2381-S1

Algorithmique et combinatoire des graphes géométriques

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : COLIN DE VERDIERE Eric

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 25h cours/TD

Cours MPRI (Master Parisien de Recherche en Informatique) 2.38.1

Algorithms and combinatorics for graphs are a major theme in computer science. In this course, we study various aspects of this theme in the case of graphs arising in geometric settings. Examples include planar graphs (of course), graphs drawn without crossings on topological surfaces, and graphs of polytopes and other combinatorial structures. The course is therefore at the frontier of graph algorithms, combinatorics, and computational geometry.

Voir le descriptif détaillé du cours sur sa page sur le site du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-38-1>

Voir les horaires et le lieu de ce cours sur emploi du temps du MPRI :

<https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=start>

Bibliographie sur : <https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/doku.php?id=cours:c-2-38-1>

Code: INFO-M2-MVA1-S1

Méthodes mathématiques pour les neurosciences

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 5

Responsable : VELTZ Romain

Autres enseignants : TANRE Etienne

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 32h cours/TD

Cours M2 MVA (Mathématiques / Vision / Apprentissage), de ENS Cachan, enseigné à Ulm.

Nous présentons dans ce cours quelques outils mathématiques qui interviennent de manière systématique dans de nombreux problèmes de modélisation en neurosciences. Les prérequis sont une bonne connaissance du calcul différentiel et du calcul des probabilités dans le cadre de la théorie de la mesure. Sans trahir la rigueur mathématique, le cours s'efforcera de mettre en valeur l'applicabilité aux neurosciences des concepts présentés. Le cours sera complété par des séances d'exercices.

Descriptif détaillé du cours sur :

<http://diplome.di.ens.fr/#MethodesMathematiquesNeurosciences>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Voir la page du Master MVA :

<http://www.math.ens-cachan.fr/version-francaise/formations/master-mva/>

Bibliographie sur : <http://diplome.di.ens.fr/#MethodesMathematiquesNeurosciences>

Code: INFO-M2-MVA2-S1

Reconnaissance d'objets et vision artificielle

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 5

Responsable : LAPTEV Ivan

Autres enseignants : SIVIC Josef, PONCE Jean, SCHMID Cordelia

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 32h cours/TD

Cours M2 MVA (Mathématiques / Vision / Apprentissage), de ENS Cachan, enseigné à Ulm.

La reconnaissance automatique des objets --et de manière plus générale, l'interprétation de la scène figurant dans une photographie ou une vidéo est le plus grand défi de la vision artificielle. Ce cours présente les modèles d'images, d'objets, et de scènes, ainsi que les méthodes et algorithmes utilisés aujourd'hui pour affronter ce défi.

Plan du cours :

- Caractéristiques visuelles : points d'intérêt, régions affines, invariants, descripteurs Sift.
- Détection d'objets et de classes spécifiques : alignement 2D et 3D, méthodes de votes, détection de visages et Adaboost.
- Classification d'images : sacs de caractéristiques visuelles et machines à vecteurs de support, grilles et pyramides, réseaux convolutionnels.
- Détection de catégories d'objets : constellations de caractéristiques visuelles, assemblages de fragments, méthodes de fenêtre glissantes, apprentissage faiblement supervisé de modèles.
- Aller plus loin : analyse de scène, analyse des activités dans les vidéos.

Descriptif du cours sur :

<http://diplome.di.ens.fr/#ReconnaissanceObjetsVisionArtificielle>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Voir la page du Master MVA :

<http://www.math.ens-cachan.fr/version-francaise/formations/master-mva/>

Bibliographie :

<http://www.math.ens-cachan.fr/version-francaise/formations/master-mva/contenus-/object-recognition-and-computer-vision-221990.kjsp?RH=1242430202531>

Code: INFO-M2-MVA3-S1

Représentations parcimonieuses par ondelettes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 5

Responsable : MALLAT Stéphane

Autres enseignants :

Type d'enseignement : *cours* /TD

Volume horaire : Environ 32h cours/TD

Cours M2 MVA (Mathématiques / Vision / Apprentissage), de ENS Cachan, enseigné à Ulm.

Objective of the course:

The course introduces sparse wavelet representation techniques, for compression, noise removal and for audio and image classification.

Topics:

- Fourier transform, linear approximations and sampling theorems
- Time-frequency representations
- Wavelet orthogonal bases
- Adaptive and non-linear wavelet approximations
- Information theory for image and audio compression
- Linear and non-linear noise removal
- Linear classifiers and curse of dimensionality
- Invariants for classification
- Deep Neural Networks
- Image and audio signal recognition

Descriptif du cours sur :

<http://diplome.di.ens.fr/#wavelet>

Voir emplois du temps sur <http://diplome.di.ens.fr/>

Voir la page du Master MVA :

<http://www.math.ens-cachan.fr/version-francaise/formations/master-mva/>

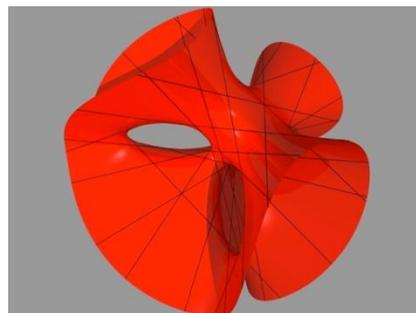
Bibliographie: <http://diplome.di.ens.fr/#wavelet>

Département des Mathématiques et Applications

DMA

Site Web: <http://www.math.ens.fr/>

Adresse: 45 rue d'Ulm, 75005 Paris



Le Département de mathématiques et applications de l'École normale supérieure propose une formation interuniversitaire de haut niveau scientifique dans un cadre favorable aux interactions transdisciplinaires.

En association avec les universités Pierre et Marie Curie, Paris Diderot, Paris Dauphine, Paris Sud 11, Paris 13 Nord, elle comprend la validation de deux diplômes nationaux : la licence et le master. Elle permet aussi la validation d'un diplôme d'établissement : le diplôme de l'École normale supérieure ès Mathématiques.

| **Directeur de l'enseignement des mathématiques: Olivier Biquard**

| **Directeur des études des mathématiques : Raphaël Cerf**

| **Secrétariat de l'enseignement : Albane Trémeau**

45 rue d'Ulm 75230 Paris cedex 05 |

Tél : 01 44 32 31 72 | Fax : 01 44 32 20 80 |

Page d'accueil : <http://www.math.ens.fr/enseignement/> |

Mél : albane.tremeau@ens.fr | education@math.ens.fr |

LES ENSEIGNEMENTS

Code : DMA-L3-A01-S1

Algèbre I

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Ariane Mézard

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

1) Groupes

Sous-groupes distingués et groupes quotients, groupes simples. Action d'un groupe sur un ensemble. Formule des classes. Théorèmes de Sylow. Groupe abéliens de type fini. Théorème de Jordan-Hölder. Groupe dérivé, groupes résolubles.

2) Groupes de matrices et géométrie

Groupe linéaire, groupe projectif linéaire. Formes quadratiques, groupe orthogonal, décompositions en somme directe orthogonale. Formes alternées, groupe symplectique. Formes hermitiennes, groupe unitaire. Quaternions.

3) Algèbre multilinéaire

Produit tensoriel, algèbre tensorielle, algèbre symétrique, algèbre extérieure.

4) Représentations des groupes finis Représentations irréductibles, lemme de Schur, décomposition en somme de représentations irréductibles. Théorie des caractères, fonctions centrales, tables de caractères.

Cours : Le lundi de 10h15 à 11h45 et le mercredi de 8h30 à 10h.

Code : DMA-L3-A02-S1

Intégration et probabilités de base

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Raphaël Cerf

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

Nous présenterons tout d'abord la théorie de l'intégration construite à l'aide de la théorie de la mesure. Nous introduirons les concepts de base et nous démontrerons les théorèmes classiques d'intégration.

Nous présenterons ensuite le cadre moderne de la théorie des probabilités. Nous introduirons les objets et outils fondamentaux pour construire les modèles probabilistes et nous démontrerons les théorèmes limites classiques de la théorie des variables indépendantes.

Cours : Le lundi de 13h à 14h30 et le mardi de 8h30 à 10h.

Code : DMA-M1-B05-S1

Logique

Niveau : M1 accessible dès la 1^{ère} année

Semestre: S1, ECTS : 12

Responsable: Todor Tsankov

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

Ce cours est accessible aux élèves de première année. Il couvre les bases de la théorie des ensembles, de la théorie des modèles et de la calculabilité.

1) Théorie des ensembles
 Ordinaux et récurrence transfinie
 Cardinaux et arithmétique
 Les axiomes de ZF et les différentes formes de l'axiome du choix
 L'hypothèse du continu pour les fermés de \mathbb{R}

2) Théorie des modèles
 Langages, structures, formules, théories, modèles
 Théorèmes de complétude et de compacité
 Théorèmes de Löwenheim--Skolem
 Élimination des quantificateurs
 Ultrafiltres et ultraproducts

3) Récursivité, indécidabilité, incomplétude
 Fonctions récursives
 Arithmétique de Peano, indécidabilité de l'arithmétique
 Théorèmes d'incomplétude de Gödel.

Cours : Le lundi de 8h30 à 10h et le mardi de 10h15 à 11h45.

Code: DMA-L3-A04-S1

Topologie et calcul différentiel

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Laurent Charles

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

1/ Topologie générale et espaces métriques :
 Espaces métriques et espaces topologiques.
 Complétude, compacité, connexité.
 Théorèmes d'Ascoli, de Stone-Weierstrass.

2/ Espaces de Banach :
 Théorèmes de Banach-Steinhaus, de l'application ouverte, du graphe fermé.
 Théorème de Hahn-Banach.
 Espaces de Hilbert, projection sur un convexe fermé.

3/ Calcul différentiel :
 Différentielle de Fréchet, différentielles d'ordre supérieur, formules de Taylor.
 Forme normales d'applications différentielles, théorème d'inversion locale, théorème des fonctions implicites.

4) Équations différentielles ordinaires :
 Existence et unicité des solutions, régularité du flot, Lemme de Gronwall et estimations.

Cours : Le lundi de 14h45 à 16h15 et le mercredi de 13h15 à 14h45.

Code: DMA-L3-A05-S2

Analyse complexe

Niveau : L3 ou M1

Semestre: S2, ECTS: 12

Responsable: Julien Barral

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

- . Fonctions holomorphes, fonctions analytiques, formule de Cauchy. Premières applications.
- . Fonctions méromorphes. Singularités. Formule des résidus, logarithme complexe.
- . Fonctions entières. Formule de Jensen. Produits infinis. Théorème de factorisation d'Hadamard. Théorème de Picard.
- . Fonctions Gamma et Zeta.
- . Fonctions harmoniques.
- . Transformations conformes. Théorème de Riemann. Exemples. Comportement à la frontière.
- . Applications: Théorème des nombres premiers. Théorèmes d'interpolations.

Bibliographie:

- (1) , Stein & Shakarchi: Complex analysis. Princeton Lectures in Analysis II. Princeton University Press, 2002.
- (2) W. Rudin: Analyse réelle et complexe. Dunod, 1998.
- (3) Y. Katznelson: An introduction to harmonic analysis. Cambridge Mathematical Library, 3rd edition, 2002.

Cours : Le lundi de 8h30 à 10h00 et le mercredi de 10h15-11h45.

Code: DMA-M1-D02-S2

Modélisation mathématique et numérique

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : Bertrand Maury

Volume horaire : 35h cours / 28h TD

Ce cours propose une introduction à la modélisation mathématique. Il s'agit plus précisément de pratiquer des concepts et résultats a priori abstraits en situation, pour mieux appréhender des phénomènes réels.

En termes d'applications, nous nous intéresserons en particulier à la modélisation de mouvements (individuels et collectifs) d'entités (passives ou actives): particules dans un fluide, trafic routier, mouvements de foules, de cellules (par reptation ou nage), chimiotactisme ...

Cette démarche nous amènera à visiter (ou revisiter) un certain nombre d'objets et outils mathématiques :

- équations différentielles ordinaires (existence et unicité de solutions, stabilité, comportement asymptotique),
- équations aux dérivées partielles, en particulier de transport et de diffusion (existence et unicité de solutions, régularité, propriétés qualitatives des solutions, valeurs propres d'opérateurs, décomposition spectrale),

- optimisation sous contrainte (formulation duale, multiplicateurs de Lagrange)
- une partie significative du cours sera aussi dédiée à des développements plus récents en transport optimal de mesures (formulation originale de Monge, et reformulation de Kantorovich, notion de flot gradient dans l'espace de Wasserstein).

Les cours théoriques seront complétés par des séances sur ordinateur (langage Python), qui nous permettront d'effectuer la résolution effective (et approchée) de certains des problèmes abordés. Cette partie numérique portera notamment sur les méthodologies suivantes:

- méthodes numériques de résolution des EDO,
- résolution de (grands) systèmes linéaires, calcul de valeurs propres
- méthodes de résolution des équations aux dérivées partielles (différences finies, éléments finis)
- méthodes numériques en optimisation sous contraintes.

Au-delà de ces différents ingrédients, ce cours se veut formation à la démarche de modélisation elle-même, qui consiste, à partir d'une réalité observée, à induire des problèmes de nature mathématiques qui encodent une partie des phénomènes sous-jacents, à développer des outils abstraits pour étudier ces modèles, ainsi que des stratégies numériques permettant de « tester » l'adéquation des modèles à la réalité observée.

Cours : Le lundi de 13h00 à 17h15.

Code: DMA-L3-D01-S2

Séparation d'échelles et description effective des écoulements en mécanique des fluides

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsables : Laure Saint-Raymond / François Pétrélis

Volume horaire : 52h cours

Ondes en milieu inhomogène et techniques de filtrage d'ondes

- convergence faible et compacité par compensation
- équations d'enveloppe dans le cas d'une propagation homogène / analyse de Fourier
- quelques idées sur le cas de la propagation inhomogène / calcul pseudo-différentiel
- propagation anisotrope des ondes internes et interaction onde-écoulement

Phénomènes de couches limites

- développement multi-échelles
- phénomènes non locaux : exemple des couches de Munk et de l'équation de Sverdrup
- transfert d'énergie : exemple du pompage d'Ekman

Homogénéisation et diffusion effective

- diffusivité pour un écoulement de cisaillement : calcul de Taylor
- écoulements cellulaires et propriétés de symétrie
- écoulements turbulents

Cours : Le jeudi de 14h00 à 18h00.

Code: DMA-M1-D03-S2

Combinatoire

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 6 (cours) + 6 (groupe de travail)

Responsable : Omid Amini

Volume horaire : 18h cours

L'objectif de ce cours est de donner une introduction à la combinatoire et ses applications algébriques et géométriques.

Les méthodes combinatoires sont aujourd'hui utilisées dans différents domaines de mathématiques, et les objets discrets, d'une simplicité d'apparence remarquable, s'avèrent posséder en réalité des facettes variées et très riches.

Après avoir donné une introduction à la théorie des graphes et matroïdes, nous mettrons l'accent sur les analogies entre ces objets discrets et les objets mathématiques plus classiques comme les courbes algébriques ou les variétés Riemanniennes.

Nous traitons dans le cours et le groupe de travail des applications récentes des méthodes combinatoires en géométrie et arithmétique, ou des applications des idées algébriques et géométriques aux problèmes combinatoires d'une apparence très différente au premier abord, ce qui laisse penser l'existence des liens plus profonds entre ces objets.

Quelques thèmes abordés dans le cours sont :

- 1- Introduction à la théorie des graphes
 - 2- Trou spectral dans les graphes, graphes de Ramanujan
 - 3- Géométrie algébrique des graphes
 - 4- Théorie des matroïdes
 - 5- Représentation des matroïdes sur un corps
 - 6- Géométrie algébrique des matroïdes
 - 7- Combinatoire et géométrie des polytopes
- Les prérequis sont les cours d'algèbre.

Quelques références:

- O. Amini, *Geometry of graphs and applications in arithmetic and algebraic geometry*, Lecture Notes.
- A. Bondy et U.S.R. Murty, *Graph Theory*, Springer Graduate Texts in Mathematics, 2008, traduction en français <http://www-sop.inria.fr/members/Frederic.Havet/Traduction-Bondy-Murty.pdf>
- R. Diestel, *Graph theory*, Springer Graduate Texts in Mathematics, <http://diestel-graph-theory.com/>
- G. Kempf, F. Knudsen, D. Mumford, B. Saint-Donat, *Toroidal Embeddings I*. Lecture notes in Mathematics 339 (1973).
- D. Maclagan et B. Sturmfels, *Introduction to Tropical Geometry*, AMS Graduate Studies in Mathematics Volume 161; 2015
- J. Oxley, *Matroid theory*, Oxford Graduate Texts in Mathematics
- T. Tao, *Algebraic combinatorial geometry: the polynomial method in arithmetic combinatorics, incidence combinatorics, and number theory*, EMS Surv. Math. Sci. 1 (2014), 1–46.
- G. Ziegler, *Lectures on polytopes*, Springer Graduate Texts in Mathematics, Volume 152, 1995

Cours : Le mardi de 15h15 à 16h45 et le vendredi de 14h à 15h30.

Code: DMA-M1-D07-S2

Analyse géométrique des équations hyperboliques et applications en relativité générale

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 6 (cours) + 6 (groupe de travail)

Responsable : Jacques Smulevici

Volume horaire : 18h cours

Le but du cours est d'introduire suffisamment d'éléments d'analyse et de géométrie pour pouvoir appréhender l'étude des équations de la relativité générale: les équations d'Einstein. Ces équations fondamentales font l'objet d'une intense activité de recherche, que ce soit en mathématique, en physique théorique, ou même en physique expérimentale avec la récente détection des ondes gravitationnelles.

L'étude de ces équations nécessite un mélange d'analyse et de géométrie.

Comme application des outils introduits dans le cours, nous verrons comment formuler le problème d'évolution pour les équations d'Einstein, aborderons la géométrie des trous noirs et donnerons quelques éléments d'analyse des singularités. Nous expliquerons aussi comment les méthodes développées peuvent s'appliquer à d'autres systèmes d'équations fondamentales, comme les équations de Yang-Mills de la physique des particules et les équations de Vlasov-Maxwell des plasmas.

Les thèmes abordés dans le cours et les groupes de travail qui suivront couvrent :

1. Éléments de géométrie Riemannienne et Lorentzienne.
2. Introduction à l'analyse sur les variétés
3. Analyse géométrique de l'équation des ondes
4. Relativité restreinte et générale pour mathématiciens.
5. Introduction aux équations d'Einstein.
6. La géométrie des trous noirs.
7. Le problème de Cauchy en relativité générale.
8. Analyse des équations d'onde non-linéaires.
9. La géométrie des équations cinétiques.
10. Le théorème d'incomplétude géodésique de Penrose.

Prérequis: Notions de bases en théorie des équations aux dérivées partielles et en géométrie différentielle.

Cours : Le mercredi de 15h à 16h30 et le vendredi de 11h30 à 13h.

Code: DMA-M1-D06-S2

Temps de mélange

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 6 (cours) + 6 (groupe de travail)

Responsable : Mathieu Merle

Volume horaire : 18h cours

L'objectif de ce cours est d'introduire la notion de temps de mélange pour des chaînes de Markov : combien de pas doit-on effectuer pour que la chaîne se trouve proche de son équilibre ?

Cette introduction sera basée sur l'étude de nombreux exemples, entre autres, des marches sur le cycle, le tore, l'hypercube, l'arbre binaire, le collectionneur de coupon, des mélanges de cartes, le modèle d'Ising.

Prérequis : les cours de première année de Probabilité.

Les principaux thèmes abordés seront les suivants :

Rappels sur les chaînes de Markov, définition du temps de mélange.

Couplage de chaînes de Markov, temps stationnaires forts. Exemple des mélanges de cartes.

Analogie avec les réseaux électriques.

Des points de comparaison utiles : temps d'atteinte d'une cible aléatoire, temps d'atteinte maximal, temps de trajet moyen maximal, temps de couverture maximal, temps de relaxation, constante de Cheeger.

Le phénomène de "cutoff"

Le cours sera principalement basé sur le livre de Levin, Peres et Wilmer [2], il empruntera également à Aldous et Fill [1].

Références

[1] D.ALDOUS, J.A.FILL Reversible Markov Chains and Random Walks on Graphs, www.stat.berkeley.edu/~aldous/RWG/book.pdf

[2] D.A LEVIN, Y.PERES, E.L.WILMER, Markov chains and Mixing Times, www.uoregon.edu/~dlevin/MARKOV/markovmixing.pdf

Cours : Le lundi de 8h30 à 10h00 et le mercredi de 10h15 à 11h45.

Code: DMA-M1-B01-S1

Algèbre II

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Jean-François Dat

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

Ce cours a pour but de fournir les bases d'algèbre commutative nécessaires à tout étudiant désireux poursuivre en théorie algébrique des nombres ou en géométrie algébrique. Nous aborderons donc les notions suivantes :

-- Principaux exemples d'anneaux commutatifs : anneaux de polynômes, de séries formelles, anneaux d'entiers algébriques.

-- Divisibilité, factorisation et idéaux dans les anneaux commutatifs. Applications arithmétiques.

-- Opérations sur les anneaux commutatifs et leurs modules : localisation, produit tensoriel. Interprétation géométrique.

-- Structure des modules sur un anneau principal. Application à la réduction des endomorphismes.

-- Extensions de corps. Théorie de Galois. Application à la résolubilité d'équations polynomiales.

Selon le temps, on introduira un peu de langage des catégories, très pratique pour formuler des "propriétés universelles" et définir des objets "canoniques", voire un peu d'algèbre homologique.

Cours : Le lundi de 15h30 à 17h et le mercredi de 10h45 à 12h15.

Code: DMA-M1-B02-S2

Analyse fonctionnelle

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : Claude Viterbo

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

I Compléments de topologie

- Espaces de Baire
- Opérateurs linéaires et théorème de Banach-Steinhaus
- Théorèmes de l'application ouverte et du graphe fermé.

II. Dualité, distributions

- Théorème de Hahn-Banach
- Dualité et topologies faibles
- Distributions

III. Analyse de Fourier, espaces de Sobolev

- Rappels sur les séries de Fourier et définition de la transformée de Fourier continue
- Espaces de Sobolev, injections compactes

IV. Quelques méthodes de résolution d'équations aux dérivées partielles

Cours : Le mardi de 13h30 à 15h et le mercredi de 13h15 à 14h45.

Code: DMA-M1-B03-S2

Géométrie différentielle

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : Olivier Biquard

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

1/ Variétés différentielles :

Définitions, applications différentiables entre variétés, sous-variétés, produits et revêtements de variétés, fibré tangent, application tangente. Exemples : sphères, tores, espaces projectifs, grassmanniennes. Théorème de Whitney. Immersions, submersions, fibrations, théorème de Sard. Champs de vecteurs, flot d'un champ de vecteurs. Théorème de Frobenius.

2/ Formes différentielles :

Définitions, produit extérieur, dérivation extérieure. Cohomologie de de Rham. Intégration des formes différentielles, théorème de Stokes, dualité de Poincaré.

3/ Topologie différentielle :

Théorie du degré, indice de champs de vecteurs.

4/ Introduction aux groupes et algèbres de Lie. Espaces homogènes.

Bibliographie:

[God] C. Godbillon, *Eléments de topologie algébrique*, Hermann, 1971.

[Hir] M. Hirsch, *Differential topology*, GTM 33, Springer, 1976.

[Laf] J. Lafontaine, *Introduction aux variétés différentielles*, Press.Univ.Grenoble, 1996.

[Mil] J. W. Milnor, *Topology from the differentiable viewpoint*, Univ. Press Virginia, 1965.
[Spi] M. Spivak, *Differential geometry*, Publish or Perish, 1979.

Cours : le lundi de 10h15 à 11h45 et le mercredi de 8h30 à 10h00.

Code: DMA-M1-B04-S1

Processus stochastiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Dmitry Chelkak

Volume horaire : 42h cours / 28h TD

Ce cours est donné en anglais.

Révisions sur le cadre probabiliste.

Lois gaussiennes : théorème de la limite centrale, vecteurs gaussiens, mouvement brownien.

Marches aléatoires : récurrence/transience, théorème de Donsker.

Espérance conditionnelle : définition, propriétés.

Martingales à temps discret : temps d'arrêt, convergence.

Chaînes de Markov : exemples, classification des états, mesures invariantes.

Mouvement brownien : quelques propriétés de base.

Quelques exemples des modèles de la physique statistique. Chaînes de Markov : exemples, classification des états, mesures invariantes.

Mouvement brownien : quelques propriétés de base.

Quelques exemples des modèles de la physique statistique.

Cours : Le mardi de 8h30 à 10h00 et le vendredi de 13h00 à 14h30.

Code: DMA-M1-C07-S1

Approches numériques pour les EDP

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Emmanuel Dormy

Volume horaire : 45h cours

On introduira dans ce cours les difficultés mathématiques associées à la modélisation numérique et à la construction de solutions approchées d'EDP sur ordinateur. Il s'agit d'une branche en pleine expansion des mathématiques appliquées. Le travail sur ordinateur implique la construction d'un problème approché impliquant un nombre fini de degrés de liberté. Il en résulte une modification de l'équation originale qui peut entraîner des changements significatifs de la nature du problème considéré.

Le cours est ouvert en Mathématiques et en Physique. La première partie (cours) sera donc très appliquée, complétée par des DM, pour les élèves en Mathématiques, permettant d'approfondir les notions introduites en cours.

La seconde partie (projet) impliquera une mise en œuvre sur un cas concret et impliquera, pour les élèves en Mathématiques, un volet pratique (numérique) et un volet théorique (analytique).

Cours : Le mardi de 15h00 à 18h00.

Code: DMA-M1-C08-S1

Statistique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Stéphane Boucheron

Volume horaire : 35h cours/28h TD

Bibliographie

- S. Boucheron et R. Ryder. *Notes de cours*
- V. Rivoirard et G. Stoltz. *Statistique en action* Dunod
- P. Bickel and K. Doksum *Mathematical Statistics, Basic Ideas and Selected Topics* Pearson
- J. A. Rice. *Mathematical Statistics and Data Analysis* Wadsworth
- D. Freedman. *Statistical models*. Cambridge University Press
- A. van der Vaart. *Asymptotic statistics*. Cambridge University Press
- L. Devroye et G. Lugosi. *Combinatorial methods in density estimation* Springer

Sommaire

Le cours est formé de douze séances.

1. La modélisation et les problèmes de statistique inférentielle : estimation, régions de confiance, tests.

1. Vecteurs gaussiens. Conditionnement. Concentration.

1. Modèles linéaires gaussiens. Régression. Analyse de variance.

1. Méthodes d'estimation. Moments. Minimisation de contraste. Méthodes de vraisemblance.

1. Modèles exponentiels. Estimation au maximum de vraisemblance. Inégalités d'information.

1. Tests. Lemme fondamental. Tests Uniformément les plus puissants.

1. Tests de type chi-deux.

1. Tests non-paramétriques. Fonction de répartition empirique. Inégalités de déviations fonctionnelles. Tests de rang.

1. Méthodes bayésiennes.

1. Risque et efficacité. Minimaxité.

1. Modèles non-paramétriques : estimation de densité. Méthodes de noyau (2 séances).

Résumé

La statistique dite inférentielle s'appuie d'abord sur un effort de modélisation : elle postule que les données analysées par la statistique exploratoire sont produites par un mécanisme aléatoire dont les paramètres sont à estimer.

Le mécanisme aléatoire, le modèle, peut être paramétré par un ensemble de dimension fini ou non. Dans ce cours d'introduction, la plupart des modèles sera de dimension finie.

Schématiquement, la statistique inférentielle se pose trois grandes questions :

- la construction d'estimateurs dits ponctuels des paramètres ;
- la construction de régions de confiance pour les paramètres à estimer ;
- décider si un modèle est plus ou moins convenable qu'un autre (les tests).

Ces trois questions sont en fait intimement liées.

Nous illustrerons et étudierons d'abord ces problèmes sur des modèles gaussiens. Ces modèles permettent des calculs exacts et transparents. Ils forment par ailleurs les limites de nombreuses expériences statistiques.

Nous développerons ensuite une approche systématique des techniques d'estimation, illustrée en priorité sur les modèles dits exponentiels, les plus simples des modèles dits réguliers.

L'étude systématique des tests s'appuiera sur le lemme fondamental de Neyman et Pearson qui porte sur les tests binaires mais permet d'aborder des situations bien plus compliquées.

Nous consacrerons une séance aux tests de type chi-deux. Très pratiques et utiles, ils illustrent des phénomènes importants dans les modèles réguliers. Quoique leur justification soit asymptotique, ils se prêtent très bien aux petits échantillons et mettent en valeur les résultats connus sur les vitesses de convergence vers les lois limites en calcul des probabilités.

Les tests dits non-paramétriques comme le test de Kolmogorov-Smirnov donnent un avant-goût des techniques utilisées en statistique non-paramétrique et en théorie de l'apprentissage. Ils permettent de tester des hypothèses qualitatives, trop riches pour s'intégrer dans des modèles paramétriques.

Les méthodes bayésiennes peuvent s'aborder de deux façons :

- on peut supposer que la nature choisit elle-même au hasard, selon un schéma connu, un mécanisme de génération aléatoire des données, et exploiter la connaissance de ce schéma pour concevoir des méthodes d'estimation ou de test.

- on peut faire **comme si** la nature choisissait au hasard le mécanisme de génération aléatoire des données, et construire des méthodes d'estimation, de tests adaptées. C'est l'analyse des performances qui change dans ce cas.

La théorie de la décision fournit un cadre pour l'étude systématique des performances des méthodes d'estimation ou de test. Elle nous enseigne, entre autres choses, que toute méthode dite minimax est limitée de méthodes bayésiennes.

Le cours se terminera par une introduction à l'estimation non-paramétrique. Celle-ci sera étudiée au travers de l'estimation de densité par méthode de noyaux.

Cours : le mercredi de 13h30 à 16h15.

Code: DMA-M1-C09-S2

Topologie algébrique

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : Ilia Itenberg

Volume horaire : 35h cours/28h TD

L'objectif du cours est de présenter plusieurs notions et résultats importants de la topologie algébrique en se basant sur de nombreux exemples et en évoquant des applications de résultats considérés.

Programme

(1) Exemples importants d'espaces topologiques.

Complexes simpliciaux et complexes cellulaires.

Introduction à la théorie de l'homotopie.

Groupe fondamental d'un espace topologique. Revêtements.

Groupes d'homotopie supérieurs.

(2) Homologie simpliciale. Homologie singulière.

Groupes d'homologie des complexes cellulaires.

Groupes de cohomologie.

Homologie et variétés. Intersection et dualité de Poincaré.

Références :

- [1] A. Hatcher, Algebraic topology.
 [2] A. Fomenko, D. Fuchs, V. Gutenmacher, Homotopic topology.

Cours : Le vendredi de 8h30 à 11h00.

Code: DMA-M1-C10-S1

Analyse des équations aux dérivées partielles

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Thomas Alazard

Volume horaire : 35h cours/28h TD

- I. Analyse microlocale
- a. Transformée en paquets d'ondes, front d'onde
 - b. Analyse semi-classique
 - c. Inégalités de Carleman et théorème de continuation unique
 - d. Mesures de défaut de compacité
- II. Théorie de De Giorgi – Nash – Moser
- a. Equations elliptiques (rappels et compléments)
 - b. Estimations de Schauder
 - c. Itérations de Moser, théorème de régularité de De Giorgi et Nash
 - d. Application au 19e problème de Hilbert
- III. Estimations de Strichartz et de Bourgain
- a. Equations dispersives
 - b. Estimations de dispersion et de Strichartz
 - c. Inégalités de Bourgain
 - d. Applications aux équations non linéaires

Prérequis : Il est préférable de connaître des éléments d'analyse fonctionnelle et de théorie des distributions tempérées. Toutefois, les notions principales seront revues en cours ou en TDs (espaces de Sobolev sur \mathbb{R}^n ou \mathbb{T}^n , espaces de Hilbert, transformée de Fourier).

Références :

- [1] Michael Taylor. Pseudodifferential operators and nonlinear PDE. Progress in Mathematics, 100. Birkhäuser Boston, Inc., Boston, MA, 1991.
 [2] Serge Alinhac et Patrick Gérard. Opérateurs pseudo-différentiels et théorème de Nash-Moser. Savoirs Actuels. InterEditions, Paris; Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Meudon, 1991.
 [3] Maciej Zworski. Semiclassical analysis. Graduate Studies in Mathematics, 138. American Mathematical Society, Providence, RI, 2012.
 [4] Jürgen Jost. Partial differential equations. Third edition. Graduate Texts in Mathematics, 214. Springer, New York, 2013.
 [5] Terence Tao. Nonlinear dispersive equations. Local and global analysis. CBMS Regional Conference Series in Mathematics, 106. Published for the Conference Board of the Mathematical Sciences, Washington, DC; by the American Mathematical Society, Providence, RI, 2006.

Cours : Le jeudi de 9h à 11h30.

Code: DMA-M1-C12-S1

Systèmes dynamiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 12

Responsable : Patrick Bernard

Volume horaire : 35h cours/28h TD

Le cours sera une introduction aux systèmes dynamiques.

Il abordera des thèmes classiques comme dynamique topologique, hyperbolicité, théorie ergodique.

Quelques connaissances de géométrie différentielle (notion de variété, feuilletage) seront utiles, ainsi que quelques notions de théorie de la mesure.

Références:

Barreira Valls, Dynamical Systems,

Hasselblatt & Katok, Introduction to the modern theory of dynamical systems.

Milnor, Dynamics: Introductory lectures

(<http://www.math.stonybrook.edu/~jack/DYNOTES/>)

Brin & Struck, Introduction to dynamical systems.

Cours : Le jeudi de 13h à 15h30.

Code: DMA-M2-A01-S2

Groupe de travail sur les corps valués

Niveau: M2

Semestre: S2, ECTS: 6

Responsable : Zoé Chatzidakis

Volume horaire : 21h cours

Les valuations apparaissent dans plusieurs domaines des mathématiques : théorie des nombres, géométrie algébrique, géométrie réelle, etc.

Nous commencerons par étudier les propriétés algébriques de base des corps valués (tout d'abord la définition; puis, extensions, ramification, etc.). Pour cela, il sera utile de connaître un peu de théorie de Galois.

Aussi : corps Henséliens et leurs propriétés, corps maximale-ment complets, suites pseudo-convergentes, corps de séries généralisées.

Nous regarderons ensuite les corps valués du point de vue de la théorie des modèles, en nous concentrant sur les corps Henséliens. En particulier nous donnerons une description utile des sous-ensembles définissables dans les corps algébriquement clos valués, ou réels clos valués. Autres corps étudiés: $\mathbb{R}((t))$, $\mathbb{C}((t))$, \mathbb{Q}_p . Il serait utile (mais pas indispensable) de connaître les notions de base de théorie des modèles (structures, langage, satisfaction, théorème de compacité).

Si le temps le permet, nous continuerons avec des sujets plus avancés, à choisir parmi : intégration p-adique et séries de Poincaré ; introduction à l'intégration motivique ; espaces de Berkovich ; fonctions analytiques sur les p-adiques ; espaces de Huber ; imaginaires dans les corps algébriquement clos valués et les corps p-adiques

Bibliographie pour le début du groupe de travail :

Antonio J. Engler, Alexander Prestel, Valued fields, Springer monographs in Mathematics, Berlin (2005).

I. Kaplansky, Maximal fields with valuations, Duke Math. J. 9, (1942), 303 - 321.

Des références plus détaillées pour la suite seront données lors de la première séance. Nous discuterons aussi du format du groupe de travail. Je pense à une combinaison d'exposés par vous et par moi.

Cours : le jeudi de 10h30 à 12h

Code: DMA-IN-E01-S1

Mathématiques pour littéraires et philosophes

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable : Sélim Ghazouani

Volume horaire : 24h cours

« Mathématiques pour tous »

Ce cours s'adresse à tous les élèves curieux de découvrir des mathématiques modernes et accessibles à tous. Le but du cours est de comprendre, à travers un ou deux thèmes précis, le formalisme mathématique et les concepts fondamentaux que les mathématiciens manipulent tous les jours.

Aucun pré-requis n'est nécessaire. Les modalités d'une éventuelle validation du cours seront discutés avec les élèves ayant décidé de suivre le cours.

Code: DMA-IN-E01-S2

Mathématiques pour littéraires et philosophes

Niveau: IN

Semestre: S2, ECTS: 3

Responsable : Jean Feydy

Volume horaire : 24h cours

« Culture mathématique »

Ce cours est destiné aux élèves de l'école désireux de se forger une "culture" de ce que sont les mathématiques. Plutôt que de donner un panorama des thèmes étudiés par les mathématiciens d'hier et d'aujourd'hui, on s'attachera à mettre en valeur les qualités essentielles à cette science : rigueur bien sûr, mais aussi capacité à "abstraire", c'est à dire à identifier dans des problèmes apparemment étrangers une structure commune.

Le cours conviendra aussi bien à des élèves des départements littéraires qu'à des élèves des départements des sciences sociales et des sciences dures. Une validation est possible, par exposé oral ou travail écrit portant ou sur le contenu du cours, ou sur ses liens avec une autre discipline.

Dans une première partie, on répondra de manière rigoureuse (pour les standards actuels) aux questions suivantes : Qu'est-ce qu'une preuve ? Qu'est-ce qu'un nombre ? On introduira ensuite trois des outils conceptuels modernes les plus essentiels, qui structurent aujourd'hui le travail mathématique : topologie, analyse, théorie des probabilités. Enfin, on verra ces idées en action

dans trois domaines de recherches contemporains : étude des géométries 'non euclidiennes' en dimension finie ou infinie, analyse de Fourier (et ses multiples applications !), espaces de formes (avec applications en imagerie médicale).

Deux séances "bonus", au contenu qui reste à déterminer, permettront d'approfondir certaines notions, selon les intérêts des élèves.

Plan du cours (~un point par séance de 2h) :

Introduction : Formalisation et étude mathématique d'un problème simple : le jeu de taquin

Chapitre I : Fondements des mathématiques

- A) Preuves formelles, axiomatiques et théorie des ensembles
- B) Constructions classiques des ensembles de nombres : \mathbb{N} , \mathbb{Z} , \mathbb{Q} et \mathbb{R}
- C) Le corps des nombres complexes : algèbre polynomiale et théorie des nombres

Chapitre II : Outils conceptuels modernes

- A) Éléments de topologie : continuité, limites, points fixes et applications
- B) Éléments d'analyse : intégration, dérivabilité et développements locaux, ouvertures
- C) Probabilités mathématisées, statistiques

Chapitre III : Les mathématiques aujourd'hui, applications

- A) "La" géométrie aujourd'hui : géométries hyperboliques, riemanniennes, diversité des approches
- B) Analyse de Fourier, l'ubiquité d'une représentation : Ptolémée et ses épicycles, harmoniques et chaleur, musique et échantillonnage, le format ".jpg"
- C) Un sujet de recherche actuel : l'étude des espaces de formes, avec applications à l'imagerie médicale

Chapitre IV : Deux séances "bonus", à définir selon les intérêts des élèves

- ?) Algèbre galoisienne et constructibilité à la règle et au compas
- ?) Algèbre linéaire et applications variées
- ?) Les infinis, problèmes de décidabilité
- ?) Études des variétés et espaces "exotiques"
- ?) Systèmes dynamiques, stabilités et fractales
- ?) ...

Code: DMA-IN-E02-S1 / DMA-IN-E02-S2

Mathématiques pour économistes

Niveau : IN

Semestre : S1, ECTS : 6 / S2, ECTS : 6

Responsables : Guillaume Rémy et Aymeric Baradat

Volume horaire : 36h cours + TD

Le cours s'adresse aux élèves issus du concours B/L qui souhaitent approfondir leurs connaissances en mathématiques dans l'optique d'un cursus d'économie. Le cours leur fournit les principaux outils leur permettant de suivre aisément les cours formalisés d'économie ainsi que les enseignements de statistiques/économétrie.

En analyse, on introduira les notions géométriques nécessaires à la compréhension de la méthode des multiplicateurs de Lagrange et des conditions de Kuhn-Tucker, afin de pouvoir aborder des problèmes d'optimisation sous contraintes. On étudiera également les méthodes usuelles pour résoudre des équations différentielles linéaires de petit ordre. On pourra aussi considérer certaines techniques d'optimisation dynamique.

En probabilité, les notions élémentaires (variables aléatoires, lois, indépendance) seront rappelées afin de pouvoir utiliser le théorème central-limite. Ces outils permettront d'introduire différents outils statistiques : estimateurs, intervalles de confiance, tests.

Une participation active de la part des élèves est nécessaire. Chaque semaine aura lieu une séance d'analyse et une séance de proba/stats, avec une alternance entre cours et travaux dirigés d'une semaine sur l'autre.

Cours S1 : Jeudi 13h45-15h15 et 15h30-17h, site Ulm

Cours S2 : Mardi 16h30-18h et Jeudi 10h45-12h15, Campus Jourdan

Code: DMA-IN-E03-S1

Statistiques pour littéraires

Niveau: IN

Semestre: S1, ECTS: 3

Responsable : Claire Zalc / Mathilde Mougeot

Volume horaire : 24h cours

Outils statistiques pour Littéraires

Ce cours a pour but de présenter les principales notions statistiques utilisées dans les sciences humaines et sociales afin de permettre à tous de lire des articles et travaux utilisant la quantification. Il s'agit aussi de promouvoir une utilisation de ces outils dans la recherche, en rappelant les règles élémentaires de prudence et de bon sens.

On privilégiera une approche pratique fondée sur des allers retours entre manipulation de données, lecture de textes et discussions sur les différentes méthodes.

Ce cours est ouvert à tous et ne nécessite aucun pré-requis en mathématiques !!

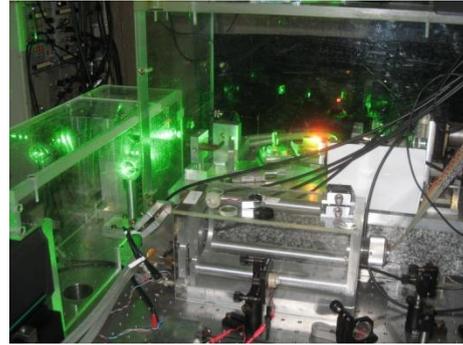
L'évaluation sera faite à partir de lectures d'articles et d'analyses quantitatives sur un sujet au choix à discuter avec les enseignantes.

Cours : Le lundi de 14h30 à 16h30

Département de Physique

Site web: <http://www.phys.ens.fr/>

Adresse: 24 rue Lhomond, 75005 Paris.



Centrée sur la physique statistique, la mécanique quantique et la relativité restreinte, la première année d'enseignement a pour but essentiel de présenter aux normaliens entrants les bases des théories modernes nécessaires à la compréhension des avancées les plus récentes en physique. La physique macroscopique est abordée par le biais de l'hydrodynamique et d'autres compléments (mathématiques pour physiciens, mécanique analytique, optique quantique, astrophysique...) viennent parachever cette formation générale.

Le Master ICFP (International Center for Fundamental Physics) couvre les deux années suivantes de la formation. Ce master international dont l'essentiel des cours est en anglais accompagne la spécialisation progressive des étudiants jusqu'à la thèse.

La première année du master a pour but de compléter la formation générale en physique avec un cours de physique du solide. Par le biais d'options, elle propose par ailleurs des cours avancés dans des domaines plus pointus (physique quantique, biophysique, physique théorique...) de manière à permettre aux étudiants d'affiner leurs choix de spécialisation avant l'entrée en seconde année de master. Ces cours sont complétés par un stage d'un semestre complet en laboratoire, très souvent à l'étranger, parfois en entreprise dans un service de recherche et développement. Ce stage permet d'appréhender la vie d'un laboratoire et de mener une réelle activité de chercheur. Ce stage est régulièrement suivi d'une publication dans une revue scientifique internationale. Au premier semestre, un étudiant intéressé par d'autres disciplines (chimie, biologie, mathématiques...) peut également inclure, dans une limite de 9 ECTS, des cours de ces disciplines dans son cursus de physicien.

La deuxième année de master ICFP se scinde en quatre spécialités larges (physique théorique, physique quantique, physique de la matière condensée ou physique macroscopique et des systèmes complexes). Le premier semestre est centré sur l'enseignement des compétences spécifiques de la spécialité choisie. Il est suivi d'un stage en laboratoire de deux mois qui traditionnellement constitue un prélude à la thèse qu'effectuent la grande majorité des étudiants. Enfin le deuxième semestre présente un vaste choix d'options pouvant être choisies librement par les étudiants.

LES ENSEIGNEMENTS

Code: PHYS-IN-A00-S2

Physique pour tous

Niveau : tous niveaux

Semestre : S1

Responsable :

Durée : tout le premier semestre

Le cours de physique pour tous a pour objectif de présenter la physique moderne, i.e. principalement la relativité restreinte et la mécanique quantique, à de bons élèves qui ne disposent pas du bagage mathématique et physique généralement requis. On utilisera le minimum de formalisme tout en restant aussi rigoureux que possible dans la présentation : il ne s'agit pas d'un cours de vulgarisation. On insistera d'avantage sur les concepts que sur la technique calculatoire qui consomme généralement une grande partie du temps de l'étudiant en physique.

À l'issue du cours, un élève assidu aura une bonne compréhension de la relativité restreinte, une compréhension heuristique de la mécanique quantique et une idée de la physique statistique et de la cosmologie. Il saura ainsi calculer les variations de l'écoulement du temps dans des situations simples à l'aide de la relativité restreinte, il comprendra pourquoi la mécanique quantique change l'intuition que l'on a de la réalité à l'échelle microscopique, il comprendra pourquoi l'inégalité de Bell prouve que le monde est fondamentalement non local, il comprendra l'origine de certaines des autres bizarreries quantiques notamment le fait que les particules peuvent "traverser les murs", il saura ce que signifie le Big Bang et ce qu'est un trou noir, il saura enfin quelle est la définition précise de l'entropie et à quoi elle sert.

Code: PHYS-L3-A01-S1

Physique statistique des systèmes en équilibre

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : Jean-François Allemand

Autres enseignants : Alaa Saade et Marc Durand

Type d'enseignement : cours /TD.

Volume horaire : 30h cours/30h TD

0 - Objectifs de la description statistique, probabilités

1 - Dynamique microscopique et postulats 1. Notion d'ensemble de Gibbs 2.

1>Notion d'ensemble de Gibbs

2> Dynamique

3> Postulats

2 - Ensemble microcanonique

1> Entropie et fonction de partition microcanonique

2> Équilibre thermodynamique

3> Le gaz parfait classique - 1ère version

4> Le gaz parfait classique - 2ème version

5> Systèmes sans extensivité

3 - Ensemble canonique

- 1> Systèmes en contact avec un thermostat
- 2> Le gaz parfait
- 3> Magnétisme

4 - Ensemble grand-canonique

- 1> Systèmes thermostatés en contact avec un réservoir de particules
- 2> Le gaz parfait
- 3> Autres ensembles de Gibbs

5 - Statistiques quantiques pour les particules libres

- 1> Postulats
- 2> Ensemble canonique
- 3> Ensemble grand-canonique

6 - Fermions

- 1> Propriétés thermodynamiques
- 2> Fermions libres à basse température (application aux métaux)
- 3> Semi-conducteurs
- 4> Fermions relativistes (naines blanches)

7 - Rayonnement

- 1> Des équations de Maxwell aux photons
- 2> Gaz de photons dans l'ensemble canonique

8 - Bosons

- 1> Statistique de Bose-Einstein
- 2> Condensation de Bose-Einstein
- 3> Condensats piégés et expériences contemporaines

9 - Systèmes de particules en interaction

Code: PHYS-L3-A02-S1

Introduction à la mécanique quantique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : Frédéric Chevy

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/30h TD

Description :

1. Introduction : un monde quantique
2. Les postulats et les outils de la physique quantique
3. Intrication et complémentarité
4. Position et impulsion, puits et barrières
5. Oscillateur harmonique
6. Le problème à deux corps et le moment cinétique
7. Méthodes d'approximations
8. Conclusion : vers une information quantique

Code: PHYS-L3-A03-S1

Mathématiques pour physiciens

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 9

Responsable : Michela Petrini

Autres enseignants : Francesco Zamponi, Emmanuel Baudin.

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/30h TD

- Fonction de variable complexe. Holomorphie, intégration. Résidus
- Distributions
- Transformée de Fourier et Laplace
- Équations différentielles ordinaires. Fonctions de Green
- Probabilités

Code: PHYS-A05-S1

Éléments de mécanique analytique

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : ~~3~~6

Responsable : Stephan Fauve

Autres enseignants : Aurélie FRAGETTE et Arnaud Raoux

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 14h cours/ 14h TD

Cette introduction aux principes variationnels et aux concepts et méthodes de la mécanique analytique est conçue comme un complément utile aux cours de mécanique quantique et de relativité et électromagnétisme.

Programme du cours :

- ✓ Formulation variationnelle de la mécanique : principe de moindre action
- ✓ Formalisme lagrangien et applications
- ✓ Formulation hamiltonienne
- ✓ Transformations canoniques
- ✓ Méthode de Hamilton-Jacobi
- ✓ Méthodes perturbatives

Code: PHYS-L3-A16-S1

Mécanique des milieux continus

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Basile Audoly

Autres enseignants : Aurélie Fargette

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 18h cours / 18h TD

Ce cours propose une introduction à la mécanique des milieux continus à partir de l'exemple des objets unidimensionnels (fils et poutres), ce qui permet de couvrir les notions fondamentales de mécanique dans un cadre technique épuré : description des efforts et du mouvement (points de vue Lagrangien et Eulérien), lois de comportement (élastique, visqueux, inextensible, etc.), hypothèse des petites perturbations, ondes linéaires et non-linéaires, vibration, principes variationnels et instabilités (flambage: non-linéarités géométriques, instabilité liées au comportement).

Ces notions sont illustrées par des exemples empruntés à la mécanique des solides et des fluides. Nombre de ces concepts, tels que phénomènes ondulatoires, instabilités et méthodes variationnelles, ont été historiquement développés dans le cadre de la mécanique, et sont aujourd'hui largement utilisés dans les différentes branches de la physique.

Code: PHYS-L3- A15-S1

Informatique et physique expérimentale

Niveau : L3

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Pierre Cladé

Autres enseignants :

Type d'enseignement : Cours + TD + TP

Volume horaire : 40 heures (environ 15h de cours et 25h de TP sur machines) + 8 heures pour les étudiants ne connaissant pas Python.

Que ce soit pour acquérir ou traiter des données, l'outil informatique est devenu indispensable à la physique expérimentale.

L'objectif du cours est double : maîtriser l'outil informatique et connaître quelques méthodes d'analyse de données permettant de comprendre et quantifier le bruit.

Le langage informatique retenu pour ce cours sera Python. Il s'agit d'un langage qui est de plus en plus populaire parmi les physiciens (physique expérimentale et théorique). L'objectif de la première partie du cours sera d'acquérir une bonne connaissance de ce langage et en particulier de la programmation orientée objet. La deuxième partie du cours est centrée sur l'analyse de données. Cette partie du cours contiendra une formation théorique et numérique. On y abordera d'une part le calcul et la mesure des incertitudes et d'autre part l'analyse et la compréhension du bruit à travers l'analyse spectrale.

Les étudiants effectueront un projet qui servira pour l'évaluation. Le langage Python – 24 heures (+ 8 heures)

0 Mise à niveau pour les étudiants ne connaissant pas Python - 2 séances de 4 heures (cours et TP machine).

- 1 Prise en main des machines. Description détaillée des différents types de données en Python et des fonctions avancées. TP sous forme de petits exercices.
- 2 Manipulation des tableaux numériques. Lecture/écriture de fichiers. Tracer des graphiques en Python. TP sous forme de petits exercices.
- 3 Les bonnes pratiques de programmation (tests unitaires, création de bibliothèques, gestion des erreurs). Introduction à la programmation orientée objet. TP sous forme de petits exercices.
- 4 TP de 4 heures : réalisation d'un traceur de rayon permettant de visualiser les aberrations sphériques.
- 5 Pilotage d'instruments. TP interfaçage d'un oscilloscope.
- 6 Analyse d'image. TP interférométrie des tavelures
Analyse de données – 16 heures
- 7 Incertitudes : introduction à la statistique (estimateur, théorème de la limite centrale).
Propagation des incertitudes. Cours et TD.
- 8 Ajustement des données (fit). Méthode des moindres carrés. Évaluer les incertitudes et les corrélations entre les paramètres. Méthode de bootstrap.
TP ajustement des franges d'un interféromètre.
- 9 et 10 Analyse spectrale. On introduira l'analyse spectrale en partant de l'instrument (analyseur de spectre) plutôt que des modèles mathématiques. Fonctionnement d'un analyseur de spectre analogique. Densité spectrale de bruit. Analyse spectrale numérique (transformée de Fourier numérique, repliement du spectre et utilisation d'une fenêtre d'apodisation). TP mesure de la fréquence d'un son noyé dans le bruit.

Code: PHYS-A04-S1/ PHYS-B04-S1/ PHYS-A04-S2/PHYS-B04-S2

Projet de physique expérimentale/International Physicist Tournament

Niveau: L3

Semestre: S1, S2 ECTS : 3

Responsable : Christophe GISSINGER

Autres enseignants :

Type d'enseignement : Projet expérimental

Volume horaire : 32h projet

La physique expérimentale, composante essentielle des études prédoctorales de physique à l'ENS, se présente sous la forme de projets menés par binômes sur quatre journées complètes. Ceux-ci se veulent une initiation pratique aux techniques et méthodes de la recherche expérimentale en proposant de concevoir et d'exploiter des expériences en vraie grandeur ; une certaine initiative est laissée aux prédoctorants qui sont responsables du choix des montages expérimentaux et des mesures. Selon leurs thèmes, ils se déroulent à l'ENS ou dans les locaux des universités partenaires. Les binômes disposent de trois semaines, au terme de chaque projet, pour rédiger et remettre un rapport écrit.

Au cours de leurs études prédoctorales, les physiciens sont amenés à effectuer plusieurs projets expérimentaux.

Deux projets sont imposés aux prédoctorants dans le cadre de leur cursus universitaire de licence ; ils s'inscrivent dans le calendrier de l'année de licence, pour l'un, au premier semestre, pour l'autre, au second semestre;

La possibilité est également offerte aux prédoctorants de réaliser un ou plusieurs autres projets, soit en année de licence, soit en première année du master, dans le cadre des enseignements supplémentaires du Prédoctorat de l'ENS.

Les deux meilleurs projets effectués au cours de l'année de licence sont validés comme module expérimental de licence.

Les étudiants le souhaitant peuvent profiter des projets expérimentaux pour préparer l'[International Physicist Tournament \(IPT\)](#), une compétition internationale de physique opposant chaque année des équipes venues d'universités de la Terre entière et s'affrontant sur une liste de problèmes définis à l'avance.

Code: PHYS-L3-B10-S2

Physique du solide

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : Jean-Noël AQUA

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 30h cours / 30h TD

Ce cours sera une introduction à la physique du solide, des propriétés électroniques à la structure de la matière cristalline. Il présentera à la fois des aspects d'équilibre et de hors-équilibre. Les cours présenteront des exemples de la recherche récente sur ce sujet afin de souligner le rapide développement de ce domaine, en particulier dans les nanosciences.

1. Modèle des électrons libres
2. Structure cristalline et réseau réciproque
3. Excitations du réseau : phonons et propriétés thermiques
4. Structure électronique : potential cristallin, symétries et théorème de Bloch, niveau de Fermi, bandes d'énergie
5. Transport dans le gaz électronique
6. Semiconducteurs et métaux : structure de bandes et propriétés.
7. Excitations élémentaires : plasmons, polaritons, excitons
8. Superconductivité et magnétisme : phénoménologie et concepts.
9. Croissance cristalline : physique statistique aux échelles nanométriques

Code: PHYS-L3-B03-S2

Relativité et électromagnétisme

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : Jihad Mourad

Autres enseignants : Gabriel Hetet, Matthieu Dartiailh, Tigrane Cantrat-Moltrecht

Type d'enseignement : cours /TD.

Volume horaire : 30h cours/30h TD

- 1 Introduction
- 2 Principe de relativité

- 2.1 Relativité Galiléenne.
- 2.2 Relativité restreinte.
 - 2.2.1 Principe de relativité et transformations de Lorentz.
 - 2.2.2 Simultanéité.
 - 2.2.3 Dilatation des temps.
 - 2.2.4 Contraction des longueurs.
 - 2.2.5 Intervalle d'espace-temps et causalité.
- 2.3 Transformation spéciale de Lorentz et groupe de Lorentz.
 - 2.3.1 Propriétés du groupe de Lorentz.
- 3 Tenseurs et champs de tenseurs
 - 3.1 Quadrivecteur contra variant.
 - 3.2 Quadrivecteur covariant.
 - 3.3 Tenseurs.
 - 3.4 Champs de tenseurs.
 - 3.5 Tenseurs invariants et dualité.
 - 3.5.1 Exemples d'équations covariantes.
 - 3.6 Équation du mouvement d'une particule classique.
 - 3.6.1 Principe de moindre action.
 - 3.6.2 Interaction avec un champ extérieur scalaire.
 - 3.6.3 Interaction vectorielle.
- 4 Le champ électromagnétique
 - 4.1 Les équations de Maxwell.
 - 4.2 Équation du mouvement d'une particule classique.
 - 4.2.1 Courant d'une particule ponctuelle.
 - 4.3 Transformation du champ électromagnétique.
 - 4.3.1 Invariants quadratiques.
 - 4.4 Action de Maxwell.
 - 4.5 Tenseur énergie-impulsion.
 - 4.5.1 Tenseur énergie-impulsion du champ électromagnétique
 - 4.5.2 Ondes planes dans le vide.
- 5 Solutions des équations de Maxwell dans le vide
 - 5.1 Équation d'onde.
 - 5.2 Solutions des équations de Maxwell dans la jauge de Coulomb
- 6 Potentiels retardés
 - 6.1 Fonctions de Green.
 - 6.2 Solutions des équations d'onde.
 - 6.3 Potentiels de Liénard-Wiechert .
 - 6.4 Champ d'une particule ponctuelle I .
 - 6.5 Champ d'une particule ponctuelle II .
 - 6.5.1 Champ non-relativiste à grande distance.
 - 6.5.2 Champ a petite distance.
- 7 Rayonnement et développement multipolaire
 - 7.1 Force de réaction.
 - 7.2 Source oscillatoire et localisée.
 - 7.2.1 Zone proche.
 - 7.2.2 Champs d'un dipôle électrique.

- 7.2.3 Champs d'un dipôle magnétique.
- 7.2.4 Champs d'un quadripôle électrique.
- 7.2.5 zone de rayonnement.
- 7.3 Puissance totale rayonnée.
- 8 Introduction à l'électrodynamique quantique
- 8.1 Quantification.
- 8.2 Oscillateur harmonique.
- 8.3 La champ électromagnétique comme un ensemble d'oscillateurs

Code: PHYS-L3-B09-S2

Hydrodynamique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : Marc Rabaud

Autres enseignants : Christophe Gissinger et Benoît Semin

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/30h TD

- Introduction à l'hydrodynamique : notion de milieu continu, cinématique
- Description Lagrangienne et Eulerienne, théorème du transport, équations de conservation
- Fluides parfaits, conditions aux limites, équation de Bernoulli, théorème de Kelvin, paradoxe de d'Alembert
- Phénomènes capillaires : loi de Laplace, mouillage, effet de la gravité
- Ondes de surface : relation de dispersion, vitesse de groupe, sillages, énergie transportée. Ondes internes dans les fluides stratifiés.
- Etablissement de l'équation de Navier-Stokes : tenseur des contraintes, conditions aux limites, adimensionnement
- Quelques solutions exactes de l'écoulement des fluides visqueux
- Écoulements parallèles et théorie de la lubrification
- Equation d'advection-diffusion, fluides non-newtoniens
- Les couches limites laminaires
- Dynamique de la vorticité.
- Instabilités hydrodynamiques
- Introduction aux écoulements turbulents

Code: PHYS-L3-B07-S2

Stage expérimental en laboratoire

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 9

Responsable : Amir Kashani-Poor

Autres enseignants :

Type d'enseignement : Stage

Volume horaire : 1 mois à temps plein

Ce stage de nature expérimentale s'inscrit parmi les suppléments de physique imposés dans le cadre du Diplôme de l'ENS. Il se déroule au terme du cursus de licence (L3), au cours de la période estivale, pendant une durée effective d'un mois entre début juillet et mi-septembre.

L'étudiant effectue son stage, sous la responsabilité directe d'un chercheur, dans un laboratoire d'un organisme public de recherche ou d'une grande entreprise du secteur industriel.

Le travail est sanctionné, courant septembre, par la remise d'un rapport écrit présentant les résultats obtenus et une soutenance orale devant un jury auquel participe, si possible, le responsable du stage. L'évaluation prend en compte la présentation du mémoire et l'expression orale de l'étudiant aussi bien que la qualité du travail accompli.

Le laboratoire d'accueil peut se trouver en région parisienne ou en province. En revanche, la durée du stage n'est pas suffisante pour permettre à l'étudiant de s'adapter profitablement à un environnement scientifique et culturel étranger : c'est au second semestre de l'année suivante que chacun se voit offrir l'occasion concrète d'effectuer un stage de recherche dans un pays étranger.

Code: PHYS-L3-A10-S2

Introduction à l'Astrophysique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 3 6

Responsable : Patrick Hennebelle

Autres enseignants : François LEVRIER

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 15h cours / 15h TD

Le cours abordera les grands domaines de l'astrophysique contemporaine. Après une introduction générale des principales échelles et processus physiques, les questions suivantes seront plus spécifiquement abordées :

- émission et transfert de rayonnement
- physique des intérieurs stellaires et évolution des étoiles
- objets compacts
- formation des étoiles et milieu interstellaire
- cosmologie

Code: PHYS-L3-B08-S2

Ordres de grandeur, lois d'échelles et méthodes perturbatives

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Frédéric Chevy

Autres enseignants : Thibaud Mainbourg

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 20h cours / 20h TD

Prérequis :

Physique de base (mécanique, thermodynamique, si possible physique quantique élémentaire aussi) et mathématique de base

La première partie du cours est destinée à familiariser les étudiants physiciens avec le raisonnement qualitatif et l'évaluation des ordres de grandeur en physique. L'analyse dimensionnelle, ses applications à la recherche de solutions auto-semblables et le lien avec les lois d'échelle en physique sont présentés de façon détaillée. Les différents exemples sont choisis de manière à aborder des thèmes aussi variés que possible. Divers exemples de méthodes perturbatives font l'objet de la seconde partie du cours.

Code: PHYS-L3-C20-S2

Optique

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 6

Responsable : Pierre-François COHADON

Autres enseignants : Davide Dreon

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 24hcours/24hTDs

Ce cours propose un panorama des développements modernes de l'optique, de ses fondements théoriques en lien avec l'électromagnétisme et la physique quantique, jusqu'à ses applications en physique fondamentale (interférométrie en astrophysique, spectroscopie, applications en biophysique...) ou en optoélectronique (sources laser, communications par fibre optique...).

1. Le photon, quantification du champ électromagnétique, fluctuations du vide.
2. Propagation dans le vide. Optique paraxiale. Pouvoir de résolution des instruments d'optique, microscopie. Limite de l'optique géométrique.
3. Interférométrie : interféromètres de Michelson et cavités Fabry-Perot
4. Description quantique de l'interaction atome-champ électromagnétique. Émission spontanée, émission stimulée, absorption, coefficients d'Einstein
5. Équations de Maxwell dans la matière. Optique des milieux
6. Modèles microscopiques de la polarisation pour les électrons atomiques
7. Principes des lasers
8. Optique des nano-objets : miroirs de Bragg, microcavités, cristaux photoniques et méta matériaux

Code: PHYS-L3-A11-S2

Séparation d'échelles et description effective des écoulements en mécanique des fluides

Niveau : L3

Semestre : S2, ECTS : 12

Responsable : Laure Saint-Raymond

Autre enseignant : François Petrelis

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 48h cours+TD

- > Ondes en milieu inhomogène et techniques de filtrage d'ondes
 - convergence faible et compacité par compensation
 - équations d'enveloppe dans le cas d'une propagation homogène / analyse de Fourier
 - quelques idées sur le cas de la propagation inhomogène / calcul pseudo-différentiel
 - propagation anisotrope des ondes internes et interaction onde-écoulement
- > Phénomènes de couches limites
 - développement multi-échelles
 - phénomènes non locaux : exemple des couches de Munk et de l'équation de Sverdrup
 - transfert d'énergie : exemple du pompage d'Ekman
- > Homogénéisation et diffusion effective
- > Diffusivité pour un écoulement de cisaillement : calcul de Taylor
 - écoulements cellulaires et propriétés de symétrie
 - écoulements turbulents

Code: PHYS-S01-S1/ PHYS-S02-S2

Séminaire du Prédoctorat 1

Niveau : L3

Semestre: S1, S2, ECTS: ~~2~~ 3

Responsable: Sylvain Nascimbène

Autres enseignants :

Type d'enseignement : séminaire

Volume horaire : 1h30 hebdomadaire

L'assistance régulière à un séminaire de recherche est un élément fondamental du travail d'un chercheur. Elle est indispensable pour ne pas enfermer ses activités dans un sujet trop étroit, pour garder le contact avec la recherche menée au quotidien dans d'autres laboratoires et pour prendre connaissance des nouvelles thématiques développées par les collègues. Dans cette perspective, les études prédoctorales de physique organisent un séminaire hebdomadaire qui aborde divers domaines de la physique fondamentale et s'ouvre à un certain nombre de disciplines voisines.

Les séances ne sont pas des cours magistraux : leur objectif est de présenter un vaste éventail de thèmes scientifiques faisant l'objet de recherches actives, afin de permettre aux étudiants de compléter leur formation générale de physiciens dans la perspective de leur orientation future et de leur spécialisation. Les conférenciers sont des chercheurs qui exposent de façon pédagogique, à un niveau immédiatement accessible, la problématique générale de leur domaine de recherche et les enjeux des travaux qui sont menés actuellement sur le sujet. Le séminaire de la FIP est organisé sur une base hebdomadaire, tout au long de l'année universitaire.

Moment privilégié de dialogue et d'échanges entre promotions, ce séminaire est destiné : -

Au premier semestre, aux étudiants de licence (L3) et de première année de master (M1) ---

Au second semestre, aux seuls étudiants de licence (L3), leurs camarades effectuant alors leur stage de recherche.

Le séminaire de la FIP fait partie des enseignements imposés par les études prédoctorales de physique dans le cadre du Diplôme de l'ENS. Chacun des trois semestres, L3/S1, L3/S2, donne lieu à l'attribution de 3 unités ECTS (soit 6 unités ECTS au total). La validation s'effectue sur la base de l'assiduité (obligatoire) aux séances hebdomadaires et, en complément, sous la forme de comptes rendus de séances rédigés par plusieurs binômes d'étudiants.

Code: PHYS-M1-C02-S1

Structure fondamentale de la matière

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Stavros Katsanevas

Autres enseignants : Amir-Kian Kashani Poor

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/30h TD

- Les atomes
 - Corrections relativistes, Équation de Dirac.
 - Désintégrations d'états excités, Quantification de rayonnement, Émission spontanée.
- Les noyaux

- Structure nucléaire, Rayons alpha, bêta, gamma.
- Spin isotopique.
- Modèle en couches.
- Réactions nucléaires.
- Astrophysique nucléaire.
- Les particules élémentaires
 - Phénoménologie, Modèle des quarks.
 - Théorie des champs relativiste.
 - Réactions et sections efficaces.
 - Théories de jauge et 'modèle standard'.
 - La gravitation quantique et introduction à la théorie des cordes.

Code: PHYS-M1-C06-S1

Physique expérimentale

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Arnaud Raoux

Autres enseignants : Guillaume Michel et Aurélie Fargette

Type d'enseignement :

Volume horaire : 1/2 jour hebdomadaire

Cette option, d'un semestre, consiste en une série de travaux pratiques effectués en binômes. Ils portent sur de nombreux thèmes de la physique classique (électronique, optique, fluides, thermodynamique...). Le but est d'apprendre à mener une expérience quantitative dans des domaines variés, si possible de façon automatisée, en utilisant par exemple l'environnement LabView. Il s'agira donc de mettre en oeuvre des expériences simples, de faire l'acquisition des données, d'analyser de manière critique les signaux obtenus pour vérifier une loi physique ou mesurer une grandeur pertinente. Les sujets couvriront une partie de ceux proposés à l'agrégation de physique et seront abordés dans l'esprit de l'épreuve de montage en attachant un soin particulier à la notion de mesure.

L'évaluation se fera par un contrôle continu et par une présentation orale où seront effectuées et commentées des expériences sur un sujet donné. Cette option peut également être vue comme une préparation anticipée à l'épreuve de montage de l'agrégation

Code: PHYS-M1-C07-S1

Physique pour la biologie

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Sylvie Hénon

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 16h cours/16h TD

La physique appliquée à la biologie a connu un essor important depuis deux décennies. Le vivant fournit de beaux exemples d'applications de la physique qui en retour bénéficie d'un apport dans la description quantitative des phénomènes.

Mouvement Brownien, écoulements à faibles nombre de Reynolds, expériences en molécules uniques, moteurs moléculaires sont autant de thèmes qui pourront être abordés. Aucune connaissance de biologie particulière n'est pré-requise pour ce cours.

Code: PHYS-M1-C08-S1

Projet bibliographique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Amir Kashani Poor

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 1/2 jour hebdomadaire

Le travail personnel occupe une place essentielle dans les études prédoctorales de physique à l'ENS. Le volume horaire (réduit) des enseignements invite les prédoctorants physiciens à prendre le temps de la réflexion et de l'approfondissement en s'appuyant sur des documents externes, monographies et recueils d'exercices, autant que sur les notes de cours et de travaux dirigés. Les projets bibliographiques s'inscrivent dans cette logique. Au terme d'un travail personnel qu'il effectue, sous la direction d'un chercheur du Département de physique de l'ENS, au rythme d'une demi-journée par semaine, le prédoctorant expose ses résultats au cours d'une soutenance orale. L'évaluation prend en compte la qualité de la présentation comme le travail accompli. Ce projet peut constituer une phase préparatoire du stage de recherche que le prédoctorant effectue au second semestre. Un aspect précis du stage, tel que défini en début d'année universitaire, peut en effet donner lieu à un travail bibliographique réaltable, en concertation entre son futur responsable et un chercheur de l'ENS.

Ce projet entend faire manipuler l'outil bibliographique par l'identification et l'exploitation d'un petit nombre d'articles portant sur un sujet de physique moderne. Le prédoctorant se livre ainsi à une démarche de recherche qui complète sa formation théorique ; on lui demande de préparer son travail de synthèse dans une perspective didactique.

Code: PHYS-M1-C11-S1

Introduction à la relativité générale

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Gilles Esposito Farèse

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 16h cours / 16h TD

La théorie de la relativité générale est très bien vérifiée expérimentalement dans le système solaire avec la déviation de la lumière par le Soleil et l'avance du périhélie de Mercure. D'autre part la confrontation avec le pulsar binaire (un pulsar en orbite rapprochée autour d'une autre étoile à neutrons) a permis de vérifier l'existence du rayonnement gravitationnel. Le trou noir est une prédiction de la relativité générale et est très certainement une réalité en astronomie avec notamment la présence de trous noirs géants au centre des galaxies. De plus, la relativité générale est le fondement théorique de tous les modèles cosmologiques. Le cours consistera en une initiation technique à cette théorie, qui sera suivie d'applications en astrophysique dans le domaine des ondes gravitationnelles et des trous noirs, et en cosmologie.

1. Place de la gravitation en astrophysique
2. Principe de relativité
3. Rappels de relativité restreinte
4. Principe d'équivalence
5. Notion de force gravitationnelle
6. Calcul tensoriel
7. Equations de la relativité générale
8. Tests classiques dans le système solaire
9. Ondes gravitationnelles
10. Effondrement gravitationnel et trous noirs
11. Introduction à la cosmologie

Code: PHYS-M1-C16-S1

Physique numérique et analyse numérique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Emmanuel Dormy

Autres enseignants : Ludivine Oruba

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 30h cours/30h TD

La modélisation numérique prend une importance croissante pour l'étude des phénomènes physiques en complément des études expérimentales. Les modèles numériques permettent de modifier facilement les conditions et les paramètres d'une expérience « virtuelle ». Ils permettent d'avoir accès à des grandeurs difficiles à mesurer expérimentalement. Ils permettent enfin de tester les descriptions théoriques sous forme d'équations aux dérivées partielles, en les confrontant à l'expérience. Pour autant les écueils sont nombreux et la réalisation hâtive d'une expérience numérique peut rapidement mener à l'étude d'artéfacts numériques plutôt qu'à celle de phénomènes physiques.

Les huit premières séances du de cours permettront d'introduire la physique numérique et d'illustrer les difficultés physiques et mathématiques associées à la modélisation numérique. Enfin, pour les élèves du cursus physique, les sept dernières séances seront consacrées à des projets développés en binômes par les élèves.

Thèmes abordés :

Différences finies, volumes finis, éléments finis, méthodes spectrales. Convergence, stabilité, méthodes d'ordres élevés, complexité. Discontinuités, diffusion numérique, dispersion numérique, anisotropie numérique. Géométrie, conditions aux limites, adaptativité.

Code: PHYS-M1-D01-S2

Stage de recherche en laboratoire

Niveau : M1

Semestre : S2, ECTS : 30

Responsable : Jean-François Allemand

Autres enseignants :

Type d'enseignement : Stage

Volume horaire : 1 semestre à temps plein

En première année de master (M1), le second semestre (entre février et juillet) est entièrement consacré à un stage de recherche en laboratoire que les étudiants effectuent le plus souvent à l'étranger. Ce stage se déroule à temps plein dans un laboratoire appartenant à un organisme public de recherche ou d'une grande entreprise du secteur industriel, de préférence dans les pays de l'Union européenne mais aussi en Amérique du nord ou dans d'autres pays. Il est mené sous la responsabilité d'un chercheur du laboratoire et doit laisser une certaine autonomie à l'étudiant afin que celui-ci tire le plus grand bénéfice de cette première immersion de longue durée dans un environnement de recherche professionnelle.

Le stage de recherche offre à chaque étudiant une occasion exceptionnelle d'élargir son horizon et sa culture scientifique.

Sa durée d'un semestre lui confère le statut d'un véritable travail de recherche : il n'est pas rare qu'il donne lieu à une première publication scientifique. Le travail est sanctionné par la remise d'un rapport écrit présentant les résultats obtenus et une soutenance orale devant un jury réunissant le directeur des études, le responsable du programme ainsi que des chercheurs extérieurs. L'évaluation prend en compte la présentation du mémoire et l'expression orale de l'étudiant aussi bien que la qualité du travail accompli.

Code: PHYS-M1-A04-S1

Transformation d'énergie

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Stephan Fauve

Autres enseignants : Guillaume Michel

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 16h cours / 16h TD

Transformations d'énergie

1. Discussion qualitative de quelques systèmes impliquant des transformations d'énergie :
 - bilan énergétique de la terre (soleil, vents, courants, pluies, hydroélectricité, énergies fossiles, photosynthèse, géothermie),
 - réactions chimiques,
 - de la cellule à l'homme.
2. Rappels de thermodynamique :
 - rendement de Carnot,
 - pourquoi est-il utile de tirer parti de la transition liquide-vapeur?
 - Quelques exemples,
 - rendements à puissance maximale (approximation de Curzon et Ahlborn et modèles)
3. Limitations théoriques :
 - cellules solaires
 - thermoélectricité
4. Transformation d'énergie par l'intermédiaire d'instabilités :
 - la convection vue comme une machine thermique,
 - les instabilités thermoacoustiques
 - l'effet dynamo et son efficacité comparée à celle de la thermoélectricité
5. Quelques systèmes naturels fonctionnant comme des machines thermiques :
 - dynamique à grande échelle de l'atmosphère des planètes,
 - le cycle des précipitations,
 - amplification d'un cyclone.
6. Récupération d'énergies disponibles :
 - la situation à la fin du 18ème siècle,
 - des moulins à vent et voiliers aux éoliennes,
 - photosynthèse et énergie solaire,

- chaleur latente de l'air humide
7. Quelques aspects relatifs à la fission ou la fusion :
- stabilité
 - turbulence et dissipation; effet sur le rendement
8. Les transformations d'énergie à petite échelle :
- exemples
 - rendement en fonction de l'échelle

Code: PHYS-M1-A01-S1

Évolution et mesure des états quantiques

Niveau: M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Claude Fabre

Autres enseignants : Sylvain Nascimbène

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 16h cours / 16h TD

The aim of these lectures is to present different methods allowing us to characterize as precisely as possible the quantum states of an open physical system and the quantum measurement process. We will also study the evolution of the system under the effect of interactions, relaxation and measurement, quantum correlations and entanglement, and the conditional generation of quantum states. We will finally consider the quantum limits to physical measurements. The lectures will be illustrated by recent experimental examples.

- 1) Density matrix: pure and mixed states; case of qubits and "continuous variables" (x,p) .
- 2) Quantum evolution of isolated and open systems, relaxation; general description using Kraus operators; evolution of quantum coherence, decoherence.
- 3) Quantum measurements: projective, imperfect; general description by a set of positive operators (POVM) ; correlations between successive measurements; Quantum Non Demolition measurement, weak and unread measurements.
- 4) Bipartite systems: local measurements: partial trace; bipartite measurements: correlations, classical or quantum; entanglement and separability; entanglement witnesses; evolution of entanglement.
- 5) Conditional measurements and conditional generation of a quantum state; Einstein Podolsky Rosen paradox, Bell inequality.
- 6) Complete characterization by quantum tomography of states, processes and detectors.
- 7) Quantum limits in measurements; Heisenberg inequalities for variances and correlations, Heisenberg-Osawa inequality for the perturbation of a system by the measurement. Cramer-Rao bound for the estimation of physical quantities.

Code: PHYS-M1-A02-S1

Fluides quantiques

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Alice Sinatra

Autres enseignants : Kris van Houcke

Type d'enseignement : cours /TD

Volume horaire : 16h cours / 16h TD

The course concentrates on the fundamental concepts of degeneracy, long-range order and coherence, superfluidity and superconductivity. We analyze these phenomena and present their manifestations and consequences in different physical systems that are put into perspective. Bose-Einstein condensation, Cooper-pairing in a Fermi system, liquid helium-4, superfluid helium-3 and standard superconductivity will be treated, including:

- ▶ Basic theoretical tools: the nonlinear Schrödinger equation, the excitation spectrum, the two-fluid model, the Ginzburg-Landau theory
- ▶ Classical experiments and some recent developments

Physical examples will be developed in tutorials. Technicalities will be avoided as much as possible leaving a detailed microscopic study of these systems for the next year.

Code : PHYS-M1-C10-S1

Cosmologie et formation des galaxies primordiales

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Benoît Semelin

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16hcours/16hTD

Dans les 25 dernières années un certain nombre d'observation au sol et dans l'espace (Fond diffus cosmologique, supernovas lointaines, oscillations acoustiques baryoniques, lentillage gravitationnel) ont permis à la cosmologie de passer du stade de théorie prometteuse à de modèle largement testé dans lequel les paramètres principaux sont établis avec une précision de quelques pourcents. Bien que des trous béants demeure dans nos connaissance, tes que la nature de la matière noire et de l'énergie noire, le model standard Λ CDM est actuellement celui qui permet de concilier dans un même cadre le plus grand nombre d'observations.

Dans le cadre de cet enseignement nous présenterons d'abord la solution Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW) des équations de la relativité générale dans le cadre d'une approche simple, et nous en déduisons les propriétés principales de l'expansion de l'univers. Nous étudierons ensuite la physique de la matière et du rayonnement dans un tel cadre en nous concentrant sur les conséquences observationnelles mesurables.

Code : PHYS-M1-C03-S1

Physique statistique : des concepts aux applications

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Werner Krauth

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 30hcours/30hTD

En attente descriptif

Code : PHYS-M1-A05-S1

Mathématiques avancées pour physiciens

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Amir Kashani-Poor

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16hcours/16hTD

En attente descriptif

Code : PHYS-M1-A06-S1

Physique des interfaces

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Lydéric Bocquet

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16hcours/16hTD

En attente descriptif

Code : PHYS-M1-A07-S1

Équations aux dérivées partielles non-linéaires

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Stephan Fauve

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16hcours/16hTD

En attente descriptif

Code : PHYS-M1-C18-S1

Nanophotonique

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Christophe Voisin

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16hcours/16hTD

Ce cours présente les avancées majeures en nano-photonique au cours des dernières décennies. Il s'appuie sur les concepts de base sur l'interaction lumière-matière et explore à la fois les recherches fondamentales et les développements technologiques. Une large place est faite à la discussion de résultats expérimentaux fondateurs.

Liste indicative des domaines abordés :

- l'interaction lumière-matière en phase condensée (excitons, polaritons, plasmons...)
- les techniques spectroscopiques

- la plasmonique
- les nano-structures de semi-conducteurs : diodes, lasers, lasers à cascade quantique
- micro-résonateurs optiques et photonique quantique
- les nouveaux matériaux bi-dimensionnels (graphène, dichalcogénures,...)

Code : PHYS-M1-C19-S1

Introduction à la supraconductivité

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : Jérôme Lesueur

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16hcours/16hTD

Dans ce cours introductif, nous commencerons par décrire les manifestations expérimentales de la supraconductivité, dans une perspective historique. Nous poursuivrons en décrivant l'électrodynamique propre aux supraconducteurs, et son interprétation dans le cadre des équations de London. Puis, nous aborderons la théorie microscopique BCS (Bardeen Cooper Schrieffer), qui décrit l'état supraconducteur comme un état quantique cohérent formé de paires de Cooper. L'énergie d'appariement se traduit par un gap dans le spectre des excitations des supraconducteurs, qui régit leurs propriétés électroniques. Pour décrire le comportement des supraconducteurs sous champ magnétique et l'apparition de vortex, nous ferons appel à la théorie phénoménologique de Ginzburg Landau. L'effet Josephson, qui se manifeste lors du couplage entre deux supraconducteurs, sera abordé, avant de terminer le cours par une description des principaux matériaux supraconducteurs et de leurs applications.

Code : PHYS-M1-C17-S1

Matière molle et interfaces

Niveau : M1

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : David Quere

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16hcours/16hTD

Ce cours est une introduction à la physique (et physico-chimie) de la matière molle, un domaine où il s'agit de mettre au point des matériaux aux propriétés paradoxales ou ambiguës : ainsi le mélange de deux phases aussi fluides que l'eau et l'air peut-il produire le quasi-solide qu'est, à certains égards, une mousse à raser. Comme cet exemple le montre, la matière molle s'inspire souvent de systèmes appliqués ou pratiques, et on pourra aussi bien voir ce cours comme une introduction à ce que je souhaiterais appeler la physique industrielle. Nous mettrons l'accent tout particulièrement sur le rôle des interfaces en matière molle (ce sont elles, par exemple, qui "durcissent" la mousse à raser), partant de la définition d'une énergie d'une interface et en explorant quelques unes de ses innombrables conséquences. Cet enseignement se fondera sur un certain nombre d'expériences clés, et nous privilégierons souvent pour les analyser une approche en lois d'échelle. Notez enfin qu'il n'est pas requis d'avoir lu "Babar sur la planète molle" (paru en 1974) pour suivre cet enseignement.

Code: PHYS-M2-A0-S1

Statistical physics

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Emmanuel Trizac

Autres enseignants : Frédéric Van Wijland, Christophe Texier et Martin Lenz

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 18hcours/26hTD

I Introduction to phase transitions and critical phenomena

- 1- The problems raised by phase transitions, from a statistical mechanics perspective
- 2- Classification of phase transitions
- 3- Ising model : why ?
- 4- Order parameter and symmetry breakdown
- 5- Local order and correlation functions : from magnets to liquids

II First order phase transitions

- 1- Unstable isotherms, double-tangent and Maxwell construction
- 2- Spinodal and binodal
- 3- Changing ensembles
- 4- van der Waals equation
- 5- The case of mixtures

III Critical phenomena : qualitative approaches

- 1- Weiss molecular field
- 2- Variational mean-field
- 3- Critical exponents
- 4- Landau theory
- 5- Correlation functions and Ginsburg-Landau functional
- 6- Validity of mean-field

IV Renormalisation group ideas

- 1- What are the problems ?
- 2- Definition of a renormalisation group transformation
- 3- Fixed points and universality
- 4- Scale invariance, critical exponents, and finite size scaling
- 5- Two-dimensional systems and conformal invariance

Code: PHYS-M2-A1-S1

Atoms and Photons

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jean-Michel Raimond

Autres enseignants : Julien Laurat et H el ene Perrin

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 20h cours/20hTD

Interaction matière-rayonnement classique, semi-classique et quantique, quantification du rayonnement, émission spontanée. Quelques phénomènes importants de l'optique quantique pour les systèmes à deux et trois niveaux.

Code: PHYS-M2-A2-S1

Biophysics

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Pierre Sens

Autres enseignants : Sylvie Henon

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 36h cours/16hTD

In this course, we will lay the physical basis for a quantitative description of biological cells. After a general introduction on the structure of cells and the relevant molecular components and physical scales, we will show how the concepts developed to study soft matter, the mechanics of complex media, and in- and out-of-equilibrium statistical mechanics can be used to describe and understand living matter.

Topics covered:

- A short introduction to cell and tissues biology, structure/function, key molecules and orders of magnitude. Why a physical approach to cell biology
- Brownian motion. Langevin equation. Fluctuation-dissipation theorem.
- Out-of-equilibrium fluctuations in living systems.
- Reaction rates: Diffusion-limited reactions, enzyme kinetics, first passage time, physical limits to bacteria chemotaxis
- Physics of DNA: Bending and torsional elasticity, topological constraints. Single molecule experiments
- Cytoskeleton proteins: Single filament (Actin, microtubules): Rigidity, dynamics, polymerization force, Motor proteins: non-equilibrium thermodynamics
- Cell mechanics: Viscoelastic properties of cells and tissues. Force generation by cells. Mechanotransduction
- Physics of biological membranes: Elasticity and statistical mechanics of membranes. Physics of membrane proteins
- Low Reynolds number hydrodynamics. Stokes equation. Scallop Theorem. Bacteria motion.

Code: PHYS-M2-A3-S1

Physics of fluids

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Frédéric Restagno

Autres enseignants : David Quéré, Christophe Clanet

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

En attente descriptif

Code: PHYS-M2-A4-S1

Soft Matter

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jean-Marc Di Meglio

Autres enseignants : Thomas Salez

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

1. Introduction: soft/hard objects, time and length scales, interactions.
2. Polymers: a bit of chemistry, ideal chains.
3. Polymers: real chains, self-avoiding walks.
4. Polymers: solutions
5. Polymers: scaling laws, blobs and confinement
6. Polymers: interfaces, colloidal strategies and force measurements
7. Charge effects, polyelectrolytes
8. Copolymers, stars and exotic chains
10. Scattering methods
11. Dynamics of long objects
12. Mechanics of polymers, glass transition, gels, percolation
13. Liquid crystals

Code: PHYS-M2-A5-S1

Invariances en physique et théorie des groupes

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Paul Windey

Autres enseignants : Benjamin Basso

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

Ce cours présente quelques éléments de base de la théorie des groupes appliquée à l'étude des Invariances en physique. Après quelques rappels sur les groupes de la Relativité et des rotations et sur l'équation de Dirac, qui seront donnés pendant la semaine de « prérentrée », on abordera l'étude des groupes et algèbres de Lie et de leurs représentations. La théorie de Cartan des racines et poids sera ensuite présentée. Les applications principales qui seront discutées dans ce cours porteront sur les symétries du Modèle Standard de la physique des particules, symétries de saveur et de jauge.

Code: PHYS-M2-A6-S1

Magnétisme et supraconductivité

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Dimitri Roditchev

Autres enseignants : Vincent Repain, Marie-Aude Measson

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

Abstract. Superconductivity and magnetism are among the most fascinating phenomena in physics, widely used in modern technology. Superconductivity and magnetism manifest themselves macroscopically, but they both have characteristic microscopic spatial and energy scales and deep microscopic quantum roots. An appropriate quantum mechanical description of both phenomena is therefore required to understand various quantum effects related to these two topics. This comprehension enables one to design superconducting, magnetic or hybrid systems in which the interplay between superconductivity and magnetism leads to novel quantum phenomena.

Lessons (28 hours) :

Part 1. Superconductivity, 14 hours:

1. Superconductivity and related phenomena : One century of major discoveries.
2. Manifestation of superconductivity. Phenomena and properties. First theoretical considerations.
3. Ginzburg-Landau theory. Order parameter. Characteristic length scales. Vortex.
4. Cooper pairs. BCS theory of superconductivity. Quasiparticle excitation spectrum. Tunneling. Josephson effect.
5. High-Tc superconductors. Unconventional superconductivity.
6. Superconductivity at nano-scale.
7. State of the art and challenges in superconductivity.

Part 2. Magnetism, 14 hours:

1. The story of spin : From thermodynamics to quantum mechanics.
2. From microscopic to macroscopic magnetism. Atomic magnetism. Localized versus itinerant magnetism. Phase transitions in magnetism
3. Low dimensional magnetism : From micromagnetism to nanomagnetism. Issues and opportunities in magnetic recording.
4. Few open questions in modern magnetism. New magnetic metamaterials. Quantum magnetism.

Tutorials (TD), 12 hours (6 x 2 hours)

Laboratory, 16 hours (2 works, 2 x half-day each) :

1. First project (8 hours): Growth and patterning of Josephson junctions. Transport measurements : 1-superconducting transition $R(T, B, I)$, 2- $I(V)$ DC-characteristics of Josephson junctions, $J_c(T, B)$.
2. Second project (8 hours): Growth of magnetic layers. Characterization by magneto-optics, Magnetic Force Microscopy and SQUID. Magneto-resistance measurements.

Code: PHYS-M2-A8-S1

Physique quantique avancée

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Christian Trefzger

Autres enseignants : Edouard Boulat

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

L'objectif du cours est de se familiariser en profondeur avec les outils théoriques simples mais incontournables permettant de comprendre les systèmes quantiques actuellement étudiés en physique des basses énergies, en général des systèmes quantiques couplés. Le cours s'articule autour de deux thématiques importantes, les systèmes de particules indiscernables et les systèmes quantiques dont le spectre comporte un continuum d'états (ce qui inclut le cas d'un

couplage à un réservoir). Parmi les résultats principaux exposés, se trouvent (i) le théorème de Wick, la diagonalisation de Hamiltoniens quadratiques comme le Hamiltonien BCS, le phénomène de Goldstone, la méthode de Bogoliubov, et la régularisation par renormalisation pour la première thématique, (ii) la méthode des projecteurs sur la résolvante, la théorie de la diffusion et les notions de longueur de diffusion en dimension quelconque, l'équation pilote et sa reformulation par fonctions d'onde Monte-Carlo pour la seconde thématique. Des exemples concrets sont donnés pendant le cours, et les travaux dirigés permettent d'appliquer les outils théoriques à des expériences récentes effectuées dans le domaine des atomes froids, de l'optique quantique, de la physique atomique.

Les livres (ou équivalents) qui doivent avoir été assimilés :

* Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, Franck Laloë, Mécanique quantique * Albert Messiah, Mécanique quantique (partie non relativiste)

Code: PHYS-M2-A9-S1

Non linear Physics and morphogenesis

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Martine Ben Amar

Autres enseignants : Stephan Fauve

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

Le but de ce cours est d'introduire les méthodes de la physique non linéaire à partir d'exemples pris en hydrodynamique, élasticité ou biophysique. Seront exposées la théorie des bifurcations, les équations de réaction-diffusion, la morphogenèse.

Ces outils théoriques seront appliqués à la modélisation de phénomènes physiques ou environnementaux comme la croissance des cristaux, les digitations visqueuses et les structures fractales. On donnera quelques caractéristiques de la croissance en biologie ou botanique.

Code: PHYS-M2-A10-S1

Physique numérique : algorithmes et calculs

Niveau: M2

Semestre: S1, ECTS: 6

Responsable: Alberto Rosso

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

Ce cours introduira à la physique numérique, avec des applications en physique statistique, physique macroscopique et complexité (ex physique des liquides), et matière condensée. Le cours magistral sera accompagné de travaux dirigés, et les étudiants auront à faire des devoirs à la maison. On cherchera à trouver un équilibre entre une description du contenu physique, une introduction aux algorithmes et à la programmation, et une initiation aux mathématiques appliquées, qui font souvent défaut.

1. Modèles de la physique statistique

(phys :) Transitions de phase, Universalité (Ising, XY, ...), finite-size scaling, Transition de Kosterlitz-Thouless

(algorithmes :) Méthode de Monte Carlo, Algorithmes de cluster.

(math applis :) Variables aléatoires (indépendance, corrélations), statistique des extrêmes.

2. Liquides classiques, matière molle

(phys :) Liquides simples et complexes, mélanges, polymères, facteur de structure.

(algorithmes :) Dynamique moléculaire, méthode de Monte Carlo, Interactions à longue portée

(math applis :) Intégration d'eq. différentielles ordinaires, transformation de Fourier.

3. Systèmes quantiques simples, Problème à N corps bosonique

(phys :) Superfluidité, condensation de Bose-Einstein, ODLRO, Fluides quantiques, Atomes froids.

(Algorithmes :) Décomposition de Trotter, Path-Integral Monte Carlo, Diffusion and Green's function Monte Carlo. Projections.

(Math applis :) Intégrale de chemin, mouvement brownien, brownien fractionnaire.

4. Fermions.

(phys :) Fonctions d'onde de Bloch et de Wannier, fonctionnelle de densité, modèle de Hubbard, problème du signe, spins quantiques

(Algorithmes :) Diagonalisation exacte, Monte Carlo fermionique, Groupe de renormalisation numérique et density-matrix renormalisation group

(Math applis :) Principes de l'algèbre lineaire (numerical eigenvalue problem, Algorithmes d'Arnoldi et de Lanczos), Décomposition en valeurs singulières.

Code: PHYS-M2-A11-S1

Physique statistique et ouvertures

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Henk Hilhorst

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

OUTILS DE BASE DE LA MECANIQUE STATISTIQUE

- Ensembles Statistiques
- Exemples de modeles
- Transitions de phase
- Preuves rigoureuses (Peierls, Griffiths)
- Champ moyen
- Introduction a la renormalisation
- Dynamique Stochastique : Bilan detaillee et Methode Monte Carlo
- Equation de Langevin
- Systemes hors d'equilibre, Theoreme de fluctuation

PROBLEMES GEOMETRIQUES DE LA MECANIQUE STATISTIQUE

- Marches aleatoires, Lois de Levy
- Polymeres, limite $n \rightarrow 0$, Argument de Flory, dimension critique
- Percolation, limite $q \rightarrow 1$
- Processus de contact

SYSTEMES DESORDONNES ET APPLICATIONS

- Introduction, methode des repliques, problemes de moyennage,
- exposants de Lyapounov
- Critere de Harris, argument de Imry Ma
- Diffusion dans un potentiel aleatoire
- Introduction aux verres de spins

- Reseaux de neurones
- Modeles Simples d'évolution

Code: PHYS-M2-A12-S1

Propriétés structurales et électroniques des solides

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Marino Marsi

Autres enseignants : Fabrice Bert

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

1. Ordres en matière condensée
2. Intro rapide aux différents types d'ordre, symétries, groupes, ordres
3. périodiques, apériodiques, matière molle, Désordre et défauts
4. Interaction photon/neutron/electron-matière
5. Diffusion et absorption, cohérence, sources (synchrotron, pile neutrons, FEL), Spectroscopies d'absorption, Diffusion, Diffraction, Résolution de structure,
6. Cristaux désordonnés, Transitions de phases ; Diffusion aux petits angles ;
7. Dynamique ; Magnétisme : Diffusion magnétique des neutrons et des RX
8. Propriétés électroniques des solides
9. Théorie de la réponse linéaire ; réponse à un champ magnétique (RMN, magnétoémission, neutrons) ; réponse à un champ électrique ; mesure de surface de Fermi (ARPES, STM, Oscillations quantiques).

Code: PHYS-M2-A13-S1

Relativité générale

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Marios Petropoulos

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/26h TD

Description : Après un rappel des fondements de la théorie d'Einstein de la gravitation (1 cours, 1 TD), une première partie (2 cours 1 TD) développe la théorie des trous noirs. (Notions de masse critique des objets compacts et d'effondrement gravitationnel ; résumé des observations astrophysiques. Obtention et propriétés de la métrique de Kerr. Énergétique et thermodynamique des trous noirs, etc)

Une deuxième partie (1 cours, 1 TD) est consacrée à la structure des équations d'Einstein (formalisme 3+1 et hamiltonien, invariances et grandeurs conservées,...)

Un cours est dévolu à la théorie des champs en espace-temps courbes et ses applications (superradiance, rayonnement de Hawking etc). Une dernière partie (1 cours, 2 TD) est consacrée à la mécanique céleste relativiste et aux ondes gravitationnelles avec un accent sur le problème du mouvement en RG et les confirmations observationnelles de la théorie (pulsars doubles, etc)

Enfin deux cours seront consacrés à la Cosmologie et aux développements actuels de la théorie.

Code: PHYS-M2-A15-S1

Symétries et théorie quantique des champs

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jean-Noël Fuchs

Autres enseignants : Giuliano Orso

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 20h cours/20h TD

Il s'agit d'un cours d'introduction à la théorie quantique des champs, formalisme indispensable pour décrire les particules élémentaires et leurs interactions, ainsi qu'un bon nombre de systèmes en matière condensée. La première partie introduit la théorie classique des champs invariante relativiste. L'accent est mis sur la relation entre symétries d'une part et nature possible des "particules" ainsi que leur dynamique d'autre part. De cette manière, les champs scalaires, vectoriels et spinoriels apparaissent naturellement. Leurs propriétés de transformation sous le groupe de Lorentz sont détaillées. Les équations dynamiques qui régissent ces champs (équation de Klein-Gordon, de Dirac, de Maxwell) sont présentées et motivées. En particulier, des applications à basse énergie en matière condensée, comme le graphène ou les isolants topologiques, sont abordés. Dans la deuxième partie de ce cours, les champs libres sont quantifiés. L'espace de Fock, et son interprétation en terme de particules, est introduit. Le théorème spin-statistique est présenté. Finalement, le cours se termine sur le concept de brisure spontanée de symétrie en théorie quantique des champs. En particulier, les deux points de vue (réalisations de Wigner-Weyl et Nambu-Goldstone) sur les symétries en théorie quantique des champs sont introduits et le théorème de Goldstone est démontré. Les conséquences physiques du phénomène de brisure spontanée de symétrie seront étudiées en détail dans le cours théorie quantique des champs avancé du second semestre.

Prérequis

Formalisme de la relativité restreinte (notion de quadrivecteur, calcul tensoriel, conventions d'Einstein). Bibliographie : tout ouvrage d'introduction à la relativité. Par exemple : M. Boratav et R. Kerner, Relativité, Ellipses, 1991.

Code: PHYS-M2-A16-S1

Théorie de la matière condensée

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Bernard Douçot

Autres enseignants : B. Estienne, L. Messio

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 40h cours/15h TD

The main goal of this course is to cover various examples where strong interactions strongly modify the low energy spectrum of electronic systems, even in absence of any spontaneous symmetry breaking mechanism. We shall therefore focus on strongly interacting electronic liquids.

As an introduction, we will begin to discuss the standard paradigm of Fermi liquids, with an emphasis on response functions and electronic spectral functions. Motivated by the example of high temperature superconductivity in cuprates, we will then address some features of strongly correlated electronic systems such as the Mott transition. The main challenge raised by these

systems is that Fermi liquid theory no longer provides a good description of normal state properties, in particular in the pseudogap regime of cuprate superconductors.

We will review some of the theoretical tools, which have been developed to tackle such questions. Another route to witness strong departures from the Fermi liquid paradigm is to consider the case of one-dimensional systems, in which quantum fluctuations are so strong that they deeply modify the nature of electronic quasi-particles. Another striking consequence is the phenomenon of spin and charge separation. We will then discuss the Kondo problem, where a localized spin gets totally screened by a sea of conduction electrons. Besides its intrinsic interest for magnetic alloys, the Kondo problem is still at the heart of many active research themes, such as decoherence of quantum bits induced by their coupling to a macroscopic environment, or quantum transport through nano-systems.

Finally, we will present a brief introduction on quantum Hall effects, which manifest rather striking phenomena, such as a robust quantization of a response function (the Hall conductance), or the emergence of fractional charges and exotic quantum statistics, which interpolate between fermions and bosons.

Code: PHYS-M2-A17-S1

Théorie quantique des champs (PT)

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Adel Bilal

Autres enseignants : Guillaum Bossard

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 52h cours/26h TD

- Rappels de mécanique quantique, invariance de Poincaré, petit groupe et états à une particule.
- État à plusieurs particules, bosons et fermions, matrice S.
- Calcul de la matrice S en théorie des perturbations, taux de transition, section efficace, décomposition en clusters.
- Champs quantiques : construction des champs scalaires, vectoriels et de Dirac, propagateurs de Feynman, théorème spin-statistique, théorème CPT.
- Règles de Feynman, fonctions à n points et formule de réduction.
- Formalisme canonique, symétries et courants conservés.
- Électrodynamique quantique.
- Intégrale fonctionnelle, fonctionnelles génératrices.
- Propagateurs complets, identités de Ward, nécessité de renormalisation.
- Calculs à une boucle en ϕ^4 et en électrodynamique quantique : fonction beta, calcul de g^{-2} .
- Éléments de la théorie générale de la renormalisation.
- Théories de jauge non-abélienne : quantification Faddeev-Popov, fantômes, symétrie BRST.

Code: PHYS-M2-A18-S1

Théorie statistique des champs (PT)

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Denis Bernard

Autres enseignants : Jesper Jacobsen

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 39h cours/13h TD

- Intégrales de chemin en physique quantique et quelques applications.
- Intégrales fonctionnelles, théorie Euclidienne des champs et physique statistique.
- Phénomènes critiques, théorie de Landau, fluctuation et critère de Ginzburg.
- Comportements d'échelle et introduction au groupe de renormalisation de Wilson
- Relations avec la renormalisation en théorie perturbative des champs.
- Quelques applications en physique statistique, matière condensée et matière molle.

Prérequis

- Mécanique classique et quantique non relativiste.
- Physique statistique à l'équilibre pour les systèmes classiques (ensemble statistiques, théorie du champ moyen, fonctions de corrélations, transitions de phases) et quantiques (matrice densité, statistiques quantiques).
- Outils mathématiques de base pour la physique : opérateurs et espaces de Hilbert, intégration et distributions, transformée de Fourier, fonctions analytiques, quelques notions de probabilités et de théorie des groupes.

Code: PHYS-M2-A0-S2

Advanced Quantum Field Theory (ThP)

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Vincent Rivasseau

Autres enseignants : Razvan Gurau

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 27h cours/12h TD

- 1-Graphs and Combinatorics for Quantum Field Theory: Euclidean Functional Integrals, Feynman graphs and amplitudes, Topological Polynomials, Tree-Matrix theorem, Parametric representation
- 2-Advanced Perturbative Renormalisation: Multiscale decomposition, Power Counting, Overlapping Divergences and Forest Formulas, Schwinger-Dyson Equations, Renormalisation Group, Beta Function, Asymptotic Freedom
- 3-Introduction to Random Matrices: Ribbon graphs, $1/N$ Expansion, Wigner law
- 4-Introduction to Topological Field Theory: Instantons in Non Abelian Gauge Theories, Chern-Simons Theory, Magnetic Monopoles.

Code: PHYS-M2-A1-S2

Algèbre, intégrabilité et modèles exactement solubles

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Jesper Lyke Jacobsen

Autres enseignants : Yacine Ikhlef

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 36h cours/18h TD

This course is an introduction to exactly solvable two-dimensional models, considered either in 2D statistical physics, or equivalently as 1D quantum spin chains. Several techniques of resolution will be presented (combinatorics, integrability, conformal invariance, representation theory) with the algebraic content as leitmotif.

Combinatorial methods and free fermions : dimer coverings and the Ising model.

Integrability: Yang-Baxter relation, commuting transfer matrices, coordinate and algebraic Bethe Ansatz.

Lattice algebras: Temperley-Lieb algebra and its representations (6-vertex model, RSOS model, loop model, supersymmetric spin chains), algebraic decomposition of the partition function, Markov trace and Jones-Wenzl projectors.

Conformal field theory: local conformal invariance, Virasoro algebra and its representations, minimal models, modular invariance, Coulomb gas, Liouville field theory.

If time allows, more specialised subjects will also be covered, such as : the Temperley-Lieb algebra with boundaries, supersymmetry, indecomposability at roots of unity, and logarithmic conformal field theories.

Code: PHYS-M2-A2-S2

Atomes ultra-froids

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Frédéric Chevy

Autres enseignants : Fabrice Gerbier Jérôme Beugnon

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 15H cours/15h TD

Since the 80's laser cooling has become a major tool in atomic physics. The very low temperatures achieved in dilute atomic gases has allowed the realization of Bose-Einstein condensates and degenerate Fermi gases. More recently the very high degree of control of these systems opens new perspectives in simulating the rich physics of electrons in condensed matter systems.

Program :

1. Radiative forces
2. Doppler cooling
3. Neutral particles trapping
4. Scattering length
5. Evaporative cooling
6. Bose-Einstein condensation
7. Atomic interferometry
8. Degenerate Fermi gases

Code: PHYS-M2-A4-S2

Supraconducteurs et circuits supraconducteurs

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Xavier Leyronnas

Autres enseignants : Julien Gabelli

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours/16h TD

Ce cours vise à introduire la supraconductivité à travers des expériences historiques ou récentes et les concepts théoriques nécessaires.

L'examen consistera en une présentation de 20 ou 30 minutes d'un article de recherche.

Plan du cours

A – Introduction à la supraconductivité

- * Introduction, phénoménologie, thermodynamique, effet Meissner
- * Effet isotopique et hamiltonien BCS
- * Le problème de Cooper, L'ansatz BCS
- * Théorie BCS à $T=0$ et $T>0$
- * Approche de champ moyen, transformation de Bogoliubov
- * Equations de Bogoliubov de Gennes et effets de proximité

B – Supraconductivité mésoscopique

- * Jonction Normal-Isolant-Supraconducteur (NIS), quasi-particules et courants d'Andreev
- * Jonctions hybrides normal-supraconducteur (NS). Régimes ballistiques et diffusifs
- * Jonctions supraconductrices et états liés d'Andreev : Jonctions SIS et SNS
- * Grains supraconducteurs et petites jonctions. Effet de charge.

Code: PHYS-M2-A5-S2

Cosmologie (CFP)

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Jérôme Martin

Autres enseignants : Martin Lemoine

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours/16h TD

L'objectif de ce cours est de fournir les bases théoriques de la cosmologie moderne. Dans un premier temps, nous discuterons les solutions cosmologiques de la relativité générale, les fondements théoriques et liés aux observations permettant de vérifier l'expansion, et par suite le modèle du big-bang, et enfin l'histoire thermique de l'Univers. Nous étudions ensuite les grandes structures de l'univers d'un point de vue théorique : théorie des perturbations et origine quantique des fluctuations pendant l'inflation et finissons par donner une image globale du modèle cosmologique contemporain en soulignant les limites et en indiquant les extensions vers les recherches actuellement en cours. Les aspects observationnels ne sont pas traité explicitement en détails, mais nous soulignerons le lien entre les prédictions et l'univers réel (nucléosynthèse primordiale, fond diffus cosmologique, spectre de puissance des grandes structures, diagramme de Hubble etc...)

Le cours traitera les thématiques suivantes :

- * Espaces de Friedman-Lemaître-Robertson-Walker
- * Les trois tests fondamentaux de la cosmologie (expansion, nucléosynthèse & fond diffus)
- * Histoire thermique de l'Univers
- * Théorie des perturbations cosmologiques
- * Anisotropies du CMB
- * Inflation

Code: PHYS-M2-A6-S2

Geophysical fluid dynamics

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3
Responsable : Claude Jaupart
Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 30h cours

Description : à venir

Code: PHYS-M2-A7-S2

Fermions et bosons fortement corrélés

Niveau : M2
Semestre : S2, ECTS : 3
Responsable : Olivier Parcollet
Autres enseignants : Christophe Mora

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 16h cours/16h TD

Ce cours constitue une introduction aux méthodes modernes du problème à N corps. Certaines techniques employées sont proches de celles introduites dans le cours de théorie des champs (fonctions de Green, méthodes diagrammatiques). On présentera également des techniques adaptées à la limite de couplage fort. On s'efforcera, sur des exemples simples, de faire le lien entre les méthodes théoriques introduites et des effets physiques observés. Ces exemples seront empruntés à la physique des solides. Cette année, le cours envisagera aussi des effets d'interactions entre électrons dans les systèmes mésoscopiques.

Code: PHYS-M2-A8-S2

Information quantique (CFP)

Niveau : M2
Semestre : S2, ECTS : 3
Responsable : Jakob Reichel
Autres enseignants : Christine Guerlin et Igor Dotsenko

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 16h cours/16h TD

Ce cours introduit les concepts de base de la théorie quantique de l'information. On présentera les potentialités offertes par les expériences dans divers domaines (optique, RMN, manipulation d'ions ou d'atomes uniques).

Thèmes abordés

1. Information classique ou quantique : les ressources de la logique quantique
2. Communication quantique
3. Portes quantiques et structure d'un calcul quantique
4. Principe du calcul quantique, algorithmes quantiques
5. Décohérence et correction d'erreur
6. Exemples de mises en œuvre expérimentales :
 1. Résonance magnétique nucléaire
 2. Ions piégés

3. Atomes en cavité

Code: PHYS-M2-A10-S2

Information, Inference, Networks : from statistical physics to big biological data

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Rémi Monasson

Autres enseignants : Francesco Zamponi, Simona Cocco

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 15h cours/15h TD

Today's science is characterized by an ever-increasing amount of available data, in particular in biology, but also in other fields closely related to physics, such as material science. How can we exploit those data to design accurate models of the underlying, complex, strongly non-homogeneous and interacting systems?

The objective of this course is two-fold:

- (1) provide statistical physics and inference concepts and methods to answer this question,
- (2) apply those tools concretely to various biological data, coming from neurobiology, genomics, ecology, ...

Code: PHYS-M2-A11-S2

Introduction à la chromodynamique quantique

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Matteo Cacciari

Autres enseignants : Damir Becirevic

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours/16h TD

- * Théories de jauge : quantification et renormalisation.
- * Modèle des quarks et chromodynamique quantique (QCD).
- * QCD perturbative et applications (diffusion profondément inélastique électron-proton, annihilation électron-positron, production de jets).
- * Diverses approches non perturbatives
- * Théories de Jauge sur Réseaux
- * Des fonctions de Green aux observables physiques
- * Action de Pure Jauge avec Applications (critère de confinement, glueball...)
- * Fermions sur Réseaux avec Applications.

Code: PHYS-M2-A13-S2

Matière de Dirac, topologie et interactions dans les systèmes à plusieurs particules

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Pascal Simon

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 26h cours/26h TD

Au cours des dernières années, la physique de la matière condensée a connu des progrès spectaculaires grâce à la synthèse de nouveaux matériaux carbonés comme les nanotubes ou le graphène et plus récemment avec l'émergence de nouveaux composés exotiques nommés isolants topologiques. Les propriétés électroniques de tous ces matériaux ont en commun qu'elles sont en partie décrites par les solutions de l'équation de Dirac en basse dimension. Simuler la matière de Dirac in situ à partir d'atomes froids piégés dans des réseaux optiques spécifiques constitue également une nouvelle direction pour l'optique quantique. Ce cours a pour objectif d'introduire ces nouveaux concepts à des étudiants de niveau Master 2.

Code: PHYS-M2-A17-S2

Quantum optics in condensed matter (CFP)

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Cristiano Ciuti,

Autres enseignants : Sara Ducci

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire : 20h cours/10h TD

Le contrôle du processus de fabrication des cristaux semi-conducteurs rend sans conteste ces matériaux sources de nombreuses utilisations : diodes, transistors, lasers par exemple. Il permet aussi d'importantes et très vivantes études fondamentales, où les confinements des électrons et/ou photons permettent d'explorer des phénomènes issus du couplage lumière-matière inédits en matière condensée. C'est en fait un domaine où la physique quantique fondamentale du solide et les applications "hautes technologie" sont intimement liées. Des progrès majeurs ont été effectués depuis que l'on sait contrôler à une monocouche atomique près les épaisseurs des couches planaires, rendant possible la fabrication de multicouches aux propriétés fondamentalement nouvelles liées au caractère bidimensionnel du système. Plus récemment, on a su structurer latéralement ces couches de manière à obtenir des systèmes unidimensionnels et même zérodimensionnels, à une échelle, bien inférieure au micromètre donc nanométrique, où la description quantique est indispensable. Ce cours traite des propriétés électroniques et optiques fondamentales de ces nanostructures de semi-conducteurs en rappelant celles des matériaux massifs. Il décrit d'abord les états électroniques, avant d'envisager les deux grands domaines des phénomènes optiques intrabande (les lasers à cascade quantique et le couplage ultra-fort en cavité) et interbandes (les polaritons de micro-cavités et les boîtes quantiques).

Code: PHYS-M2-A18-S2

Nonlinear, ultrafast and quantum optics

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Nicolas Treps

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD
Volume horaire: 16h cours/16h TD

Objective of this lecture is to study non-linear interaction between light and mater, from classical to quantum effects. The natural regime, even if non-exclusive, is the femtosecond

regime, where effects are macroscopic and experiments are usually performed. Beyond giving the essential ingredients of non-linear and quantum optics, this lecture will focus on recent applications and experiments, spreading from microscopy and spectroscopy to non-classical state generation and quantum metrology.

PART I : Nonlinear Optics

1- Introduction

- * Course : Introduction to nonlinear optics Nonlinear susceptibilities Propagation equation
- * Training : Self-phase modulation, Solitons

2- Second order effects

- * Course : Two-wave mixing, Manley-Rowe relation Second harmonic generation (SHG) Phase-matching, quasi-phase matching
- * Training : Parametric gain, OPO's, thresholds of SROPO and DROPO

3- Ultrashort pulses

- * Course : Short pulse generation : mode-locking Characterization methods Femtosecond spectroscopy Nonlinear microscopy
- * Training : Kerr-Lens Mode-Locking

4- Quantum calculation of nonlinear susceptibilities

- * Course : Liouville equation, perturbative response Calculation of $\chi(2)$
- * Training : Non résonnant $\chi(2)$

5- Response-functions – Two-dimensional spectroscopy

- * Course : Rotating-wave approximation, resonant Feynman diagrams Pump-probe experiments
- * Training : Fluorescence / resonant Raman

6- Training Third-harmonic generation for Gaussian beams – Application to microscopy

PART II : Femtosecond quantum optics

1- Introduction

- * Course : Quantum nature of light and pioneer experiments Single and two photons experiments, EPR states

2- Multimode quantum electromagnetic field

- * Course : Field quantization (time and frequency domains) – Coherent states Multimode homodyne detection Continuous variable regime
- * Training : Position measurement and standard quantum limit

3- Non-classical states

- * Course : Gaussian states : squeezing and entanglement Wigner function and non-gaussian states
- * Training : Generation of a non-gaussian state, Kraus operators

4- Multimode entanglement in the frequency domain

- * Course : Introduction to symplectic algebra, Schmidt and Bloch Messiah decomposition Pulsed single mode single photons
- * Training : Parametric down conversion for multimode quantum states

5- The frequency comb : a metrological tool

- * Course : Frequency comb and metrology

-* Training : Quantum noise limited metrology with frequency combs

6- Time and frequency measurements

-* Course : Quantum Cramér Rao bound : ultimate quantum limit for metrology

-* Training : Pulse shaping for quantum coherent control

Code: PHYS-M2-A19-S2

Optique non-linéaire et quantique

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : François Hache

Autres enseignants : Nicolas Treps, Jonathan Roslund

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire: 16h cours/16h TD

Objective of this lecture is to study non-linear interaction between light and matter, from classical to quantum effects. The natural regime, even if non-exclusive, is the femtosecond regime, where effects are macroscopic and experiments are usually performed. Beyond giving the essential ingredients of non-linear and quantum optics, this lecture will focus on recent applications and experiments, spreading from microscopy and spectroscopy to non-classical state generation and quantum metrology.

Code: PHYS-M2-A21-S2

Physique des particules : le modèle standard (CFP)

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Dirk Zerwas

Autres enseignants : Frédéric Machefert

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours/16h TD

We will study the standard model of particle physics and the most important experiments that have contributed to its development:

- experimental issues : accelerators and detectors
- particles, 4-vectors, particle interactions, description of an unstable particle
- internal structure of the hadrons : deep inelastic scattering, scale invariance, parton model
- hadron spectroscopy : isospin and SU(2), hypercharge and SU(3), quark model
- strong interaction : the ratio R, color jets, α_S
- weak interaction : parity violation, W and Z bosons
- CP violation and the CKM matrix
- the Higgs boson, its properties and the search for the Higgs boson
- one example for physics beyond the standard model : supersymmetry

Code: PHYS-M2-A22-S2

Probabilités pour physiciens

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Michel Bauer

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 30h cours

Au début de la mécanique statistique, Maxwell écrivait "La vraie logique du monde est celle du calcul des probabilités". Les années lui ont donné amplement raison. Cependant, les méthodes des physiciens et des mathématiciens ont rapidement divergé : ils continuent à s'intéresser bien souvent aux mêmes problèmes, mais avec des langages très différents.

L'objectif de ce cours est de présenter pour des physiciens les bases de l'approche probabiliste mathématique. Même si cela nécessite un peu de formalisme, celui-ci présente des côtés assez intuitifs pour être expliqué, compris et appliqué sans passer systématiquement par des preuves rigoureuses.

Après une introduction aux bases des probabilités, les cours présentera les processus stochastiques les plus courants (marche aléatoire, processus de Poisson, Brownien, etc), les martingales et le calcul stochastique.

La puissance de ces outils sera illustrée par des applications aux systèmes hors d'équilibre, aux systèmes désordonnés, aux transitions de phase, etc.

Code: PHYS-M2-A23-S2

Quantum optomechanics and nanomechanics

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Pierre-François Cohadon et Benjamin Huard

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 15h cours/15h TD

Description :

Le cours vise à introduire les domaines en plein essor de l'optomécanique et de la nanomécanique qui se sont récemment fortement rapprochés et couvrent à la fois les domaines de l'optique quantique et de la physique de la matière condensée.

Après deux cours consacrés à une introduction générale du sujet, on traitera notamment :

- les limites quantiques dans les mesures interférométriques (avec des applications aux interféromètres gravitationnels, mais aussi à des expériences table-top)
- les mesures de force avec des résonateurs nanomécaniques (microscopie à force atomique, mesures de masse avec des nanotubes ou du graphène...)
- les signatures quantiques du mouvement de résonateurs mécaniques près de leur état quantique fondamental
- les systèmes quantiques hybrides (résonateurs mécaniques couplés à des atomes ou à des centres NV...)
- les applications en information quantique, notamment la transduction optique <---> microondes au niveau quantique en utilisant le couplage par pression de radiation
- les tests sur les fondements de la mécanique quantique (décohérence d'objets massifs...)

Code: PHYS-M2-A25-S2

Stage ICFP

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 18

Responsable : Kris Van Houcke

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 64h

Le stage en laboratoire (expérimental ou théorique) de second semestre comporte une période de 8 semaines à temps plein suivie éventuellement par 8 semaines à mi-temps.

Le choix des stages est effectué au premier semestre. Celui-ci peut être effectué dans tout laboratoire en région parisienne, ou en province. Le travail est évalué sur la base d'un mémoire remis à la fin du stage, d'une présentation orale et de l'avis du directeur de stage.

Code: PHYS-M2-A26-S2

Statistical physics 2: disordered systems and interdisciplinary applications

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Guilhem Semerjian

Autres enseignants : Giulio Biroli

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours/16h TD

Course contents

The topics of this course will be chosen among the following.

1. Ising model and quantum spin models. Kinetic Ising model. Master equations in operator language. Examples with fermion and boson operators.
2. The $O(n)$ model. Lower critical dimension. Two-dimensional XY model. Topological phase transitions. Roughening transition. 4He layers. Two-dimensional melting.
3. Linear and nonlinear Langevin equations. Mapping master equations onto field theories. Nonequilibrium phase transitions.
4. Reaction–diffusion problems. Phase transitions to absorbing states. Heuristic methods.
5. Some mathematical models of molecular motors.
6. Neural networks as models of memory.

Code: PHYS-M2-A29-S2

Théorie des cordes

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Jan Troost

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 30h cours

- Cordes classiques ouvertes et fermées (Action de Nambu, action de Polyakov, développement en modes propres, conditions de bords, contraintes de Virasoro)

- Quantification des cordes bosoniques (quantification covariante, jauge du cône de lumière, quantification BRST, dimension critique)
- Notions de base de théorie conforme bidimensionnelle (quantification radiale, opérateur énergie-impulsion, algèbre de Virasoro, charg centrale, boson compact libre, fermion libre, fonction de partition)
- Opérateurs de vertex et amplitudes de diffusion (amplitude de diffusion à l'ordre des arbres, énergie du vide à une boucle, finitude ultraviolette)
- Champs de fond non-triviaux (modèle de sigma non-linéaire, fonctions beta, théorie effective à basse énergie)
- Supersymétrie et supercordes (projection, GSO, cordes de type IIA,IIB, type I et cordes hétérotiques)
- Compactification (compactification toroïdale, états de Kaluza-Klein, orbifolds, variétés Ricci-plates)
- D-branes (Définition, action de volume d'univers, interactions, solutions classiques)
- Dualités (Etats BPS, théorèmes de non-renormalisation, instantons, équivalences entre théories de supercordes et supergravité à onze dimensions.)

Code: PHYS-M2-A30-S2

Théories de jauge des interactions électrofaibles

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Stéphane Lavignac

Autres enseignants : Pierre Fayet, Brando Bellazzini

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours/14h TD

Cet enseignement vise à donner une introduction aux théories de jauge des interactions électrofaibles et au Modèle Standard de la physique des particules, ainsi qu'à certaines de ses extensions. Les sujets couverts comprennent : fondements des théories de jauge ; brisure de symétrie, théorème de Goldstone et mécanisme de Higgs ; construction du Modèle Standard électrofaible ; renormalisation des théories de jauge non-abéliennes ; anomalies ; introduction à la Grande Unification et à la supersymétrie.

Code: PHYS-M2-A31-S2

Turbulence (CFP)

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Sergio Chibarro

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours/16h TD

Loi de Kolmogorov, fonctions de structures, intermittence inertielle et dissipative. Structures cohérentes et champ de pression. Filamentation. Simulations numériques. Dynamique de la vorticité.

Code: PHYS-M2-A33-S2

Matter far from equilibrium

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Jean-François Joanny

Autres enseignants : Vincent Demery

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 20h cours/15h TD

Code: PHYS-M2-A34-S2

Ondes en milieux désordonnés et phénomènes de localisation

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Dominique Delande

Autres enseignants : Christophe Texier

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 8h cours/8h TD

We study the problem of transport and localization in disordered systems, when INTERFERENCE is present, as characteristic for waves. A wave propagates in some medium (be it vacuum), and interference occurs when different waves overlap, for example scattered from different positions with various wavevectors. We want to describe the propagation of the wave over long distances and for long times. Physical situations of this type cover the propagation of light in a turbid medium, electronic matter waves in conventional metals at low temperature, acoustic waves in a concert hall with complicated shape, seismic waves multiply scattered inside the earth, atomic matter waves in the presence of a disordered potential, etc. The emphasis is put on experimental situations met in solid state samples and (ultra-)cold atomic gases.

Introduction: Disorder is everywhere

1.1 Disorder in condensed matter

_ 1.2 Disorder in cold atomic gases

_ 1.3 Importance of disorder: how would be the world without disorder?

_ 1.4 The physics of diffusion

_ 1.5 How to model disorder? What is measured? What should be studied?

Anderson localisation in one dimension

2.1 Models

_ 2.2 Transfer matrix approach

_ 2.3 Detailed study of a fully continuous model

_ 2.4 Experiment with cold atoms

_ 2.5 Transfer matrix and scattering matrix : Anderson localisation vs Ohm's law

_ 2.6 Self-averaging and non self-averaging quantities

_ 2.7 Extension to quasi-1D case : qualitative description

Scaling theory : qualitative picture

3.1 What is a scaling theory ?

_ 3.2 Dimensionless conductance

_ 3.3 Scaling in 1D systems

_ 3.4 Quasi-1D systems

_ 3.5 Scaling in any dimension

Weak disorder: perturbative (diagrammatic) approach

4.1 Introduction

- _ 4.2 Averaging Green function
- _ 4.3 Kubo formula
- _ 4.4 Correlations between Green functions
- _ 4.5 Quantum correction to classical transport: weak localisation
- _ 4.6 Anomalous magnetoconductance
- _ 4.7 Kubo vs Landauer : short range vs long range
- _ 4.8 Coherent Back-scattering (light)
- _ 4.9 Conductance fluctuations (electrons)
- _ 4.10 Speckle pattern (light)
- _ 4.11 Conclusion : a probe for quantum coherence

Toward strong disorder, Scaling theory: quantitative

5.1 Self-consistent theory of localization

- _ 5.2 Importance of symmetry properties
- _ 5.3 Transport by thermal hopping

Dephasing and decoherence

- 6.1 Coupling with the environment and the induced dephasing
- _ 6.2 Microscopic processes leading to decoherence
- _ 6.3 Bloch oscillations and the restoration of classical transport
- _ 6.4 Effect of decoherence on weak localization
- _ 6.5 Effect of decoherence on CBS
- _ 6.6 Diffusive wave spectroscopy

Interaction effects

- 7.1 Altshuler-Aronov correction to conductivity (a local thermometer)
- _ 7.2 Decoherence by electronic interactions
- _ 7.3 (More advanced topics)

Code: PHYS-M2-A35-S2

Spin Physics

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Florent Perez

Autres enseignants : Benoît Eble

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 20h cours/10h TD

This course aims at giving modern theoretical foundations and frame works of spin physics in low dimensional systems (<3D), both for individual and collective behaviours of spins, such as to be prepared for modern phenomena and studies at the research level. Experimental tools and mechanisms to excite, inject and probe spin degrees of freedom, will also be detailed.

Code: PHYS-M2-A36-S2

System biophysics

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Philippe Nghe

Autres enseignants : Clément Nizak, Aleksandra Walczack

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 25h cours/15h TD

Topics discussed

Lecture 1: Growth and Metabolism

1.1 The basics of cellular growth and metabolism (Catabolism, biosynthesis and cell cycle)

1.2 Flux Balance Analysis (Mathematical framework, optimality hypotheses, and applications)

Lecture 2: Growth and Reproduction

2.1 Integrated models of growth (Toy models for artificial cells, optimal partitioning in cells, Perron-Frobenius theory applied to autocatalytic networks)

2.2 The dynamics of reproduction (fidelity in replicators, stability of the cell cycle)

Lecture 3: Gene Regulation

3.1 The basics of gene regulation (gene expression, transcription factors, small molecules and global topology of regulatory networks)

3.2 The reductionist approach (examples of small networks, concepts of modularity, application to chemotaxis, limitations)

Lecture 4: Large Scale Networks

4.1 Global models of regulation (Boolean networks and extensions, network control theory, combinatorial perturbations)

4.2 Cellular states (plasticity and homeostasis, discrete and continuous states, deterministic and stochastic differentiation schemes with corresponding gene networks)

Lecture 5: Self-Organization principles

5.1 Molecular self-organization as a continuum between physics and biology (self-assembly with heterogeneous interactions, molecular programs)

5.2 The emergence of evolution (replicase scenario, compositional genomes, conditions for evolution)

5.3 Evolutionary constraints in gene networks (causes of sign epistasis, geometric models)

Lecture 6: Physical limitations and optimization principles in biology

6.1 Molecular noise.

6.2 Limits to sensing (Berg-Purcell) and extensions.

6.3. Information transmission, introduction to entropy and information theory and experimental measurements.

Lecture 7: The basics of evolution

7.1 Basic laws of evolution (Kimura, Wright-Fisher, Moran models etc)

7.2 Quantifying genetic diversity: pairwise distances, tree statistics.

7.3. Optimal solutions and in silico evolution.

Lecture 8: Experimental evolution

8.2. Experimental validation of evolutionary laws (Luria- Delbruck etc)

8.3 What we learn from microbial experiments (Lenski and yeast), clonal interference and multiple mutations.

8.3 RNA and protein evolution experiments: mapping fitness landscapes and evolutionary trajectories

8.4 Antibiotic resistance

Lecture 9: Statistical analysis of evolutionary datasets

9.1 Real populations: sequencing, important statistical tests, sequence data analysis (building on the 1st semester course of Remi Monasson) and what it tells us.

9.2 Evolution of transcription factor binding sites: connecting large scale data with biophysical models of gene regulation (building on PNs explanation of the necessary basics of gene regulation).

9.3 Quantifying diversity and its experimental examples (viruses, immune system, cancer).

Lecture 10: Ecology and metagenomics

10.1. Models in ecology: from rabbits and wolfs to random matrices.

10.2. Niches in immunology and metagenomic data.

10.3 Current Biology of the Genome: GWAS

Lecture 11: Catch up lecture

Grading: homework problem sets will be given out and partially graded at the blackboard, student activity during lectures will be taken into account in the final grade and there will be a final exam (oral or written depending on the number of participants).

Code: PHYS-M2-A37-S2

Physics of perception

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Thierry Mora

Autres enseignants : Pascal Martin

Type d'enseignement : cours

Volume horaire : 30h cours

Sensory systems strike us by their exquisite sensitivity, which is often close to the limit set by physics. Our eyes are sensitive to single photons. Likewise, our ears can detect sound-evoked vibrations that can be smaller than the thermal motion of the ear's inner structures. In addition, our senses also show sharp selectivity. We can indeed visualize the position of objects with a higher precision than the distance between retinal photoreceptors, and tell the difference between sounds that differ only by 0.02% in frequency. Finally, the dynamical range of perception can be enormous, spanning up to 12 orders of magnitude of sound intensities in the case of hearing. These characteristics impose stringent physical constraints on transduction, filtering, noise rejection, and amplification of the input by receptor sensory cells of the body.

In this course, we will focus on the particular examples of vision and hearing to explore the physical mechanisms underlying the extraordinary performances of our senses. We will explore the various scales and stages of processing of sensory stimuli, from the cochlea and its cellular microphones in hearing, and from photo-receptors in vision, to basic neural processing. We will see that familiar concepts from non-linear dynamics and statistical mechanics (Hopf bifurcations, resonance, critical transitions,...) can shed light on the mechanisms of active amplification, compression, and efficient representation of sensory signals. In return, we will identify general physical principles of sensory detection.

Code: PHYS-M2-A38-S2

Brownian motion and stochastic processes

Niveau : M2

Semestre: S2, ECTS: 3

Responsable: Olivier Benichou

Autres enseignants : Rémi Voituriez

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 30h cours / 15h TD

Code: PHYS-M2-A39-S1

Modern electronic structure methods

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Marco Saitta

Autres enseignants : Silke Biermann

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours / 26h TD

The main goal of this course is to cover the modern methods of “ab initio” electronic structure theory, to investigate the ground-state, perturbative, and excited-state properties of condensed matter. This will be achieved by lectures and exercises (TD), including numerical ones. We will start with from the Fermi theory of the electron gas, to develop the fundamentals of Density-Functional Theory (DFT), the main framework and starting point of modern electronic structure methods. We will assess its extent, its main approximations, its operative development, and its main applications in determining the ground-state structural, electronic, and magnetic properties of matter.

We will then focus on the perturbative approach to DFT, which allows to describe, with remarkable accuracy, important properties of materials, such as phonons, effective charges, dielectric constants, electron-phonon coupling, BCS superconductivity.

Finally, we will progress further from the single-particle picture towards the excited-state and correlation electronic properties, by introducing the theory beyond the band picture, and the many-body perturbation theory, up to Mott insulators, correlated metals, and the modeling of full many-body behavior.

The second part of the semester will be devoted to “ab initio” projects, where each 2-student team will choose a specific topic, and develop it, under the guidance of the teachers, over 4 computer lab sessions. They will provide an “article-like” report of their study, and present it in a “conference-like” format for the final course evaluation.

Code: PHYS-M2-A40-S2

Rheology of complex fluids

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Annie Collin

Autres enseignants : Anke Lindner

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours / 16h TD

Complex fluids are ubiquitous in nature and industrial applications, ranging from food processing, to biofluid flow or landslides. The complex macroscopic properties result

from the nonlinear interaction between the microscopic structure of the fluids and the applied flow.

In this course we will introduce the most important non-Newtonian properties and discuss classical and more recent rheological methods (as microfluidics etc.) to experimentally access those properties. Specific examples of complex fluids, as polymer solutions, surfactants or emulsions are discussed in detail and their applications introduced. Simple non-Brownian as well as complex or even active suspension properties are introduced.

Code: PHYS-M2-A41-S2

Soft solids

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Mattéo Ciccotti

Autres enseignants : Benoit Roman

Type d'enseignement : cours

Volume horaire : 30h cours

Very much like fluids, many solids are capable of very large deformations, either because they are organized in slender shapes (rods, shells) or because they are constituted by soft materials (gels, rubbers).

Examples are widespread around us (cables, clothes, soda cans, ...), in biology (tissues, membranes, plants), food (spaghettis, jelly, cheese) and at many scales (graphene, nanotubes, flexible electronics or tectonics).

The objective of this course is to give a background on the mechanics of deformable solids (elasticity, plasticity, fracture, adhesion and friction) and to illustrate their coupling with other phenomena such as instabilities, fluid flow, tissue growth and collective behavior.

Code: PHYS-M2-A42-S2

Complex systems: from physics to social sciences

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Jean-Philippe Bouchaud

Autres enseignants :

Type d'enseignement : cours

Volume horaire : 16h cours

Code: PHYS-M2-A44-S2

Novel functionalities in complex materials

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Marino Marsi

Autres enseignants : Marcello Civelli

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours / 26h TD

Ce cours vise l'étude des principales caractéristiques des solides structurés à l'échelle nanométrique. On s'intéressera à la réponse optique et aux propriétés de transport de systèmes à dimensionnalité réduite : modulables presque à volonté, ils sont au cœur d'énormes progrès

technologiques. L'essentiel du cours sera dévoué aux aspects fondamentaux (description théorique et compréhension des phénomènes physiques), sans toutefois perdre de vue leurs multiples retombées pratiques (nouvelles structures et concepts, analyse des paramètres pertinents).

Code: PHYS-M2-A43-S1

Fundamentals of nanostructures

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jérôme TIGNON

Autres enseignants : Angela Vasanelli, Valia Voliotis, Mickael Rosticher, Maria Louisa Della Rocca

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 20h cours / 20h TD

Rappel/intro sur les semi-conducteurs

Modèle k.p et fonctions enveloppes.

Nanostructures de semi-conducteurs.

Absorption optique, émission stimulée

Excitations élémentaires : excitons, polaritons, plasmons.

Interaction électron-phonon.

Dispositifs optoélectroniques

EXPERIENCES (16h) : 4 séances sous forme de cours-TD

J. Tignon : 6h CM, 6h TD. V. Voliotis : 2h CM, 2h TD

Absorption

Photoluminescence

Pompe-sonde

Mélange à 4 ondes

Raman

Spectroscopie FTIR et TDS

Interférences à 1 ou 2 photons

Mesures de bruit quantique

PROJETS en salle blanche et laboratoire (16h)

- Une séance de 4h « salle blanche »

2h de présentation générale

2h de séminaire sur la croissance de nanostructures

- Les étudiants choisissent un des 3 projets suivants:

1) Absorption inter-sousbande de puits quantiques (UPD, ENS)

Préparation par lithographie et gravure d'un échantillon pour étudier l'absorption inter-sousbande par FTIR

2) Micro-Photoluminescence de boîtes quantiques isolées (UPD, ENS, UPMC)

Fabrication d'un masque par lithographie optique sur un échantillon pour étudier la microphotoluminescence à basse température

3) Expérience de Raman sur Nanotubes de Carbone (ENS)

Étapes de lithographie optique, spin-coating et caractérisation par AFM puis mesures en Raman

Code: PHYS-M2-A19-S1

Mesoscopic physics and transport

Niveau : M2

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : Richard Deblock

Autres enseignants : Gwendal Feve, François Mallet

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 26h cours / 26h TD

https://www.phys.ens.fr/IMG/pdf/plan_cours_deblock_feve-1-2.pdf

Code: PHYS-M2-A45-S1

Advanced methods in biological physics and soft matter

Niveau : M2

Semestre : S1, ECTS : 6

Responsable : Jean-François Allemand

Autres enseignants : Vincent Croquette, Laurent Bourdieu, Alessandro Siria, S. Mangenot, B pansu, MC Jullien

Type d'enseignement : cours/TD

Volume horaire : 16h cours / 16h TD

Physics is an experimental science. Its progress is due to a constant exchange between theory and experiments.

A lot of conceptual progress in physics requires more and more precise and quantitative experiments used by theoreticians to produce new models or used to (in)validate models. This course will present some of the most recent and used advances in experimental physics used in soft matter and biological physics.

A few, typically 5, courses will be dedicated to provide a general theoretical background required to understand the basics of these techniques (Fourier optics, Superresolution, Fluorescence, Micromanipulation techniques (AFM, optical or magnetic tweezers), X rays, Microfabrication and Microfluidics).

Then 4 courses will be dedicated to practical courses. Students will be asked to chose 2 practical courses and will spend 2 1/2 day courses in lab using some of those recent techniques (single molecule imaging and manipulation, advanced optical microscopy, AFM, X rays....).

The remaining courses will be based on inverted pedagogy. They will be directed by the students who will use those practical courses and recent scientific articles to present in a more detailed and applied way those techniques to the class. The goal of this course is to provide a modern experimental culture to students so that they know which techniques can be used in their future research projects.

Evaluation will be based on a brief final written exam and the courses students will construct.

The number of students is limited to 16.

Centre de formation sur l'environnement et la société

CERES

Site web: <http://www.environnement.ens.fr>

Adresse : 24 rue Lhomond, 75005 Paris



Le changement climatique, l'érosion de la biodiversité, la pollution ou, de façon plus générale, l'anthropisation croissante de la biosphère ont suscité depuis la fin des années 70 une prise de conscience de la gravité des questions environnementales. Cette prise de conscience, illustrée par différents sommets (Rio 1992, Kyoto 1997, Paris 2015...), s'est traduite, à l'échelle mondiale, par la mise en place d'un embryon de « gouvernance environnementale » s'appuyant sur la recherche pour établir les éléments d'un consensus planétaire. À toutes les échelles, du niveau mondial au niveau régional ou local, on cherche aujourd'hui, à travers le concept de **développement durable**, à concilier gestion de l'environnement et développement des territoires. Au sein de l'ENS, le CERES-ERTI a pour vocation de fournir et coordonner un **enseignement pluridisciplinaire** de haut niveau sur l'environnement

L'enseignement du CERES

Le CERES propose les enseignements suivants :

- **Ateliers** (4 ECTS). Quatre ateliers indépendants par an, dont les thèmes changent chaque année. Ils sont construits de façon à provoquer la rencontre, sur une thématique environnementale, de plusieurs disciplines (biologie, géographie, philosophie, mathématiques, chimie, physique, économie, ...). Ces ateliers comportent en général des conférences ou des cours introductifs, des séances de discussion, et la réalisation en groupe d'élèves d'un projet, sur un sujet choisi par les élèves. Les élèves forment des équipes pluridisciplinaires lors des mini-projets. Chaque atelier peut être validé par 4 ECTS dans le cadre du diplôme de l'ENS (L3, M1, M2). Les ateliers se déroulent le mardi ou le jeudi de 17h30 à 19h.
- **Cours introductifs**. (3 ECTS). Ils portent sur des concepts fondamentaux en sciences et humanités de l'environnement.
- **Projet individuel** encadré par un enseignant du CERES. La forme du projet est très libre ; recherche bibliographique et rédaction d'un rapport ou article ; ou stage de recherche au sein du CERES ; ou développement d'une exposition, ou autre. Les projets individuels ont lieu pendant tout un semestre.
- **Stage** effectué à l'extérieur du CERES (laboratoire de recherche ou administration), co-encadré par le CERES. De 4 à 24 ECTS.

Les enseignements sont ouverts à tous les normaliens, de tous les départements, scientifiques ou littéraires.

Les « ateliers » du CERES

Les sujets abordés par les quatre ateliers changent chaque année mais sont liés à des thèmes récurrents qui sont :

- « Agroécologie et agriculture durable ». Les ateliers ont pour objectif d'aborder des questions autour de l'agriculture durable par un questionnement pluridisciplinaire.

- « Méthodes quantitatives ». Comment détecter et prédire l'influence anthropique sur des systèmes dynamiques tels que le climat, les écosystèmes ou les économies ? Des ateliers de modélisation (ex : dynamique de populations exploitées) et d'analyse de données (séries temporelles climatiques, économiques et/ou écologiques) alternent.
- « Territoires et environnement » Gouvernance, pouvoirs, citoyenneté, échelles et subsidiarité.
- « La pollution ». Exemple d'une question environnementale qui doit être abordée de façon pluridisciplinaire, à travers la connaissance de processus physico-chimiques complexes, mais aussi par la façon dont cette question est appréhendée et gérée par la société. Différents types de pollution sont abordés soit spécifiquement (la pollution atmosphérique par exemple), soit dans les différents sujets abordés au cours des ateliers (l'eau, les déchets, les questions de santé-environnement, les risques technologiques, etc)
- « Choix énergétiques ». Éclairer les choix énergétiques auxquels nos sociétés sont actuellement confrontées par l'analyse des contraintes physiques, géopolitiques et géoéconomiques, environnementales, sociales qui pèsent sur ces choix.
- « Biodiversité ». Analyser la crise de la biodiversité et la problématique de sa conservation en intégrant aspects scientifiques, sociaux et politiques.

Mineure environnement

Au sein du Diplôme de l'école normale supérieure, la spécialité secondaire ou « mineure » Environnement valide un parcours interdisciplinaire à caractère « environnemental ». La mineure Environnement incite donc les normaliens intéressés à suivre les enseignements disciplinaires pertinents dans des départements autres que le département principal du normalien et à les compléter par les enseignements interdisciplinaires proposés par le CERES. La mineure Environnement, coordonnée par le CERES, est administrée par un comité de pilotage formé de représentants des départements – dont géosciences, biologie, chimie, physique, géographie – et centres de formations intéressés. Il est présidé par le directeur du CERES ou son représentant. Le comité de pilotage constitue la liste des UE valables pour l'obtention de la Mineure, valide les parcours des élèves et l'obtention de la Mineure Environnement lors du jury du Diplôme de l'école normale supérieure.

En pratique l'obtention de 24 ECTS en environnement au cours de la scolarité, dont la réalisation d'un stage ou un d'un projet personnel de recherche, permet d'obtenir la Mineure en environnement au sein du Diplôme de l'Ecole normale supérieure.

Contact

David Claessen (directeur du CERES) tel : 01 44 32 23 40, david.claessen@ens.fr

Magali Reghezza (directrice-adjointe du CERES) tel : 01 44 32 29 98, magali.reghezza@ens.fr

Nadine Razgallah (secrétariat) tel : 01 44 32 30 25, nadine.razgallah@ens.fr

Corinne Zylbersztain (secrétariat) tel : 01 44 32 30 27, corinne.zylbersztain@ens.fr

LES ENSEIGNEMENTS

Excursion à Foljuif 23-24 septembre

Une « retraite » sur le site de Foljuif est organisée par le CERES pendant la rentrée pour les élèves intéressés par les questions d'environnement. Durant 24 heures se succèdent exposés, discussions et visites de terrain dans une atmosphère conviviale. Le domaine de Foljuif est un site d'enseignement et de recherche de l'ENS, située en lisière de forêt près de Nemours. Il abrite

une station expérimentale « CEREEP Ecotron Ile-de-France », lieu d'expérimentations de terrain et laboratoire de très haute gamme en écologie, et héberge de nombreux stages et séminaires.

Code: CERES-AA-01-S1

Atelier : Modélisation en agroécologie

Niveau : AA

Semestre : S1, ECTS : 4

Responsable : CLAESSEN David

Autres enseignants : ROBERT Corinne

Type d'enseignement : *cours, projet*

Volume horaire : 40h

Horaire : Jeudi 12h00 à 14h00 (S1).

Lieu : salle de cours du CERES (E045)

Objectifs pédagogiques : notions de bases de la modélisation de systèmes dynamiques et de modèles agent-centrés ; application à un problème environnemental : quel est le rôle de la hétérogénéité, des réseaux d'influence pour la résilience et la production d'agro-écosystèmes ?.

Mots clés : « *socio-ecological systems* », résilience, comportement émergent, agents interactifs, adaptation, coopération, « *the tragedy of the commons* ». Trois cours théoriques aborderont l'agroécologie et des théories de modélisation Dix séances de TD couvriront la réalisation d'un projet par petits groupes de 2 ou 3 étudiants : formulation d'une question de recherche ; formulation d'un modèle ; analyse du modèle ; interprétation des résultats ; présentation du travail.

Code: CERES-AA-07-A

Atelier : Discours, médias et environnement

Niveau : AA

Semestre : S1 et S2, ECTS : 4

Responsable : COMBY Emeline

Type d'enseignement : Cours et conférences + projet en groupes de 2 ou 3 étudiants

Validation : assiduité, exposé oral et dossier documentaire/poster

Volume horaire : 21h.

Horaire : le mercredi de 12h15 à 14h, une semaine sur deux

Lieu : salle de cours du CERES (E045)

Objectif pédagogique : Ce cours met en lumière l'intérêt de l'analyse des discours en environnement et plus particulièrement des médias (entendus au sens large). Il s'agit de mieux cerner comment les productions médiatiques reflètent mais aussi construisent des enjeux environnementaux, tout en comprenant leurs biais. Le travail s'effectuera en petit groupe. Le premier semestre questionne le lien entre discours, représentations et environnement. Après un positionnement épistémologique, différentes méthodologies pour analyser des corpus numériques seront mises en œuvre (notamment l'analyse de contenu et l'analyse de données textuelles). Au deuxième semestre, le cours s'élargit aux films. A partir de l'étude de documentaires essentiellement avec une portée scientifique, il s'agit d'analyser l'espace dans les films, la scénarisation, le montage, la conception sonore... Ce travail permet d'envisager les atouts et les inconvénients de ce type de médiatisation des savoirs ou des points de vue, dans une optique scientifique. Objectifs : Mieux comprendre les médias. Analyser la place du texte et de l'image. Travailler en commun. Semestre 1 : constituer son propre corpus numérique, appliquer des méthodes en analyse des discours. Semestre 2 : comprendre comment construire son

documentaire dans une optique scientifique. Evaluation. Au semestre 1, l'évaluation se fonde sur l'assiduité et sur un document expliquant le parcours de l'étudiant à travers la problématisation, la constitution d'un corpus numérique et les différents traitements menés. Au semestre 2, l'évaluation s'appuie sur l'assiduité et la production d'éléments liés à un documentaire avec une portée scientifique.

Code: CERES-AA-02-S2

Atelier : Santé et environnement

Niveau : AA

Semestre : S2, ECTS : 4

Responsable : LOÏE Marie-Dominique

Autres enseignants : KERGOMARD Claude

Type d'enseignement : Cours et conférences + projet en groupes de 2 ou 3 étudiants

Validation : rapport écrit et soutenance orale

Volume horaire : 40h.

Horaire : le jeudi de 17h30 à 19h30

Lieu : salle de cours du CERES (E045)

Objectif pédagogique. Engager et éclairer la réflexion concernant l'impact de l'environnement sur la santé. Risques sanitaires environnementaux anciens et nouveaux ; Controverses scientifiques et sociales autour des questions santé-environnement ; Prise en compte des problèmes de santé environnementale par les institutions.

Code: CERES-AA-09-S2

Atelier : Pouvoirs et environnement

Niveau : AA

Semestre : S2, ECTS : 4

Responsable : COMBY Emeline

Autres enseignants : Claude Kergomard, Magali Reghezza

Type d'enseignement : *cours, stage type de projet, exposé, séminaire, groupe de travail*

Volume horaire : 40h

Horaire : le mardi de 12h15 à 14h

Objectif pédagogique. Cet atelier appréhende l'environnement au prisme du pouvoir, terme de plus en plus utilisé et polysémique. Il questionne des concurrences, des relations asymétriques ou des dominations. Le propos se structure notamment sur la variété des acteurs qui interviennent en environnement, et ce à différents niveaux. Les savoirs et le droit sont également appréhendés, invitant à réfléchir à des légitimations et à des normes. Les lectures proposées à chaque séance (en français et en anglais) inviteront à questionner différents courants contemporains de l'appréhension de l'environnement comme la political ecology ou les approches critiques. Objectifs du cours : Politiser et contextualiser l'environnement ; Questionner la place du scientifique et de la science ; Proposer une pensée systémique ; Développer une lecture critique de publications scientifiques. Evaluation : L'évaluation prend en compte l'assiduité et un compte-rendu critique d'un article scientifique réalisé sous la forme d'un exposé oral lors d'une des séances.

Code: CERES-AA-05-S2

Cours : Introduction à l'écologie du développement durable

Niveau : AA

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : CLAESSEN David

Type d'enseignement : *cours, dossier écrit*

Volume horaire : 21h

Horaire : Jeudi 12h15 à 13h45 (S2). Salle : salle de cours du CERES.

Objectifs pédagogiques : Ce cours présente une introduction des concepts de base en sciences de l'environnement, focalisant sur l'histoire de l'écologie, le concept du développement durable, et celui des « planetary boundaries ». L'UE alterne des cours magistraux, des TP analyses d'articles, et des discussions. **Thèmes abordés** : Perspective historique de l'écologie et de l'environnement. Les concepts de « la tragédie de biens communs », de « planetary boundaries », de « nature based solutions ». Économie de l'environnement et « développement durable ».

Code: CERES-AA-06-S2

Cours : Les grands débats de l'environnement

Niveau : AA

Semestre : S2, ECTS : 3

Responsable : COMBY Emeline

Type d'enseignement : *cours, dossier écrit*

Volume horaire : 21h

Horaire : 10 séances de 18 à 20h le mardi

Lieu : salle de cours du CERES (E045)

Objectifs pédagogiques : Centré sur l'actualité, ce cours vise à offrir des regards complémentaires ou contradictoires sur des questions environnementales. Deux/trois lectures (notamment issues des sphères scientifique et médiatiques) sont réalisées pour chaque cours afin de proposer des visions contrastées d'un même enjeu (le changement climatique, la pénurie d'eau, les inondations, les espaces protégés...) appliqué à un espace réel. Structuré autour de débats, cet atelier demande d'être capable de synthétiser des enjeux à l'écrit et à l'oral et de réfléchir par exemple sur la mesure, la complexité et l'incertitude... Cet atelier s'appuie sur des techniques issues de la recherche action participative : il s'agit d'étudier les avantages et les inconvénients de cette pratique dans la production, le traitement et l'interprétation des données. Objectifs du cours: Développer une pluralité de regards autour d'enjeux environnementaux. Proposer des argumentaires cohérents. Travailler en commun. Découvrir des méthodes développées en recherche action participative. Evaluation : L'évaluation repose sur l'assiduité, la participation aux débats et un compte-rendu de séance étoffé autour d'un des débats.

Code: GEOG-M2-02-S1

Cours : Géopolitique de l'environnement

Niveau : AA

Semestre : S1, ECTS : 3

Responsable : REGHEZZA Magali

Type d'enseignement : Cours

Validation : assiduité, exposé oral et dossier documentaire/partiel

Volume horaire : 21h.

Horaire : le mardi de 9h à 12h

Date du premier cours : 13 octobre 2015

Ce séminaire propose d'aborder différentes questions environnementales sous un angle géopolitique. Qu'il s'agisse de l'appropriation et la mise en valeur des ressources, de la gouvernance des risques et des crises, de la protection de la nature, l'environnement met en jeu des rapports de forces et mobilise des acteurs multiples. Ceux-ci développent, à partir de ces questions environnementales, des stratégies particulières pour asseoir leur pouvoir sur un territoire. L'environnement est donc tout à la fois moteur et enjeu de conflits de nature variée, y compris de guerres, et ce à toutes les échelles, du local au global. L'objectif de ce séminaire est de comprendre en quoi l'analyse géopolitique permet de saisir les enjeux de questions environnementales aussi diverses que la gestion des ressources naturelles, la protection des personnes face aux risques, la préservation des milieux dits « naturels », etc.

Code: CERES-AA-09-S2

Création de « web-docu » sur l'environnement,

Projet PSL (avec Dauphine, Mines, Institut pratique du journalisme)

Un nombre limité de normaliens (max 5, niveau L3, M1 ou M2) peuvent participer à un atelier pluridisciplinaire au niveau PSL avec comme objectif la création d'un web-docu ou autre « POM » (petit œuvre multimédia) sur une question environnementale. Le cours prend forme de 3 x 3 jours complets et intensifs (hébergé à Fontainebleau ou ailleurs), repartis sur le S1. Le cours inclut : des formations d'initiation à la création de « POM », du journalisme, les dossiers environnementaux, la gestion des projets ; des « labos de production », encadrés par des experts de la production, du journalisme, et de la science de l'environnement. Plus d'infos : contacter le CERES.

Code: CERES-AA-ST2-A

Projet individuel

Niveau : AA

Semestre: S1 ou S2, ECTS: 4

Responsable : David Claessen

Autres enseignants : tous les enseignants du CERES

Type d'enseignement : projet encadré

Volume horaire : 40h

Ce projet individuel est encadré par un enseignant du CERES. Le sujet du projet est à définir par l'étudiant en discussion avec l'enseignant. Comme pour les stages, il s'agit d'une approche interdisciplinaire d'une problématique environnementale. En fonction du sujet, le travail prend la forme d'une recherche bibliographique et la rédaction d'un rapport ou article ; ou encore la forme d'un stage de recherche au sein du CERES (modélisation ou analyse de données par exemple). Les projets individuels ont lieu pendant tout un semestre ; le planning est à fixer en concertation avec l'encadrant.

Code: CERES-AA-ST1-A

Stage à l'extérieur

Niveau : AA

Semestre: S1 ou S2, ECTS: entre 4 et 24 ECTS

Responsable : David Claessen

Type d'enseignement : stage

Volume horaire : l'équivalent d'un mois en temps plein minimal

Il s'agit d'un stage effectué à l'extérieur du CERES (laboratoire de recherche ou administration), co-encadré par le CERES. Le sujet du stage doit être interdisciplinaire, idéalement touchant à la fois à des aspects scientifiques et sociétaux. La structure d'accueil peut être un laboratoire de recherche public ou privé, une administration ou un organisme de gestion de l'environnement : par exemple la Direction générale de l'énergie et du climat, ou la Direction du développement durable et de l'environnement au Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, l'Office National des Forêts, le Parc national du Mercantour, Aéroports de Paris, des bureaux d'études en environnement, etc.

Des rapports de stages sont consultables sur le site web du CERES,

<http://www.environnement.ens.fr/enseignement/travaux-des-etudiants/>

Enseignements, Activités d'ouverture

Code: ACTD-AA-A02-S1 / ACTD-AA-A02-S2

ASTEP: (Main à la pâte): Accompagnement des enseignants en école primaire en sciences et technologies;

<http://www.fondation-lamap.org/page/9927/astep-le-kit-accompagnateurs>

Niveau : L-M ou D

Semestre : S1 ou S2

ECTS : S1=9 ECTS ; S2=9 ECTS , dans le cadre du diplôme de l'ENS; validation d'1 EC ACTF (« Diffusion des savoirs » ; voir ci-après)

Responsable et contact : MO Lafosse-Marin, Espace Pierre-Gilles de Gennes, ESPCI-Paris, mo.lafossemarin@espci.fr; voir également direction des études sciences.

Type d'enseignement : stage

Volume horaire : 7 à 8 séances dans une classe primaire

Descriptif & Mode de validation:

Il s'agit d'une formation à la diffusion des savoirs et à la transmission des pratiques scientifiques dans le cadre de l'Accompagnement en Sciences et Technologie à l'École Primaire (ASTEP), initié par la « Main à la pâte », porté par les académies de sciences et des technologies et développé par le ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Le but de cette EC est de développer l'enseignement des sciences et technologies dans le milieu scolaire. La formation ASTEP est assurée par un formateur de PSL en binôme avec le responsable de l'ASTEP à l'académie de Paris dans les locaux de l'ESPCI ou de l'ENS.

Mode de validation : Mémoire par l'élève/étudiant, remis à la Direction des études et transmis au formateur de PSL.

Extraits de la charte nationale de l'ASTEP.

L'ASTEP est destiné à seconder les enseignants dans la mise en œuvre et le déroulement d'une démarche scientifique conforme aux programmes de l'école primaire. Avec pour objectifs de rapprocher l'école et le monde des scientifiques à travers un échange de savoirs scientifiques et de pratiques expérimentales ; contribuer à rendre plus accessibles les sciences et les techniques au plus grand nombre ; valoriser les filières scientifiques et technologiques : stimuler la curiosité, éveiller les passions, créer des vocations dès le plus jeune âge...

http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/charte_accompagnement.pdf

Code: ARTS-IN-CINEW4

Au cinéma cette semaine...

Niveau : IN

Semestre: S1

Responsable Sophie Walon

Réservé aux scientifiques, ce séminaire alternera séances de cinéma et ateliers de critiques de films. Une semaine sur deux, nous verrons ensemble un film récemment sorti au cinéma, puis nous en discuterons la semaine suivante afin de construire nos propres critiques du film. Cet atelier s'adresse à tous les curieux, plus ou moins cinéphiles, qui souhaiteraient prolonger leur expérience du cinéma actuel, l'éclairer par des réflexions critiques et théoriques et l'enrichir en confrontant leur propre réception des films à celle des autres.

Ouvert à tous (inscription par mail nécessaire pour l'organisation de la première séance)

Mercredi 19h00-21h00, salle précisée a la rentrée.

Première séance : 09 novembre 2016.

Validation : participation a la réflexion critique et présentation (ou rédaction) d'une critique de film.

Code: ACTD-AA-A05-S1 / ACTD-AA-A05-S2

Mission de valorisation et de Diffusion des savoirs (organisation et/ou animation d'évènements).

Niveau: L-M ou D

Semestre: S1 ou S2

ECTS: S1=3 ECTS; S2=3 ECTS

Responsable : Direction des études de département

Volume horaire: > 10h

EC semestrielle (S1 ou S2), donnant lieu à l'obtention de 9 ECTS, après validation par le directeur des études du département du normalien, sur présentation d'un document écrit (1 page, listant et détaillant le contenu et volume horaire estimé des activités d'organisation et/ou d'animation d'évènements (workshop, colloque, conférence, semaine culturelle, Nuit Normal'Sup, etc.), et précisant l'audience et l'effectif concerné (eg, tout public, 100 personnes). Le volume horaire estimé doit être supérieur à 10 heures, et l'effectif concerné doit être supérieur à 20 personnes pour donner lieu à validation, mais ceci reste flexible selon la nature de l'évènement doit être prise en compte (préparation/animation d'ateliers, démonstrations, etc.).

Code: ACTD-AA-A01-A

TALENS

Semestre : Annuel

ECTS : 9 ECTS

Responsable : Olivier Abillon (PESU)

Volume horaire: 30h par semestre environ (30h de tutorat sur l'année, plus préparation, formation, sorties, ENT)

Ce programme est destiné à aider 250 à 300 élèves de lycées en zone difficile à entrer et à réussir dans l'enseignement supérieur. Lors des séances de tutorat, vous permettrez aux lycéens de découvrir les exigences et les méthodes de travail post-bac. Quelques sorties culturelles sont également organisées. Un weekend de formation est prévu en début d'année avec les anciens tuteurs et des enseignants du secondaire.

Code: ACTD-Mathstous-S1

"Maths pour tous"

Responsable : M Le Trouit

Niveau: L-M ou D

Semestre: S1

Le séminaire Maths pour tous, organisé par les élèves du DMA, s'adresse à tous les élèves et étudiants d'autres disciplines désireux d'acquérir des éléments de culture générale en mathématiques, quel que soit leur niveau de départ : au rythme d'un exposé par semaine au premier semestre, nous essaierons de présenter quelques grands enjeux des mathématiques,

des plus classiques aux plus contemporains, en mêlant preuves rigoureuses et développements plus libres. Nous espérons aussi pouvoir répondre aux questions posées par la salle pour faire naître un vrai dialogue.

Quelques thèmes abordés cette année : A quoi ressemblent les mathématiques de la mécanique quantique ? Comment décrire l'évolution des populations biologiques ? Qu'est-ce qu'une preuve ? Les nombres complexes sont-ils réels ? Quel est le point commun entre l'évolution des cours de la bourse et une partie de ping-pong en plein air ?

Informations pratiques : le séminaire aura lieu le lundi soir, de 18h30 à 19h45, du 26/09 au 12/12 (sauf le 31/10), en salle IFRAF (toits du DMA)

Code: ACTD-Phystous-S2

"Physique pour tous"

Responsables : Mathias Casiulis, Alexandre Krajenbrink, Tony Jin, Louis Garrigue

Niveau : L-M ou D

Semestre : S2

Type d'enseignement : Cours

Volume horaire : 24h

Ce cours est avant tout destiné aux normaliens n'ayant pas reçu de formation scientifique.

Il vise à expliquer certains des concepts fondamentaux de la physique moderne aux non spécialistes, sans être cependant un cours de vulgarisation. Les sujets présentés proviendront typiquement de thèmes actuels dont les participants auront pu entendre parler dans la presse ou autre (relativité, trous noirs, informatique quantique, effet papillon, etc.). L'accent sera plus mis sur les concepts généraux et les idées fondamentales structurant les théories physiques, que sur leur aspects calculatoires. Toutefois, des exemples de calculs seront introduits tout au long du cours afin que les élèves puissent appréhender certaines méthodes de raisonnement propres à la physique. Les thèmes abordés seront les suivants (susceptibles de varier suivant la demande des élèves) :

- Physique classique et ses limites
- Mécanique quantique
- Relativité restreinte et générale ; applications aux trous noirs et à la cosmologie
- Physique statistique
- Théorie du chaos

Autres

Code: ACTD-AA-A10-S1, ACTD-AA-A10-S2

Activités sportives

Niveau : L-M ou D

Semestre : S1 ou S2

ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Frédéric Barthes, Daniel Servais. Validation par le tuteur ou directeur des études de département

Code: ACTD-AA-EPIND-S1

Epopées Indiennes

Niveau : L-M ou D

Semestre : S1
ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Daniel Petit, Paul Clavier, Béatrice Joyeux-Prunel, Marc Porée, Isabelle de Vendevre.

Code: ACTD-AA-JEUDI1-A

Les jeudi de l'ENS : Actualité critique

Niveau : L-M ou D
Semestre : Annuel
ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Frédéric Worms. Validation par le tuteur ou directeur des études de département

Code: ACTD-AA-JEUDI2-A

Les jeudi de l'ENS : Idées, Textes, Oeuvres

Niveau : L-M ou D
Semestre : Annuel
ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Frédéric Worms. Validation par le tuteur ou directeur des études de département

Code: ACTD-AA-JEUDI3-A

Les jeudi de l'ENS : Le Local, Le Global et l'Europe

Niveau : L-M ou D
Semestre : Annuel
ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Frédéric Worms. Validation par le tuteur ou directeur des études de département

Code: ACTD-AA-JEUDI4-A

Les jeudi de l'ENS : Sciences, Ethiques, Humanités

Niveau : L-M ou D
Semestre : Annuel
ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Frédéric Worms. Validation par le tuteur ou directeur des études de département

Code: ACTD-AA-JEUDI-S1

Les jeudi de l'ENS : Les jeudi de l'ENS (tous les séminaires)

Niveau : L-M ou D
Semestre : S1
ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Frédéric Worms. Validation par le tuteur ou directeur des études de département

Code: ACTD-AA-JEUDI-S2

Les jeudi de l'ENS : Les jeudi de l'ENS (tous les séminaires)

Niveau : L-M ou D

Semestre : S2

ECTS : 3 ECTS

Responsable et contact : Frédéric Worms. Validation par le tuteur ou directeur des études de département

CONTACTS UTILES

Direction des études :

Secrétariat (informations générales et prise de rendez-vous) :

direction.etudes@ens.fr

Adresse : Rez-de chaussée, (dans le hall à gauche)

45 rue d'Ulm, 75005 Paris

Tel : 01 44 32 30 27

Directeur des études Sciences :

Christian Lorenzi

christian.lorenzi@ens.fr

01 44 32 31 13

Directrice des études Lettres

Françoise Zamour

francoise.zamour@ens.fr

01 44 32 32 31

Directeurs des études des départements scientifiques

Biologie	Andréa Dumoulin	andrea.dumoulin@ens.fr	01 44 32 23 06
Chimie	Clotilde Policar	clotilde.policar@ens.fr	01 44 32 24 20
Études cognitives	Benjamin Spector	benjamin.spector@ens.fr	01 44 32 26 63
Géosciences	Sabrina Speich	sabrina.speich@ens.fr	01 44 32 22 48
Informatique	David Naccache	david.naccache@ens.fr	01 44 32 20 82
Mathématiques	Raphael Cerf	raphael.cerf@ens.fr	01 44 32 32 77
Physique	Frédéric Chevy	frederic.chevy@ens.fr	01 44 32 20 19
CERES	David Claessen	david.claessen@ens.fr	01 44 32 27 24

Service des Admissions et des études : sae@ens.fr

Accueil 01 44 32 31 08

Site Web de l'École normale supérieure : <http://www.ens.fr/>



VADEMECUM DU DIPLÔME DE L'ENS : SCIENCES

Sont diplômés de l'ENS (DENS) les normaliens (élèves et étudiants, français ou étrangers) qui auront satisfait aux exigences suivantes :

Obligations pédagogiques

L'obtention d'un *Master 2 recherche* ou *formation d'un niveau équivalent* obtenue dans un établissement ne suivant pas le dispositif LMD (l'équivalence étant établie par la direction des études de département (dépt)) ET d'un minimum de **72 crédits européens (ECTS) en formation complémentaire**. La règle commune en la matière reste le Master 2 recherche. En formation complémentaire (et selon les dépts), 12 à 24 ECTS sont imposés par le dépt, 12 à 24 ECTS doivent être pris en dehors du dépt en accord avec le tuteur. Les ECTS restants sont choisis librement par le normalien.

Obligations administratives

Pendant leur scolarité, tous les normaliens (élèves, étudiants) doivent être affiliés à un dépt de l'ENS et se voient attribuer un tuteur individuel. Tous les normaliens devront avoir cumulé **3 années successives d'inscription au DENS** au moins, et pour les normaliens élèves, avoir achevé leur scolarité.

Les boursiers sur critères sociaux sont exonérés de droits d'inscription. En cas de difficulté financière importante, les normaliens élèves en CST ou les normaliens étudiants peuvent être exonérés, sous réserve d'avoir obtenu auparavant l'accord écrit de la direction des études.

À partir de la quatrième année, les inscriptions sont exonérées de frais. Les inscriptions supplémentaires sans frais, dans la limite de la durée de la scolarité, permettent d'ajouter des validations pour le DENS.

Deux années de césure (avec inscription à l'établissement) sont autorisées.

L'inscription au DENS ouvre droit à la prise en compte des validations obtenues dans l'année, à condition que celles-ci soient reportées dans le *programme d'étude* du normalien. Ce programme d'étude doit être validé chaque année par le normalien, le tuteur et le directeur des études de dépt. La validation des enseignements ou stages effectués durant une année de congé est conditionnée à une inscription durant cette année, mais pourra également être reportée sur l'année suivante.

Peuvent être validés dans le cadre du diplôme :

- la formation à l'ENS : cours classiques ou séminaires, indiqués dans les catalogues des enseignements de l'ENS;
- des enseignements suivis à l'extérieur avec des institutions partenaires en France et à l'étranger (e.g., Collège de France, 6 ECTS) ;

- des séminaires d'élèves (pour les organisateurs seulement, 6 ECTS) ;
- certaines écoles d'été ou séminaires de dépt (3 à 6 ECTS), sous réserve de l'accord du tuteur ou du directeur des études du dépt (selon les dépts) ;
- des activités de tutorat (TALENS, 9 ECTS), ou accompagnement dans l'enseignement primaire (ASTEP, 9 ECTS) ;
- la participation au programme PEI (avec participation annuelle, 6 ECTS) ;
- des stages d'enseignement dans des établissements d'enseignement secondaire (4 à 6 semaines d'observation et prise en charge de cours) et des stages non-académiques hors master (en administration, ONG, ou entreprise), à raison de 6 ECTS par mois (dans la limite de 24 ECTS pour les stages longs) sous réserve de l'accord du tuteur ou du directeur des études du dépt (selon les dépts) et sur remise d'un compte-rendu.
- Des cours de langue, pris au sein du dépt ECLA, ainsi que la préparation au Test de Cambridge (niveau advanced, CAE) également proposée par ECLA. La validation du CAE donne lieu à 12 ECTS pour le DENS.
- La pratique sportive dans le cadre d'une des équipes de l'ENS (3 ECTS par semestre, dans la limite de 6 ECTS durant la scolarité).
- L'engagement dans le vie de l'école (COF, BDS, BDA, DG : 3 ECTS).

Le candidat admis est diplômé **dans la discipline correspondant à son Master 2**. Le jury peut déroger à cette règle, en particulier pour certains M2 pluridisciplinaires. Si le candidat a obtenu deux M2, le jury décide de la spécialité principale en fonction du parcours du candidat. Dans le cas où le candidat est rattaché à un dépt différent de la discipline de son Master 2, le diplôme ne peut être obtenu qu'avec l'accord des directeurs des études des deux dépts concernés. Un minimum d'ECTS complémentaires, en tout état de cause de 12 sur les 72 requis, dans la discipline du Master 2, est exigé par le dépt de la discipline du M2.

Un candidat ayant obtenu **un minimum de 24 ECTS** dans une discipline distincte de celle du Master 2 pourra obtenir une **spécialité secondaire** sous réserve de l'accord des directeurs des études des dépts concernés.

Les candidatures des normaliens seront proposées au jury lettres ou sciences pendant **l'année universitaire qui suit la fin de la scolarité**. Aucune régularisation d'inscription ne peut être faite après la sortie de l'École.

Le DENS est un diplôme d'établissement conférant **grade Master**.

GLOSSAIRE :

AA : Autre

ECTS : European Credits Transfer System

IN : Initiation (en particulier pour les non-spécialistes)

L3 : Licence Troisième année

MM : niveau Master

M1 : Master première année

M2 : Master deuxième année

RE : Recherche (master ou niveau doctoral, pour spécialistes)

Crédits photos :

Couverture :

Département de Biologie p 9 : © CNRS Photothèque - GERVAIS Virginie, UMR5089 - Institut de pharmacologie et de biologie structurale (IPBS) - TOULOUSE

Département de Chimie p 40 : © CNRS Photothèque - JARDILLIER Nicolas, GOURSOT Annick, BERTHOMIEU Dorothee, UMR5618 - Laboratoire de matériaux catalytiques et catalyse en chimie organique - MONTPELLIER

Département d'études cognitives p 64: © CNRS Photothèque / Valentin WYART, UPR640 - Neurosciences cognitives et imagerie cérébrale (LENA) - PARIS

Département des géosciences p 84: © D.R.

Département d'informatique p 114 D.R.

Département des mathématiques et applications p 155: DR

Département de physique p 174 : © École normale supérieure / Pôle communication de l'ENS

CERES p 220: © École normale Supérieure - Denis-Didier Rousseau - Ceres - Erti

