



UNIVERSITÉ  
PARIS-SUD 11

Université de Paris-Sud 11



École Normale Supérieure de Cachan

# MAGISTÈRE DE PHYSICO-CHIMIE MOLÉCULAIRE

2008-2009

## Présentation

L'Université de Paris-Sud 11 et l'ENS de Cachan ont mis en commun des ressources remarquables en matière d'enseignement, de recherche et de technologie pour coordonner et reconduire une formation approfondie destinée à des étudiants motivés et travailleurs : le **Magistère de Physico-Chimie Moléculaire**. Cette formation est adossée à la *Licence de Chimie d'Orsay* et au *Master de Chimie co-habilité Paris-Sud 11-Cachan*. En plus de la formation de base offerte à l'ensemble des étudiants d'Orsay, les deux établissements se doivent de maintenir une **formation d'excellence** destinée à des étudiants de bon niveau, motivés par la science en général, la chimie et la physico-chimie en particulier : étudiants normaliens de l'ENS de Cachan, étudiants issus des classes préparatoires et du cursus licence universitaire, sélectionnés sur la base d'un bon niveau scientifique. Principalement orienté vers l'étude de la matière sous toutes ses formes, de ses propriétés et des techniques physico-chimiques d'analyse correspondantes, ce cursus est complété par un enseignement solide en Chimie Organique, Chimie Inorganique et Chimie du Solide.

Cette **formation d'excellence** bénéficie à Orsay et à Cachan d'un environnement scientifique et instrumental exceptionnel (laboratoires et instituts de réputation internationale, centre ELYSE, centre laser CLUPS et rayonnement synchrotron SOLEIL), qui assure la qualité de cet enseignement, particulièrement axé sur la **formation à la recherche et par la recherche**. De plus, l'Ecole Normale Supérieure de Cachan forme - avec une réussite exceptionnelle - des élèves à l'Agrégation de Sciences Physiques (option Chimie). Le double sceau Paris-Sud 11 -Cachan d'une part assure une garantie de qualité et, d'autre part, permet à des étudiants non-normaliens de bénéficier de la préparation à l'Agrégation (selon les places disponibles), au cours d'une année complémentaire facultative.

Ce cursus de trois ans (Bac + 3 à Bac + 5), ou de deux ans (Bac + 4 à Bac + 5 si le recrutement a eu lieu en Master) est destiné aux bons étudiants des universités et des classes préparatoires. Il s'appuie sur la Licence et le Master de Chimie et en est une extension : l'apport du Magistère vise à approfondir les enseignements théoriques et les enseignements pratiques, à développer le travail personnel et à accroître le contact avec les laboratoires de recherche (stages, tutorat dans des laboratoires de recherche).

Il faut noter dans ce cursus une ouverture à l'**international**, qui se traduit de deux façons : des semestres à l'étranger effectués par quelques étudiants (Royaume Uni, Canada) et un très fort encouragement à effectuer le stage de 2<sup>ème</sup> année de Magistère (et M1 de Master) dans un laboratoire d'une université étrangère. Ce stage à l'étranger est obligatoire pour les étudiants normaliens et encouragé pour les étudiants non normaliens, dans le cadre de programmes d'échanges ou de bourses avec l'aide du service des Relations Internationales de l'université.

Un Conseil de Perfectionnement composé de personnalités éminentes issues des milieux économiques, industriels et universitaires, guide par ses avis les enseignants dans leur tâche et dans leurs choix d'innovation pédagogique.

Pour conclure, le diplôme de Magistère est un diplôme universitaire de niveau élevé, dont la valeur, largement reconnue en France, doit assurer à ses étudiants des débouchés conformes à leur qualification, vers des postes de responsabilité tant dans les entreprises privées que dans les **carrières de la recherche** (recherche fondamentale et recherche appliquée) et de l'enseignement.

Isabelle Demachy Vacus  
Responsable du Magistère PCM  
(Orsay)

Keitaro Nakatani  
Responsable du Magistère PCM  
(Cachan)

## **Cadre de vie et environnement scientifique**

Le Campus d'Orsay est constitué par la **Faculté des Sciences** et des **laboratoires** dépendant de grands organismes de recherche. Il accueille plus de 13000 étudiants dont 2100 doctorants et 1700 enseignants-chercheurs. Ses nombreux bâtiments d'enseignement et ses 60 laboratoires de recherche se situent dans un site exceptionnel de 200 ha de bois et d'espèces rares, situé seulement à trente cinq minutes de Paris par R.E.R. Les cités et restaurants universitaires offrent les commodités indispensables. ORSAY offre toutes les possibilités pour la pratique de plus de quarante sports. Il faut souligner également l'existence de 15 ateliers culturels et d'une bonne centaine d'associations étudiantes au sein de l'université Paris-Sud 11.

Le campus d'Orsay est un des principaux **pôles de la recherche française**, internationalement reconnu. La plupart des grands domaines de la Chimie sont représentés dans le Centre et font l'objet d'une recherche active : Chimie Organique, Chimie Inorganique, du Solide et des Matériaux, Chimie Physique et Biochimie sont représentées par plus d'une trentaine de laboratoires regroupant plusieurs centaines de chercheurs.

La Chimie Physique en est une composante importante : elle regroupe des laboratoires et environ 200 chercheurs dont l'activité recouvre principalement les domaines de la Dynamique moléculaire et de la Dynamique réactionnelle, depuis la phase gazeuse jusqu'aux milieux biologiques. Des recherches, menées conjointement avec de nombreux laboratoires étrangers et soutenues par des contrats internationaux, représentent également une part importante de l'activité de ce domaine de la chimie. Principalement orientés vers la recherche fondamentale, ces laboratoires sont aussi très attentifs aux applications, ce dont témoignent les nombreuses collaborations avec le monde industriel (THOMSON-CSF, IBM, ATOCHEM, COSMA, TOTAL-CFP, IFP...).

## **Recrutement - Débouchés**

Le recrutement s'effectue soit à l'entrée du L3 (Première année du Magistère) soit à l'entrée du Master M1 (Deuxième année du Magistère).

Il est ouvert aux bons étudiants titulaires d'un L2 Scientifique et aux bons élèves des classes préparatoires titulaires d'une équivalence du L2, pour l'entrée en première année.

Pour l'entrée en deuxième année, il s'adresse à de bons étudiants de L3 de chimie, de l'université Paris-Sud 11 ou d'autres universités en France et à l'étranger.

Dans tous les cas, l'admission est soumise à un entretien et à l'examen du dossier par l'équipe pédagogique du Magistère.

Le Magistère est un **diplôme universitaire** de niveau élevé, qui ouvre à des postes de responsabilité, tant dans les métiers de la RECHERCHE et de l'ENSEIGNEMENT que dans ceux de l'ENTREPRISE.

## Organisation

La *première année* du Magistère est constituée par la 3<sup>ème</sup> année de la Licence de chimie (L3) d'Orsay dans le parcours « **Magistère de Physico-Chimie Moléculaire** », et comprend des enseignements complémentaires (Cours, TD, TP et Stage)

En *deuxième année* le parcours « **Magistère de Physico-Chimie Moléculaire** » du Master de Chimie de Paris-Sud 11-Cachan est constitué de modules d'enseignements d'approfondissement en chimie physique et de modules d'orientation dans des domaines très variés de la chimie à choisir en fonction de la spécialité de M2 et de l'orientation professionnelle souhaitée. Il est complété par des enseignements complémentaires et par un Tutorat en Recherche.

En *troisième année* de Magistère, une grande diversité de Spécialités de M2 (Recherche et Professionnelles) est offerte aux étudiants. Cette année de formation par la Recherche est importante même pour les futurs professeurs (Classe préparatoire et Lycée).

Une *année* de formation *complémentaire* et spécifique peut s'intercaler entre la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> année :

- soit pour préparer l'agrégation dans une ENS, comme auditeur libre ou après intégration de l'ENS de Cachan en 3<sup>ème</sup> année. (sur dossier ou sur concours, suivant le cas)
- soit pour effectuer un stage long (10 mois) en milieu industriel.

La structure du Magistère est décrite dans le tableau suivant :

<b>1<sup>ère</sup> année : L3 de Chimie</b> <b>Parcours :</b> <b>« Magistère PCM »</b>	UE de tronc commun	UE optionnelles	UE spécifiques —— <b>Stage de 6 semaines</b>
<b>2<sup>ème</sup> année : M1 du Master de Chimie</b> <b>Parcours spécifique:</b> <b>« Magistère PCM »</b>	U E obligatoires —— <b>Tutorat personnalisé</b> dans un laboratoire du campus	Trois UE d'orientation <b>Stage de 3 mois minimum</b>	
		Deux UE d'orientation <b>Stage de 5 mois minimum</b> En entreprise ou à l'étranger	
Année complémentaire (facultative)	<b>Stage long (10 mois)</b> en entreprise	Agrégation	
<b>3<sup>ème</sup> année : M2</b>	M2 Recherche ou M2 Professionnel		

## Structure et calendrier des enseignements

### **Première année - 76 ECTS**

La première année de Magistère correspond à un parcours spécifique du L3 de la Licence de Chimie, appelé « **Magistère de Physico-Chimie Moléculaire** ». Elle se déroule parallèlement au parcours « Chimie-Physique » du L3 et comporte des Unités d'Enseignement de tronc commun (communes à tous les parcours du L3 de chimie), des UE spécifiques au parcours « Chimie-physique », des UE spécifiques au parcours « Magistère PCM » ainsi que des UE optionnelles et d'ouverture.

L'année est formée de deux semestres S5 et S6 (correspondant respectivement aux cinquième et sixième semestres de la Licence). Le S5 se déroule de septembre à mi-janvier et le S6 de fin janvier à fin juin.

L'organisation des deux semestres est schématisée dans le tableau ci-dessous :

<b>Période</b>	<b>UE du tronc commun du L3</b>			<b>UE du parcours : «Chimie-Physique»</b>	<b>UE spécifique Parcours «Magistère PCM»</b>	<b>UE Optionnelle</b>	<b>UE d'ouverture</b>
Semestre S5	Chim 301c	Chim 302	Chim 303	Chim 321c	Chim 341	Une UE à choisir*	Langues 1\2 UE Ouverture 1\2 UE
<b>Période</b>	<b>UE du tronc commun du L3</b>	<b>UE du parcours : «Chimie-physique»</b>		<b>UE spécifique Parcours «Magistère PCM»</b>	<b>UE Optionnelles</b>		<b>UE d'ouverture</b>
Semestre S6	Chim 304	Chim 322	Chim 323	Chim 342 Stage	1 UE à choisir** 1 UE à choisir***		Langues 1\2 UE ----- Ouverture 1\2 UE

\* parmi les UE suivantes : Chim (385+386), 387 et 397

\*\* parmi les UE suivantes : Chim (388+389), (389+390), 396

\*\*\* choix binaire entre Chim 315 et Chim (313+314)

Les UE d'ouverture correspondent à la formation générale et sont dispensées à Cachan.

L'UE de langues est un enseignement d'anglais et a lieu au Département de langues à l'ENS de Cachan.

Le stage de recherche dure 6 semaines à partir de début Juin.

## *1-Composition des unités d'enseignement de la première année*

### **UE du tronc commun :**

<b>UE</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Cours (h)</b>	<b>TD (h)</b>	<b>TP (h)</b>	<b>Equipe pédagogique *responsable</b>	<b>Crédits ECTS</b>
Chim 301c (S5)	Chimie organique générale et mécanismes réactionnels	20	20	12	Orsay : Jean-Yves Legros Cachan : Pierre Audebert Valérie Alain	5
Chim 302 (S5)	Symétrie et orbitales moléculaires	25	25		Yves Jean*, Lionel Amiaud, Van Oanh Tran, Nathalie Rougeau*, J.J Girerd.	5
Chim 303 (S5)	Chimie inorganique	19	19	12	Anne Léaustic*, Virginie Viallet, Anne Bleuzen	5
Chim 304 (S6)	Propriétés des solutions et phénomènes aux interfaces - Dynamique des réactions	17	17	16	Louis Nadjo*, Mehran Mostafavi*, Isabelle Lampre, Yuwei Lu, Pedro De Oliviera,	5

### **UE du parcours « Chimie-Physique » :**

<b>UE</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Cours (h)</b>	<b>TD (h)</b>	<b>TP (h)</b>	<b>Equipe pédagogique *responsable</b>	<b>Crédits ECTS</b>
Chim 321c (S5)	Mécanique quantique	13	13		Michèle Lecomte*, Michel Menou	6
	Suppléments magistère	5	5			
Chim 322c (S6)	Spectroscopie	13	13	24	Dolorès Gauyacq*, Anne Lafosse, Déborah Scuderi, Valéria Lepère	6,5
	Suppléments magistère	5	5			
Chim 323 (S6)	Structure et dynamique moléculaire	28	22		Isabelle Demachy*, Yves Jean, Nathalie Rougeau	5

## UE spécifiques du parcours « Magistère PCM » :

UE	Intitulé	Cours (h)	TD (h)	TP (h)	Equipe pédagogique *responsable	Crédits ECTS
Chim 341 (S5)	Chimie et Physique pratiques			60	Elena Ishow	4
Chim 342 (S6)	Chimie organique fondamentale et pratique	23	23	16	Cécile Dumas-Verdes, Joanne Xié	4,5
	Stage	6 semaines minimum				5

## UE Langue et Ouverture :

UE	Intitulé	Cours (h)	TD (h)	TP (h)	Equipe Pédagogique *Responsable	Crédits ECTS
Chim (S5 et S6)	Anglais	24+24			Anthony Saber Dominique Legros	2.5+2.5
Chim (S5 et S6)	Ouverture Formation Générale	20	20	16	Eléna Ishow	2.5+2.5

Ces modules sont organisés en demi-module pour chaque semestre.

## UE optionnelles :

UE	Intitulé	Cours (h)	TD (h)	TP (h)	Equipe pédagogique *responsable	Crédits ECTS
Chim 313 (S6)	Polymères	15	10		Philippe Roger*, Bénédicte Lepoittevin*	2,5
Chim 314 (S6)	Matériaux : microstructures et analyse	7,5	7,5	10	Corinne Legros*	2,5
Chim 315 (S6)	Cristallographie	17	17	16	Nita Drago*, Virginie Viallet, Raphaël Haumont	5
Chim 385 (S5)	Réactivité et Energie Nucléaire	25			Eric Simoni	2.5
Chim 386 (S5)	Photochimie Organique	25			David Aitken	2.5
Chim 387 (S6)	Les surfaces et interfaces en chimie, physique et biologie	25	25		Pierre Sebban, Marie Erard	5
Chim 388 (S6)	Chimie Inorganique	25		25	Anne Léaustic	2.5
Chim 389 (S6)	Rôle du métal de transition en chimie et en biologie	24	24		Talal Mallah*	5

Chim 390 (S6)	Approche expérimentale de la thermodynamique	5		20	Pedro De Oliveira	2,5
Chim 396 (S6)	Bases chimiques de la maladie. Stress oxydant.	15	25	10	Chantal Houée Levin*, Marie Erard*	5
Chim 397 (S5)	Chimie de l'état solide et ses applications	25	25		Patrick Berthet*, Virginie Viallet*	5

## **2-Programme détaillé des unités d'enseignement de la première année**

### **Chim 301c: Chimie organique**

Volume horaire : 40 h de cours-TD et 12h de TP, (1 colle)

Crédits ECTS : 5

#### **PROGRAMME :**

Effets électroniques : Effet inductif, Effet mésomère. Résonance, Aromaticité.

Application aux acides et aux bases.

Analyse conformationnelle : détermination des enthalpies libres des équilibres conformationnels pour les cyclohexanes et analogues.

Calcul des pourcentages à l'équilibre.

Stéréoisomérisation :

Rappels : chiralité, pouvoir rotatoire, diastéréoisomérisation, activité optique par la présence de carbones asymétriques, règles de C.I.P., nomenclature R/S, Z/E.

Activité optique en absence de carbones asymétriques : chiralité allénique, spiranique, hélicoïdale, axiale.

Atropoisomérisation.

Mécanismes réactionnels : SN1, SN2, E1, E1cb, E2. Compétition SN/E.

Influence des substituants et des conditions expérimentales (réactifs nucléophiles ou basiques, solvant, température).

Conséquences stéréochimiques. Participation de groupe voisin.

Réactions d'addition sur les éthyléniques :HX, H<sub>2</sub>O, RCO<sub>3</sub>H, KMnO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Br<sub>2</sub>, hydroboration suivie d'oxydation en milieu basique ou d'un traitement en milieu acide. Conséquences stéréochimiques.

Notion de régiosélectivité.

Réactions des composés aromatiques :

Substitutions électrophiles : Réactions de Friedel-Crafts (alkylation, halogénéation, acylation), nitration, sulfonation, désulfonation, diazotation, chlorométhylation, formylation de Gattermann-Koch.

Substitution nucléophile aromatique selon trois mécanismes : addition-élimination, élimination-addition, passage par un intermédiaire benzynique.

**Intervenants : Cours-TD : Pierre Audebert, Valérie Alain , Jean-Yves Legros**

**TP : Cécile Dumas-Verdes, Eléna Ishow**

### **Chim 302 : Symétrie et orbitales moléculaires**

Volume horaire : 50 h

Crédits ECTS : 5

## **PROGRAMME :**

### **Symétrie (12h Cours - 12h TD)**

Eléments de symétrie  
Opérations de symétrie  
Groupes ponctuels  
Classes d'équivalence  
Identification des groupes ponctuels  
Représentations des groupes par des ensembles de nombres ou de matrices carrées  
Représentation sur une base d'OA s, p ou d  
Représentations irréductibles, tables de caractères  
Projecteur  
Application à la détermination des OM (jusqu'au complexe ML6)  
Application aux règles de sélection des transitions UV visible dipolaires électriques

### **Orbitales moléculaires (12h Cours - 12h TD)**

Méthodes monoélectroniques  
Système "pi" des molécule conjuguées  
Règles pour l'interaction de deux orbitales  
Applications à la méthode des orbitales frontières  
Méthode des fragments : exemple des systèmes modèles  $H_n$   
Structure électronique des molécules  $AH_2$  linéaires,  $AH_3$  trigonales et  $AH_4$  tétraédriques  
Règles pour l'interaction de trois orbitales  
Structure électronique des molécules  $AH$ ,  $AH_2$  coudées et  $AH_3$  pyramidales  
Structure électronique des molécules  $A_2$  et  $AB$   
Etude de la géométrie des molécules à l'aide de diagrammes de corrélation ( $AH_2$ ,  $AH_3$ )

### **Compléments magistère : (5h Cours - 5h TD)**

Relations entre mécanique quantique et théorie des groupes: opérateurs unitaires  
Vibration des molécules polyatomiques, modes normaux

*Intervenants :* Cours : N. Rougeau, Y. Jean

TD: Van Oanh Tran, J.J Girerd, L. Amiaud, Y. Jean

---

## **Chim 303 : Chimie inorganique**

Volume horaire : 50 h (19h Cours - 19h TD – 12h TP – 2 colles)

Crédits ECTS : 5

*Programme :*

Diagramme des OM des complexes  $O_h$ ,  $T_d$ ,  $D_{4h}$   
Modèle du recouvrement angulaire  
Etats spectroscopiques  
Spectres des complexes avec utilisation simple des diagrammes de TS (TP associés)  
Utilisation des tables de Lever  
Retour sur les propriétés magnétiques (antiferromagnétisme, ferromagnétisme)  
Réactions de substitution  
Labilité, inertie  
Réactions redox - Transfert d'électrons - Complexes à valence mixte  
Clusters métalliques  
Chimie bioinorganique et santé  
Cytochrome P450  
Ferritine et stockage du Fer  
Enseignement expérimental :  
- Synthèse du Co (salen) et fixation d'oxygène  
- Synthèse, caractérisation et propriétés optiques de complexes du Cuivre(II)  
- Synthèse, caractérisation et propriétés optiques de complexes de Vanadium(IV)

*Intervenants :*

**Cours : Anne Léaustic**  
**TD et TP : Virginie Viallet, Anne Bleuzen**

---

**Chim 304: Propriétés des solutions et phénomènes aux interfaces. Dynamique des réactions**

*Volume horaire :* 50h (17h Cours – 17h TD – 16h TP)

*Crédits ECTS :* 5

*Programme :*

**Bases de l'électrochimie (30h)**

1. Thermodynamique électrochimique potentiels d'électrode  
Loi de Nernst l'interface électrochimique : théorie élémentaire de la double couche ; thermodynamique chimique et électrochimique ; potentiel électrochimique thermodynamique des chaînes galvaniques détermination expérimentale des potentiels chimiques standards.  
Applications diverses de la mesure des f.e.m. de piles.  
2. Cinétique électrochimique transport ionique.  
Vitesse de réaction d'une réaction électrochimique ; courbe intensité-potentiel.

**Cinétique et catalyse (20h)**

Ordre et vitesse de réactions, température et activation.  
Réactions complexes, déplacement des équilibres.  
Etat quasi stationnaire et réactions en chaîne.  
Catalyse homogène, hétérogène et enzymatique.  
Introduction aux méthodes expérimentales.

**TP 4 séances de 4h (à choisir parmi les 6 manipulations)**

Diagramme potentiel -pH  
Conductibilité des électrolytes  
Titration conductimétrique  
Courbes intensité-potentiel ; en régime de diffusion stationnaire ; au cours d'une réaction chimique  
Pile Daniell

*Intervenants : Cours : Louis Nadjo, Mehran Mostafavi*

**TD et TP : Isabelle Lampre, Yuwei Lu, Pedro De Oliviera,**

---

**Chim 321 c: Mécanique quantique et structure atomique**

*Volume horaire :* 60h

*Crédits ECTS :* 6

*Programme :*

**Mécanique quantique (25h Cours – 25h TD – 2 colles)**

Equations de Schrödinger  
Opérateurs, valeurs propres et fonctions propres  
Oscillateur harmonique linéaire  
Moment cinétique orbital. Atomes hydrogénoïdes . Spin  
Perturbations stationnaires, méthode des variations  
Composition de moments cinétiques  
Particules indiscernables

**Compléments magistère : (5h Cours - 5h TD)**

Relations entre mécanique quantique et théorie des groupes: opérateurs unitaires  
Vibration des molécules polyatomiques, modes normaux

**Intervenants : Cours : Michèle Lecomte**

**TD : Michèle Lecomte, Michel Menou, N. Rougeau**

---

**Chim 322 c: Spectroscopie**

*Volume horaire :* 60h

*Crédits ECTS :* 6,5

*Programme :*

**Spectroscopie (13h Cours – 13h TD – 24h TP – 2 colles)**

Interaction matière-rayonnement ; les coefficients d'Enstein  
Eléments de spectroscopie atomique :  
Structure de l'atome polyélectronique : modèle de Russel-Saunders,  
Interaction spin-orbite, couplage LS, couplage jj  
Effet Zeeman, effet Paschen-Back  
Transitions « dipolaire-électrique » dans un atome  
Introduction à la spectroscopie moléculaire :  
Spectres de rotation pure (spectroscopie microondes)  
Spectres de vibration-rotation (spectroscopie infrarouge)  
Applications de la spectroscopie  
Les travaux pratiques comportent 3 montages : initiation au laser YAG,  
spectres de rotation-vibration par Transformée de Fourier de CO et HCl,  
effet Zeeman dans les atomes

**Compléments magistère (5h Cours – 5h TD)**

**Intervenants : Cours : Dolorès Gauyacq**

**TD et TP : Anne Lafosse, Déborah Scuderi, Valéria Lepère**

---

**Chim 323 : Structure et dynamique moléculaire**

*Volume horaire :* 50h

*Crédits ECTS :* 5

*Programme :*

**Structure moléculaire (10 h Cours – 10h TD)**

Complément sur les Orbitales Moléculaires (OM)  
Structure électronique et Géométrie des molécules hypervalentes (AH<sub>6</sub>, AH<sub>5</sub>, AH<sub>4</sub>, AH<sub>3</sub>)  
Structure électronique et géométrie des molécules avec deux atomes lourds (A<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, A<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)  
Interactions d'hyperconjugaison  
Interactions orbitales à travers l'espace et à travers liaisons  
Réactions de cycloaddition (méthode des orbitales frontières et diagrammes de corrélation)  
Réactions électrocycliques (diagrammes de corrélation)

Corrélation des orbitales, des configurations, des états  
Système infini  $H_n$  : analogies entre le langage moléculaire et celui de l'état solide  
Exemples de calculs de Chimie Quantique (minima, états de transition)

**Dynamique moléculaire** (18h Cours – 12hTD)

Déterminants de Slater : expression des énergies et des couplages  
Notation spectroscopiques atomiques, fonctions d'onde approchées, niveaux d'énergie  
Notations spectroscopiques des molécules, fonctions électroniques approchées (méthode des OM).  
Approximation Born-Oppenheimer. Surface d'énergie potentielle  
Niveaux d'énergie moléculaires

**Intervenants : Cours : Yves Jean, Isabelle Demachy**

**TD: Yves Jean, Nathalie Rougeau**

---

**Chim 341 : Chimie et physique pratiques**

Volume horaire : 60h

Crédits ECTS : 4

Programme :

**Chimie et physique pratiques** (60h TP)

Enseignement expérimental en électricité, électronique, optique et en chimie des éléments.

**Intervenants : Jean-Baptiste Desmoulins, Frédéric Moulin, Carine Julien**

---

**Chim 342 : Chimie Organique fondamentale et pratique**

Volume horaire : 40h de Cours-TD et 16h de TP

Crédits ECTS : 4,5

Programme :

Dérivés carbonyles : réactivités, réaction d'addition nucléophile avec les alcools, les amines, les thiols et les organométalliques ; réaction de réduction avec les hydrures métalliques.

Réactivité des énols, énolates, énamines et composés carbonyles  $\alpha,\beta$ -éthyléniques : catalyse d'énolisation, contrôle cinétique et thermodynamique de la formation des énolates, halogénéation, alkylation, acylation, aldolisation, réaction de Mannich, addition de Michäel, annélation de Robinson.

Composés carboxylés et molécules polyfonctionnels : réaction d'addition-élimination (esterification, formation d'amides, réaction d'hydrolyse), réaction d'addition réductrice (organométalliques, hydrures métalliques), action de diazométhane sur les acides carboxyliques, les alcools et phénols, les chlorure d'acides et les cétones/ aldéhydes, réarrangement d'Hofmann et réarrangement de Curtius, halogénéation des acides, réaction de Réformatski, réaction de Claisen

Composés  $\beta$ -dicarboxylés : acidité des hydrogènes en  $\alpha$ ; décarboxylation des  $\beta$ -cétoesters, synthèse malonique

**Intervenants : Joanne Xie, Cécile Dumas-Verdes**

---

**Stage de recherche en Laboratoire**

Durée : 6 semaines

Crédits ECTS : 5

---

**Chim 396 : Bases chimiques de la maladie. Stress oxydant**

Volume horaire : 50h

Crédits ECTS : 5

*Programme :*

**Bases chimiques de la maladie. Stress oxydant** (15h Cours - 25h TD – 10h TP)

Potentiel redox intracellulaire.

Réduction de l'oxygène, radicaux libres.

Les oxydes d'azote.

Propriétés chimiques des radicaux libres oxygénés et azotés.

Oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides. Contrôle cinétique et thermodynamique des réactions radicalaires.

Enzymes de la régulation, protection, antioxydants.

Définition du Stress oxydant

Conséquences du stress oxydant, biomarqueurs

Exemples de maladies : processus inflammatoires, maladie d'Alzheimer, SIDA.

Travail expérimental :

Production de radicaux libres par voie chimique, dosage

Oxydation d'acides aminés et de bases de l'ADN

TICE (10h)

Recherche et exposés : mécanismes chimiques impliqués dans l'initiation et le développement de maladies.

**Intervenants :** Cours : Chantal Houée-Levin  
TD, TP : Marie Erard

---

**Chim 397 : Chimie de l'Etat Solide et ses applications**

*Volume horaire :* 50h

*Crédits ECTS :* 5

*Programme :*

**Chimie de l'Etat Solide et ses applications** (25h Cours - 25h TD – 2 colles)

Structures cristallines. Energie réticulaire (énergie des cristaux ioniques).

Structures électroniques des solides :

- métaux et liaison métallique (modèles de l'électron libre et l'électron presque libre),

- composés ioniques (méthode des orbitales moléculaires ou approximation des liaisons fortes),

- diagrammes de bandes d'énergie (solides conducteurs, semi-conducteurs et isolants).

Interprétation des diagrammes de phase (diagrammes de phases binaires et ternaires).

Solides imparfaits, défauts ponctuels et non stoechiométrie.

Dopage.

**Intervenants :** Patrick Berthet, Virginie Viallet

---

**Chim 315 : Cristallographie**

*Volume horaire :* 50h

*Crédits ECTS :* 5

*Programme :*

**Cristallographie** (17h Cours - 17h TD – 16h TP – 2 Colles )

Introduction générale : l'état cristallin, ordre, périodicité, anisotropie.

Réseaux (nœud, maille, motif, ligne réticulaire, plan réticulaire, indices de Miller).

Opérations ponctuelles (éléments de symétrie, projection stéréographique), classes cristallines.

Opérations spatiales, groupes d'espace.

Réseau réciproque, distances interréticulaires, règles de sélection.

Généralités sur les rayons X et spectroscopies connexes.

Diffraction des rayons X, facteur de structure, intensité diffractée.

Appareils et méthodes diffractométriques.

Travail expérimental

L'enseignement est constitué de 4 séances de 4 heures par étudiant :

1. Etude des symétries de volumes simples,
2. Etude de modèles de structures cristallines,

3. Diffraction de Rayons X par les poudres : méthode Debye-Scherrer
4. Utilisation d'un logiciel de dessin et de simulation de diffractogrammes X

**Intervenants :** Cours : Nita Dragoë  
TD, TP : Virginie Viallet, Raphaël Haumont

---

### **Chim 313 : Polymères**

Volume horaire : 25h

Crédits ECTS : 2,5

Programme :

**Polymères** (15h Cours - 15h TD – 2 Colles)

Généralités (notions, masses molaires, architecture, type de copolymères, classification)

Structures (configurations, conformations, interactions macromoléculaires, réseaux de polymères)

Propriétés (masse volumique, thermique, mécanique, classification des polymères selon leur utilisation)

Synthèse chimique par polymérisation par étapes. Les grandes familles de polymères obtenues par cette voie (polyesters, polyamides, polyuréthanes). Exemples de réseaux 3-D. Distribution la plus probable de Flory-Schulz.

Les différentes étapes de la synthèse par polymérisation en chaînes (amorçage, propagation, transfert et terminaison) sont détaillées essentiellement pour la synthèse radicalaire. Les autres voies possibles (anionique, cationique et par coordination) sont succinctement présentées.

Caractérisation des polymères (notions de solutions diluées de polymères, viscosimétrie et chromatographie d'exclusion stérique).

**Intervenants :** Philippe Roger, Bénédicte Lepoittevin

---

### **Chim 314 : Matériaux : microstructures et analyse**

Volume horaire : 25h

Crédits ECTS : 2,5

Programme :

**Matériaux : microstructures et analyse** (7,5h Cours – 7,5h TD – 10h TP)

Rappels sur les solutions solides solutions solides primaires : insertion, substitution ; solutions solides secondaires et composés définis

Diagrammes de phases à l'équilibre :

Généralités (définition, renseignements fournis), établissement des diagrammes. Diagramme à solubilité mutuelle complète à l'état solide : règle de miscibilité, règle d'interprétation et de lecture des diagrammes, microstructures après solidification.

Diagramme à solubilité mutuelle incomplète à l'état solide : réaction eutectique (oïde), péritectique (oïde), microstructures après solidification.

Analyse structurale et chimique des phases :

Imagerie multi-échelle (œil, microscopie optique, MEB/EDX, MET/EDX, AFM, STM...), techniques spectroscopiques d'analyse (XPS, Auger, SIMS, rayonnement synchrotron...)

Enseignement expérimental :

2 séances de Travaux Pratiques de 4h au cours desquelles seront abordées d'une part la mise en évidence de la structure d'un matériau par microscopie optique (préparation micrographique de l'échantillon, attaques micrographiques, examen métallographique) et d'autre part la détermination et la quantification des phases qui composent le matériau (diffraction X et microscopie optique).

**Intervenants :** Corinne Legros, Gaël Sattonnay

---

### **Chim 387 : Les surfaces et interfaces en chimie, physique et biologie**

Volume horaire : 50h

Crédits ECTS : 5

*Programme :*

**Les surfaces et interfaces en chimie, physique et biologie (25h Cours – 25h TD)**

Introduction à la physico-chimie des surfaces et interfaces  
La tension d'interface et la relation de Laplace  
Grandeurs interfaciales d'excès  
La science des colloïdes et la formulation (exemple en agroalimentaire, pharmacologie, ...)  
Équilibre entre plusieurs interfaces, mouillage  
La notion de force intermoléculaire en phase condensée  
Les différentes forces en jeu : coulombiennes, polarisation, dispersion, répulsion  
La liaison hydrogène  
L'effet « hydrophobe »  
Le lien entre les forces à l'échelle microscopique et les comportements macroscopiques : tension d'interface, colloïdes, phénomènes électrochimiques, catalyse hétérogène, les macromolécules et les membranes biologiques,

**Intervenants :** Pierre Sebban, Marie Erard,

---

**Chim 389 : Rôle du métal de transition en chimie et en biologie**

*Volume horaire :* 50h

*Crédits ECTS :* 5

*Programme :*

**Rôle du métal de transition en chimie et en biologie (24h Cours – 24h TD)**

Modèle de bande en une dimension  
-Notions de bande de valence, interdite et de conduction  
-Applications : KCP, systèmes unidimensionnels, transition métal-isolant  
-Mécanisme des réactions d'addition oxydante et d'insertion-migration  
-Cycles catalytiques, Monsanto, procédé Wacker, ...  
-Présentation de quelques métalloenzymes, P450, ...  
-Mécanisme des réactions réalisées par certaines métalloenzymes  
-Chimie biomimétique, approche synthétique du site actif de certaines protéines

*Intervenants :* Talal Mallah, Anne Léaustic, Laure Catala

---

**Chim 390 : Approche expérimentale de la thermodynamique**

*Volume horaire :* 25h

*Crédits ECTS :* 2,5

*Programme :*

**Approche expérimentale de la thermodynamique (5h Cours – 20h TP)**

Applications de la thermodynamique aux systèmes binaires  
Azéotrope, eutectique

*Intervenants :* Pedro de Oliveira

---

**Chim 385 : Radioactivité et énergie nucléaire**

*Volume horaire :* 25 h (12,5 h Cours + 12,5 h TD)

*Crédits ECTS :* 2.5

*Programme :*

---

La production d'énergie est au cœur des préoccupations humaines. Parmi les différents types d'énergies disponibles, le nucléaire occupe une place de choix, particulièrement en France. Cette option se propose donc, au travers de cours et de quelques conférences, d'expliquer ce qu'est la radioactivité et quelles en sont les applications. Les domaines faisant appel au nucléaire (au sens large du terme) couvrent en effet une vaste gamme allant du domaine médical, à la production d'énergie en passant par la datation d'objets anciens. Les cours porteront sur les lois de la radioactivité (filiations radioactives, problème à n corps), la production de radionucléides par réactions nucléaires, la structure du noyau, les modèles nucléaires (en couche, goutte liquide ...) et les théories des émissions  $\gamma$ ,  $\beta$  et  $\alpha$ .

De plus, deux conférences, sur le nucléaire en tant que source d'énergie (fonctionnement d'une centrale nucléaire, gestion des déchets radioactifs...), seront présentées par des intervenants extérieurs (EdF, ...)

***Intervenant : Cours et TD : Eric Simoni***

---

### **Chim 386 : Initiation à la Photochimie Organique et ses Applications en Synthèse Organique**

*Volume horaire* : 25h (12h cours + 10h TD + 3h TP)

*Crédits ECTS* : 2.5

#### **Programme**

- Introduction :  
principes fondamentaux de la photochimie et la photophysique ;  
aspects pratiques : sources lumineuses, solvants, appareils
- Les grandes réactions photochimiques en synthèse organique :  
photooxygénation ;  
photoisomérisation ;  
cycloadditions [2+2] d'alcènes ;  
réactions de carbonyles excités ;  
photoélimination de N<sub>2</sub>.
- 3 H TP (visite du laboratoire de photochimie)

***Intervenant : Cours et TD : David Aitken***

---

### **Chim : Module d'Anglais et d'Ouverture**

*Volume horaire* : 48h d'anglais, 46h de cours-TD et 16h de TP, travail du verre, séances d'exposés scientifiques, passage du C21, sensibilisation à la sécurité au laboratoire, conférences d'acteurs industriels Crédits ECTS : 5+5

*Programme* :

- Anglais** (24h au premier semestre et 24 h au second semestre)
  - Anglais pratique
  - Anglais Scientifique
  - Préparation au TOEIC (projet pour 2006)
- Compléments de Chimie Organique (40h de cours-TD et 16h de TP)
- Exposés Scientifiques (2h de cours et 10h)**
  - Initiation à la bibliographie et à la préparation d'exposés
  - Exposé par les étudiants sur un thème de leur choix.
- Travail du Verre** (4h de TP)
  - Utilisation du bec Bunsen et du chalumeau
- Passage du C21** (Certificat Informatique et Internet)
- Sensibilisation à la sécurité au laboratoire** (3h et examen QCM)

Gestion du risque incendie

Gestion du risque chimique

**Conférences industrielles** (4 par an de 1h30)

Intervenants : Anthony Saber, Dominique Lagrost (Département de Langues, ENS Cachan), Joanne Xie, Cécile Dumas-Verdes (Chimie Organique, ENS Cachan), intervention du laboratoire de Science Techniques Education Formation, ENS Cachan), Franck Devauchelle (formation sécurité), Pierre Lebarney-Eléna Ishow (conférences industrielles).

---

## Deuxième année - 68 ECTS

### **ENSEIGNEMENTS DU PARCOURS MAGISTERE (et du M1)**

La deuxième année de Magistère s'intègre dans un parcours spécifique du M1 du Master de Chimie, dans lequel les étudiants peuvent choisir entre un parcours avec stage de recherche dit court de trois mois ou un stage dit long de cinq mois à l'étranger ou en entreprise. Elle comporte deux semestres constitués au total par onze unités d'enseignement comptant chacune pour 5 ou 6 crédits ECTS et d'un stage de trois mois équivalant à 10 crédits ECTS ou de dix unités d'enseignement et d'un stage de cinq mois de 15 crédits :

#### **Premier semestre (32 ECTS):**

Quatre UE de tronc commun, obligatoires :

- Chim 401bis : *Les outils de la spectroscopie (5 ECTS)*
- Chim 402 bis: *Chimie inorganique, moléculaire et des solides (5 ECTS)*
- Chim 403bis : *Sélectivités en synthèse organique et chimie organométallique (5 ECTS)*
- Chim 405 : *Formation générale (5 ECTS)*

Deux UE de spécialité Chimie-Physique, obligatoires :

- Chim 412 : *Thermodynamique statistique et applications (6 ECTS)*
- Chim 413 : *Dynamique et Cinétique des réactions chimiques (6 ECTS)*

#### **Deuxième semestre (36 ECTS)**

Deux UE obligatoires :

- Chim 411 : *Mécanique Quantique et Spectroscopie approfondies (6 ECTS)*
- Chim 404 : *Chimie expérimentale et modélisation (travaux pratiques (5 ECTS))*

Puis suivant la durée du stage choisie :

#### **Parcours avec stage de recherche de trois mois (1<sup>er</sup> avril – 30 juin)**

-Trois UE mineures à choisir dans les spécialisations proposées par le Master de Chimie ou toute autre UE, avec l'accord d'un enseignant de l'équipe pédagogique du Magistère **(15 ECTS)**.

Parmi ces trois UE mineures, une au moins doit être choisie parmi les UE 414 à 419.

-Chim 406 : **STAGE obligatoire** en laboratoire, en entreprise, ou à l'étranger, 3 mois minimum **(10 ECTS)**

#### **Parcours avec stage de recherche de cinq mois (1<sup>er</sup> mars – 31 juillet)**

-Deux UE mineures dont une au moins parmi :

- Chim 416 : *Applications de la chimie physique à l'industrie (5 ECTS)*
- Chim 419 : *Formation entrepreneuriale (5 ECTS)*

- Une UE mineure facultative

-Chim 406 : **STAGE obligatoire** en entreprise et/ou à l'étranger, 5 mois minimum **(15 ECTS)**

Les deux types de parcours comportent également un

**STAGE tutoré obligatoire** et personnalisé et au cours duquel, tout au long de l'année, l'étudiant est accompagné par un tuteur (chercheur ou enseignant chercheur d'un laboratoire environnant).

Les UE mineures dites d'orientation sont à choisir dans les cinq orientations ci-dessous, **dont une UE 41X (10 ou 15 ECTS au total)** :

*Physico-Chimie Moléculaire*  
*Physico-Chimie du vivant*  
*Interface Chimie Fine*  
*Interface Chimie Inorganique*  
*Interface Recherche-Industrie*

Les cours du tronc commun s'étalent sur 8 semaines entre début septembre et fin octobre. Les cours des UE spécialisées durent environ 20 semaines (hors vacances) entre fin octobre et fin mars.

La dernière période qui se termine le 30 juin, ou courant août est consacrée au stage.

## TRONC COMMUN

La plupart de ces unités d'enseignement se tiendront durant le premier trimestre

UE	TITRE	Cours	TD	TP	Enseignants	Crédits ECTS
<b>Chim 401bis</b>	<i>Les outils de la spectroscopie</i>	25,5	24		D. Gauyacq, D. Merlet , N. Dragoé, K. Steenkeste	5
<b>Chim 402bis</b>	<i>Chimie inorganique, moléculaire et des solides.</i>	24	26		T. Mallah, J.J. Girerd, C. Policar	5
<b>Chim 403bis</b>	<i>Sélectivités en synthèse organique et chimie organométallique.</i>	28	28		<i>J.Y. Legros, J. Xie</i>	5
<b>Chim 404</b>	<i>Chimie expérimentale et modélisation</i>			66	A. Lafosse, I. Lampre, S. Sorgues, Y. Justum, S. Lacombe, D. Scuderi, K. Steenkeste, L. Amiaud, M. Elhanine	5
<b>Chim 405</b>	<i>Formation générale :</i> - Anglais - Enseignement optionnel*		25 20		Laboratoire de langue à l'ENS Cachan *Voir les détails ci-dessous	5
<b>Chim 406</b>	<i>Stage de 3 mois minimum (ou plus suivant la filière)</i>				Sandrine Lacombe	10 (ou 15)
<b>Total unités d'enseignement Tronc commun</b>		79,5	125	56	Soit 260,5 h par étudiant	35 (ou 40)

*\*Enseignement optionnel de l'UE Chim 405 (à choisir par les étudiants dans la liste suivante)*

TITRE	Cours/TD/TP	Enseignants	Crédits ECTS
Les grands défis de l'environnement	20 h	Renée Paugam	2,5
Apprentissage d'une langue vivante (hors anglais)	20 h	Département de langues. bât 336.	2,5
La prévention des risques	20 h	Philippe Berdagué, Marianne Boivin, Anne Brun.	2,5
Techniques de recherche de stage et d'emploi	20 h	Service d'Insertion Professionnel. Bat 311.	2,5
Études historiques, sociales et culturelles sur les sciences	20 h	Clotilde Policar	2,5

## UE obligatoires :

UE	Cours	TD	TP	Enseignants	Responsable	ECTS
<b>Chim 411</b> <i>Mécanique Quantique et Spectroscopie approfondies</i>	35h	25h		M. Lecomte (Pr), I. Demachy (Pr), M. Menou (MC), D. Gauyacq (Pr), A. Lafosse (MC)	M. Lecomte (Pr)	6
<b>Chim 412</b> <i>Thermodynamique statistique et applications</i>	30h	30h		M. Lecomte (Pr), I. Demachy (Pr)	M. Lecomte (Pr)	6
<b>Chim 413</b> <i>Dynamique et Cinétique des réactions chimiques en phase gazeuse et en solution et à l'interface</i>	22h	18h	20h	M. Mostafavi (Pr) L. Nadjo (Pr) I. Lampre (MC) L. Ruhlmann (MC)	M. Mostafavi (Pr)	6

## Exemples d'UE mineures proposées parmi cinq orientations thématiques :

orientation	Physico Chimie Moléculaire	Physico Chimie du Vivant	Recherche – Industrie*	Interface Chimie Fine	Interface Chimie Inorganique
	<p><b>Chim 414</b> Interaction lumière-matière et photonique moléculaire</p> <p>ou</p> <p><b>Chim 417</b> Ingénierie moléculaire</p> <p>ou</p> <p><b>Chim 418</b> Dynamique du transfert de charge à l'interface et en solution</p>	<p><b>Chim 415</b> Interface biologie</p> <p><b>Chim 438</b> Synthèse de produits naturels</p> <p>ou</p> <p><b>Chim 435</b> Chimie Bioorganique et Bioinorganique</p>	<p><b>Chim 416</b> Applications de la chimie physique à l'industrie</p> <p><b>Chim 419</b> Formation entrepreneuriale</p>	<p><b>Chim 41X</b></p> <p><b>et</b></p> <p><b>Chim 434</b> Stratégie et outils de synthèse performants</p> <p>ou</p> <p><b>Chim 437</b> Chimie des polymères</p>	<p><b>Chim 41X</b></p> <p><b>et</b></p> <p><b>Chim 427</b> Magnétisme moléculaire et du solide</p> <p>ou</p> <p><b>Chim 422</b> PC des Oxydes et des Solides Imparfais</p> <p>ou</p> <p><b>Chim 426</b> Structure Electronique et PC des Solides Parfaits</p> <p>ou</p> <p><b>Chim 423</b> Matériaux hybrides et chimie bio-inorganique</p>

<b>M2 conseillé par orientation</b>	<b>Physico- Chimie Moléculaire  ou Radiochimie</b>	<b>Chimie bio- organique et bio- inorganique</b>	<b>Physico- Chimie Moléculaire  ou Ecole d'ingénieur (Master professionnel)</b>	<b>Chimie Organique</b>	<b>Chimie Inorganique : des nanosystèmes à la biologie</b>
---	--	--	---	-----------------------------	--

Les orientations thématiques, proposées dans les colonnes du tableau ci-dessus, correspondent à des parcours cohérents constituant une formation solide en vue d'une inscription à l'un des M2 de Master donnés à titre indicatif dans la dernière ligne du tableau.

**Note :** L'étudiant est libre de construire un parcours personnalisé, autre que celui suggéré dans le tableau, **avec l'aide et l'accord d'un tuteur de l'équipe pédagogique du Magistère**. Mais tous les choix d'UE mineures ne seront pas compatibles avec l'emploi du temps.

## Programme détaillé des unités d'enseignement de la deuxième année

### Tronc Commun

#### **Chim 401bis: Les outils de la spectroscopie**

Volume horaire : 48 h

Crédits ECTS : 5

Programme :

#### **Spectroscopies optiques (9h Cours - 7,5h TD)**

- Les bases de la structure moléculaire
- Structure électronique des molécules diatomiques et polyatomiques
- Transitions électroniques, principe de Franck-Condon
- Spectroscopie électronique – UV, visible dans les grosses molécules: conjugaison au sein d'une molécule, groupes chromophores
- Spectroscopie de vibration-rotation (IR) et spectroscopie rotationnelle: caractérisation des groupes fonctionnels ; caractérisation des géométries d'équilibre
- Compléments de spectroscopie vibrationnelle : modes normaux et modes locaux

#### **Diffraction des rayons X – Instrumentation (9h Cours – 6h TD)**

- notions sur l'utilisation de l'absorption X (EXAFS)
- descriptif des techniques expérimentales courantes
- identification de phases,
- indexation et la détermination de la maille,
- détermination du groupe d'espace.
- utilisation de la méthode LeBail et de Pawley et la détermination des positions atomiques par la méthode de Patterson
- utilisation de la méthode de Rietveld pour l'affinement structural

#### **Spectroscopie RMN (7,5h Cours - 9h TD)**

- Introduction à la vision semi quantique de la RMN :  
Moment magnétique dans un champ. Précession de Larmor.  
Excitation RMN. Détection. Traitement des données.
- Les interactions magnétiques :  
Ecran électronique.  
Couplages : dipolaire, scalaire.  
Découplage.  
Eclatement Quadripolaire.  
Bases fondamentales de l'analyse spectrale.
- RMN et Stéréochimie :  
Notion d'équivalence.  
Noyaux homotopes, énantiotopes, diastéréotopes  
RMN et chiralité.
- RMN du carbone 13.  
Méthodologie.  
Analyse spectrale.
- Introduction à la RMN multidimensionnelle.  
-Introduction aux phénomènes dépendant du temps.

Intervenants : Cours : D. Gauyacq, D. Merlet, N. Dragoë

TD: K. Steenkeste, A. Lafosse, N. Dragoë, D. Merlet

#### **Chim 402bis: Chimie inorganique, moléculaire et du solide**

## Programme :

**A- Chimie Inorganique (Cours 15h, TD : 15h)**

- I- Structure électronique et niveaux d'énergie dans les complexes des métaux de transition  
Symétrie, invariance de l'hamiltonien, approximation de Born-Oppenheimer, termes spectroscopiques, produit direct  
Ion libre, approximation monoélectronique  
Modèle électrostatique, approches champ fort et champ faible  
Modèle des orbitales moléculaires : possibilités et limites, application dans le cas des complexes octaédriques
- II- Chimie et propriétés des complexes mononucléaires  
Interaction métal-ligand, théorie de Pearson  
Différents types de ligands  
Stabilité et labilité. Effet chélate  
Mécanismes des réactions de transfert d'électrons
- III- Stratégies de synthèse  
Stratégie 'étape par étape' : concept du 'complexe-ligand'  
Stratégie d'autoassemblage

**B- Méthodes Physiques (Cours :10h, TD : 10h)**

- I- Spectroscopie UV-visible  
I.1. Différents types de transition : ligand, CT, d-d  
I.2. Transitions d-d pour les complexes de symétrie octaédrique. Cas  $d^1$ ,  $d^9$ . Effet Jahn-Teller.  
I.3. Transitions d-d pour les complexes de symétrie octaédrique. Diagrammes de Tanabe Sugano : ( $d^2$ ,  $d^8$ ), ( $d^3$ ,  $d^7$ ), ( $d^4$ ,  $d^6$ ),  $d^5$   
I.4. Extension aux systèmes tétraédriques.  
I.5. Règles de sélection.  
I.6. Complexes centro-symétriques octaédriques ou plan carré. Rôle des vibrations. Influence de la température.  
I.7. Complexes non centro-symétriques tétraédriques ou autres.
- II- Résonance Paramagnétique Electronique (RPE)  
II.1. Principe et instrumentation  
II.2. Spectres en solution fluide. Exemple des radicaux libres. Couplage hyperfin.  
II.3. Spectres anisotropes en solution gelée ou en solide. Anisotropie de g. Cas du Cu(II). Exemple biochimique : les ions Cu(II) dans le prion.  
II.4. RPE d'un état de spin  $S > 1/2$ . Levée de dégénérescence en champ nul.  
Cas d'un spin  $S = 1$   
Cas d'un spin  $S = 3/2$   
Conclusion Les différentes spectroscopies

Intervenants : Cours : T. Mallah, J.J. Girerd

TD: C. Policar

**Chim 403bis: Chimie organométallique ; réactions fondamentales et sélectivités en chimie organique**

## Programme :

- Organométalliques : cours-TD intégrés (18 h)  
Propriétés des complexes  
Réactions fondamentales  
Applications stoechiométriques et catalytiques en synthèse organique  
Chimie organique : cours-TD intégrés (38 h)  
Oxydations, réductions  
Alkylation du carbone nucléophile : énolates et énamines  
Aldolisation  
Addition de Michaël  
Réaction de Mannich  
Groupements protecteurs  
Synthèses multi-étapes

Intervenants : Cours et TD : J.-Y. Legros, J. Xie

---

### **Chim 404: Chimie expérimentale et modélisation**

Volume horaire : 66h TP

Crédits ECTS : 5

Programme :

Unité d'enseignements pratiques dans laquelle les étudiants effectuent 7 expériences:

- Étude rovibronique de l'iode par spectroscopie d'absorption
- Spectroscopie infra-rouge de NO et CO<sub>2</sub>
- Fluorimétrie
- Cinétique d'une réaction d'oxydo-réduction en phase liquide suivie par colorimétrie
- Cinétique d'une photoisomérisation suivie par chromatographie en phase gazeuse
- Résolution numérique de l'équation de Schrödinger à une dimension
- Propagation de paquets d'onde à une dimension
- 

Intervenants : A. Lafosse, I. Lampre, S. Sorgues, Y. Justum, S. Lacombe, D. Scuderi, K. Steenkeste, L. Amiaud, M.

Elhanine Contrôle des connaissances : *compte-rendus de manipulation*

---

### **Chim 405 : Formation Générale**

Volume horaire : 46 h  
2,5

Crédits ECTS : 2,5 +

Programme :

Cette Unité d'Enseignement est constituée de deux volets : Anglais Scientifique et un module optionnel.

#### **ANGLAIS**

Volume horaire : 26 h

Crédits ECTS : 2,5

**Cours d'anglais:** 2h par semaine pendant 13 semaines.

L'anglais est devenu la langue commune de la science. 70 % de toute la littérature (livres, revues périodiques) est édité en anglais. En outre, l'anglais est la langue officielle de la plupart des congrès et des réunions scientifiques. Sa connaissance est devenue indispensable pour quiconque se destine à une carrière scientifique.

Les cours de langues sont dispensés par le **Département de Langues de l'ENS Cachan**.

Les cours d'anglais sont axés sur l'expression et la compréhension orales, ainsi que l'acquisition des automatismes qui facilitent la compréhension et la rédaction écrites. En pratique, les cours ont pour objet de consolider les bases linguistiques au moyen d'exercices structuraux, de développer les techniques orales à l'aide de documents audiovisuels traitant de questions scientifiques, et de prolonger, avec des articles brefs sur ces mêmes sujets, des discussions - débats afin de susciter l'esprit de synthèse dans la langue étrangère. Un test de niveau permet de classer les étudiants en groupes homogènes.

#### **MODULES OPTIONNELS**

Les étudiants doivent choisir parmi les 5 modules proposés ci-dessous. Étant donné que certains modules sont à effectifs limités, il est conseillé aux étudiants de faire une liste de préférence au moment de l'inscription pédagogique.

*Etudes historiques, sociales et culturelles sur les sciences*

« Dans tous les domaines universitaires il existe une culture générale de la discipline qui ne correspond en rien à un ensemble vague et mou de lieux plus ou moins communs mais qui constitue l'environnement culturel et savant du savoir spécialisé. »

L'intérêt d'un tel module d'études sur les sciences dans la formation des scientifiques, au niveau de la première année de Master, est double :

1. permettre, souvent pour la première fois, à des étudiants qui ont fait le choix de futures professions scientifiques, d'aborder les sciences autrement que comme des savoirs établis, à apprendre, qu'ils résument trop souvent à des formules, des procédés et des résultats ; faire travailler les enjeux d'ordre épistémologique et de société, contemporains et au cours de l'histoire, des sciences et en particulier de la chimie.

2. permettre de développer une méthodologie spécifique adaptée à un tel enseignement qui se doit d'être non dogmatique : pédagogie de projets initiés à partir des représentations que les étudiants peuvent avoir des sciences, adossée à un encadrement qualifié de spécialistes d'histoire et d'épistémologie des sciences en lien avec l'équipe d'accueil « Études sur les sciences et les techniques ».

### **Organisation de l'enseignement**

Le module se placera en premier semestre du M1.

- Il débutera par un atelier d'un jour et demi (atelier dédoublé compte tenu des effectifs) répondant à trois objectifs successifs : faire expliciter les représentations des sciences que peuvent avoir les étudiants, apporter des éléments théoriques pertinents d'histoire, d'épistémologie, de sociologie des sciences dans le cadre de ces représentations, aboutir à la définition et à la mise en place de projets par binômes.

- La réalisation des projets, sur le semestre, se déroulera en étapes, par exemple quatre, chacune ponctuée par une séance d'une demi-journée avec les enseignants (en co-encadrement) durant laquelle les binômes exposeront le point de leur travail, séances dédoublées, là encore, compte tenu des effectifs.

- Enfin, la restitution se fera sous forme d'un rapport écrit en fin de semestre. Une restitution orale publique est envisagée, pour les binômes volontaires, lors d'une journée du département de chimie.

### **Intervenants**

*Clotilde Policar* (Département de chimie de la faculté d'Orsay)

*Hélène Gispert, Nathalie Jas* (Membres du Groupe d'histoire et de diffusion des sciences d'Orsay (GHDSO) de l'équipe « Études sur les sciences et les techniques »)

### **Contrôle des connaissances :**

Le contrôle se fera essentiellement sous forme d'un rapport terminal écrit auquel les binômes auront été préparés lors des quatre séances où ils auront eu à présenter des rapports d'étape.

---

## **Les grands défis de l'environnement**

Renée Paugam (20 heures)

Cette option est fortement conseillée aux étudiants souhaitant se diriger vers un M2 « Environnement ».

Cette UE est mutualisée avec la première année du Master « Environnement » de l'Université Paris-Sud 11 rassemblant des étudiants juristes, économistes, biologistes, géologues, physiciens et pharmaciens.

Elle consiste en un cycle de conférences qui ont lieu le jeudi après-midi à Orsay de septembre à décembre et dont la liste 2005-2006 est donnée à titre d'exemple ci-dessous.

Les étudiants sont tenus de rendre deux comptes rendus sur des conférences de leur choix et de répondre à un questionnaire sur l'ensemble des conférences en vue de leur évaluation.

Conférences « Les grands défis de l'environnement » 2005-2006 :

Enjeux multidisciplinaires dans un programme de biologie de la conservation : la tortue luth (Marc Girondot)

Sites et sols pollués (Jean-Pierre Boivin)

Le patrimoine mondial (Jérôme Fromageau)

Les perspectives énergétiques (Christian Ngô)

Rôle potentiels de la télédétection pour des applications environnementales (Kamel Soudani)

Matériaux de construction et développement durable : le béton (Jean Bébien)

Intégration de la prise en compte des thématiques environnementales dans l'agriculture

L'office national des forêts : exemple de la forêt de Fontainebleau (Claude Lagarde)

L'eau dans le monde (Alain Lamouche)

---

## **Apprentissage d'une langue vivante (Autre que l'Anglais)**

**Service des langues, bât 336.** (20 heures)

Secrétariat: Mme Nadine **Bousquet**, tel: 01 69 15 72 07. Fax: 01 69 15 73 85. salle 348, 3<sup>ème</sup> étage Bât 336

(e-mail: ddl@langue.u-psud.fr)

Le Département de langues du centre d'Orsay propose un large choix de langues vivantes, outre l'anglais dont l'enseignement est obligatoire dans la maîtrise de chimie, vous pouvez étudier l'allemand, l'espagnol, l'italien, voire le russe.

Ces langues sont enseignées, en général sous deux niveaux, débutant et perfectionnement.

La connaissance d'une seconde langue vivante est souvent un atout décisif qui peut vous permettre :

- d'enrichir votre CV pour dans un futur proche aider à obtenir un emploi.
- de préparer un stage "Erasmus" dans une université européenne.
- d'aborder une culture différente et d'ouvrir votre horizon peut-être trop axé sur la chimie.

Pour un enseignement d'italien ou de russe il faut s'inscrire au secrétariat du Service des Langues

Pour un enseignement d'espagnol ou d'allemand, l'inscription se fait au cours des tests de niveau auprès des enseignants de langue. Les dates des tests (mi-septembre) sont affichées au service des langues (2 et 3<sup>e</sup> étage du bât 336)

La notation de cette option sera faite par le professeur de langue, elle tiendra compte de votre assiduité et de votre participation au cours.

---

### La prévention des risques

Service hygiène et sécurité du travail de l'Université Paris-Sud 11. (20 heures)

Philippe BERDAGUE Coordinateur

Marianne BOIVIN, Ingénieur de sécurité du centre d'Orsay.

Anne BRUN, Médecin coordinateur du centre d'Orsay.

Cette option est une première formation en matière de sécurité dans un laboratoire de chimie. Cette sensibilisation leur permettra ensuite de se spécialiser dans ce domaine via un Master Professionnel (ex DESS) de sécurité chimique (Mulhouse, Rouen, Versailles...). L'objectif de cette option est d'appréhender le risque inhérent à tout processus chimique et de connaître des mesures adaptées à prendre en cas d'accident.

Contenu de cette option : Notions de premiers secours. Les accidents dans un laboratoire de chimie. Bonnes pratiques de laboratoire. Protections individuelles et collectives. Toxicologie et risques chimiques. Lutte contre l'incendie. Risques électriques...

Pour tous renseignements, contacter : Philippe Berdagué.

---

### Techniques de recherche de stages et d'emploi

*Programme :*

(Pour des groupes de 12 à 15 étudiants)

Atelier 1 – La construction du curriculum vitæ.

Atelier 2 – Cibler l'orientation en M2

Atelier 3 – La lettre de motivation.

Par sous-groupes de 5 à 7 étudiants.

Atelier 4 – Simulations d'entretiens.

Le premier atelier est prévu pour **le jeudi 4 octobre 2007** à 14h dans une salle de la Maison des étudiants Bât 311.

**Intervenants :** Mme. Royer responsable administratif du Service Insertion Professionnelle (SIP) de l'Université Paris-Sud 11.

## Programme détaillé (suite) : UE du parcours Chimie Physique

### **Chim 411: Mécanique quantique et spectroscopies approfondies**

**OBLIGATOIRE**

Volume horaire : 60 h

Crédits ECTS : 6

*Prérequis* : Bases élémentaires de Mécanique Quantique, bases de Théorie des Groupes, bases de spectroscopie atomique et de structure atomique et moléculaire

*Programme* :

Mécanique quantique

Représentations d'un ket (espace des positions, espace des impulsions)

Fonctions du continuum

Etats non-stationnaires : paquet d'ondes

Opérateur d'évolution. Propagation des paquets d'ondes

Postulats sur la mesure

Evolution dans le temps

Perturbations dépendant du temps

Interaction de configurations. Méthode des liaisons de valence (comparaison OM VB)

Méthode Hartree Fock

Spectroscopie

Structure électronique : règles de Wigner-Witmer (corrélation molécule-atomes séparés-atome uni) ; interaction spin-orbite

Les cas (a), cas (b) et cas (c) de Hund

Transitions dipolaire-électrique : développement du moment de transition

Etablissement des règles de sélection ; Facteur de Hönl-London

Molécules polyatomiques : spectroscopie électronique, vibrationnelle, rotationnelle

*Intervenants* :

*Cours* : M. Lecomte, I. Demachy, D. Gauyacq TD: A. Lafosse, M. Menou

*Contrôle des connaissances* : examen écrit

### **Chim 412: Thermodynamique statistique et applications**

**OBLIGATOIRE**

Volume horaire : 60 h

Crédits ECTS : 6

*Prérequis* : thermodynamique classique (macroscopique)

*Programme* :

Thermodynamique Statistique

Introduction. Mécanique, thermodynamique macroscopique et thermodynamique statistique

La notion d'ensemble statistique. L'ensemble canonique

Autres ensembles, équivalences entre ensembles

Application aux systèmes « dilués », statistique de Boltzmann

La limite classique de la thermodynamique statistique

Statistiques quantiques

La théorie des phases moléculaires condensées

Fluides réels, théorie de van der Waals

Transitions de phase, notion d'universalité

L'approche numérique de la thermodynamique statistique : introduction aux méthodes de simulation moléculaire

Les forces intermoléculaires en phase condensée

Travaux Pratiques de simulations moléculaires

*Intervenants* :

*Cours* : M.Lecomte, I. Demachy TD et TP : I. Demachy, M. Jeffroy

*Contrôle des connaissances* : examen écrit

---

**Chim 413 : Dynamique et Cinétique des réactions chimiques en phase gazeuse et en solution et à l'interface** **OBLIGATOIRE**

*Responsable* : Mehran Mostafavi (Pr)

*Volume horaire* : 60 h

*Crédits ECTS* : 6

*Prérequis* : Bases de thermodynamique, de chimie en solution, de spectroscopie et de mécanique quantique

*Programme* :

**Dynamique et Cinétique des réactions chimiques en phase gazeuse et en solution (36 h, cours, TP, TD)**

Modèle de sphères dures et introduction de potentiels modèle  
Surface de potentiel et trajectoire. Modèle d'Eyring, comparaison des modèles  
Réactions unimoléculaires  
Réaction en solution : L'équation de la diffusion, modèles de Smoluchowski et de Colin-Kimball ; effet de force ionique  
Elément de Photochimie et Chimie sous rayonnement  
Méthodes expérimentales  
Cinétique électrochimique (20 h, cours, TD, TP)  
Vitesse d'une réaction électrochimique  
Les courbes de polarisation, Loi de Tafel  
Théorie de la surtension  
Relations fondamentales de cinétique électrochimique  
Détermination expérimentale des paramètres d'une réaction électrochimique  
Bases théoriques des principales méthodes électrochimiques:  
Réactions rédox, réactions chimiques  
Méthode à hydrodynamique contrôlée  
Voltampérométrie linéaire et cyclique  
Impédance électrochimique  
Electrochimie moléculaire  
Mécanismes de réaction, Synthèses électrochimiques, Macroélectrolyses et applications

**Intervenants : Cours : M. Mostafavi, L. Nadjo**

**TD et TP : M. Elhanine, I. Lampre, L. Ruhlmann**

*Contrôle des connaissances* : Examen écrit et travaux pratiques

---

**Chim 414 : Interaction lumière-matière et photonique moléculaire**

*Volume horaire* : 50 h

*Crédits ECTS* : 5

cours-TD laser : 18h. cours- TD photophysique-photochimie : 26h. TP photochimie : 6h

*Prérequis* : Notions de spectroscopie, mécanique quantique et liaisons chimiques.

*Programme* :

LASER

I Fonctionnement d'un laser.

II. Lasers impulsions.

III. Utilisation de l'optique non linéaire pour générer de nouvelles sources.

PHOTOPHYSIQUE-PHOTOCHIMIE

I. Introduction à la photophysique des états excités en solution.

I.1. Absorption de la lumière (rappels succincts de spectroscopie moléculaire).

I.2. Processus de désactivation des états excités.

I.3. Propriétés physico-chimiques des états excités.

I.4. Processus d'inhibition des états excités.

II. Spectroscopie d'émission et d'absorption transitoire des solutions organiques

II.1. Mesures des déclins de fluorescence

- II.2. Spectroscopie d'absorption transitoire
  - III. Photochimie organique
    - III.1. Prévisions des réactions photochimiques. Diagramme de corrélation des états.
    - III.2. Photochimie des alcènes et des diènes
    - III.3. Photochimie des cétones
    - III.4. Photochimie des aromatiques
  - IV. Applications de la photochimie
    - IV.1. La photographie
    - IV.2. La photopolymérisation et la photo-microlithographie
    - IV.3. Photochimie et environnement
    - IV.3. Photochimie solaire
    - IV.4. Photothérapie dynamique.
- Travaux Pratiques de photochimie

**Intervenants : J. Delaire, M. Chevalier**

---

### **Chim 415 : Interface Biologie**

Volume horaire : 54 h

Crédits ECTS : 5

Programme :

#### **Structure et fonctionnement des macromolécules et systèmes biologiques.**

L'objectif de ce module est de présenter les acteurs moléculaires et cellulaires intervenant en biologie. La structure et les interactions entre ces différents composants seront exposées.

- Philosophie de la Biophysique.
- Notions de biologie cellulaire.
- Description des grandes familles phylogénétiques.
- Briques moléculaires constituant le vivant.
- Interactions inter et intramoléculaires
- Bioélectrochimie
- Systèmes redox
- Chimie Bioinorganique
- Interaction rayonnement ADN
- Structure des membranes biologiques. Interactions protéines-protéines, protéines-lipides. Transports membranaires.
- Techniques de microscopie de fluorescence
- Systèmes intégrés

**Intervenants : P. Sebban, J-F Le Flohic, P. De Oliveira, J.P. Mahy, M. Erard, S. Lacombe**

---

### **Chim 416 : Applications de la chimie physique à l'industrie**

Volume horaire : 50 h

Crédits ECTS : 5

Programme :

- Modèles thermodynamiques
- Spectrométrie de masse
- Optimisation d'un protocole expérimental
- Formulation
- Corrosion
- Matériaux organiques pour l'électronique

**Intervenants : Cours, TD et TP : Ph. Méjannelle, N. Lévêque, P. LeBarny (ENS Cachan), L. Ruhlmann, J.M. Roussel, intervenants extérieurs**

---

---

### **Chim 417 : Ingénierie Moléculaire**

Volume horaire : 50 h

Crédits ECTS : 5

Prérequis : Tronc Commun du M1

Programme :

Matériaux polymères et matériaux sol-gel.  
Conducteurs moléculaires. Polymères conducteurs.  
Structures moléculaires à propriétés spécifiques.  
Propriétés diélectriques et optiques des molécules et des matériaux.  
Matériaux moléculaires pour l'électronique et la photonique  
Nanomatériaux

**Intervenants (ENS Cachan) : P. Audebert, J. Delaire, P. Le Barny, F. Miomandre, K. Nakatani**

---

### **Chim 418 : Dynamique du transfert de charge à l'interface et en solution**

Volume horaire : 50 h

Crédits ECTS : 5

Prérequis : bases de thermodynamique, de chimie en solutions, de spectroscopie et de mécanique quantique, électrochimie et cinétique

Programme :

**Dynamique du transfert de charge à l'interface et applications (30h, cours, TD, TP)**

1. Solvants moléculaires, solvants ioniques  
2. Théories du transfert d'électron  
Electrocatalyse et matériaux pour l'électrocatalyse  
Bioélectrochimie: applications aux biocapteurs  
Notions de biochimie  
Électrochimie enzymatique et Reconnaissance moléculaire

**Dynamique du transfert de charge en solution (20h, cours, TD)**

1. Transfert d'électron en solution  
2. Solvatation  
3. Transfert de proton  
Recombinaisons géminées

**Intervenants : Cours : M. Mostafavi , L. Nadjjo  
TD et TP : I. Lampre, Yu Wei, P. de Oliveira**

---

### **Chim 419 : Formation Entrepreneuriale**

Volume horaire : 50 h

Crédits ECTS : 5

Programme :

Gestion de projets  
Comptabilité  
Propriété industrielle  
Sécurité et environnement  
2 visites d'usine + CR oral

**Intervenants : S. Esselin, Chantal Fresnay P. Lebarney**

---

*Programme détaillé (suite) :*

*UE proposées par les autres parcours du Master de Chimie*

**Parcours Chimie inorganique et du solide**

**Chim 421: Chimie de coordination et méthodes physiques (MAJEURE)**

Volume horaire : 50 h

Crédits ECTS : 5

Prérequis : Théorie des groupes, symétries, module de mécanique quantique, module de spectroscopie

Programme :

**I. Structure électronique des éléments de transition**

Ion libre, termes spectroscopiques, couplage spin-orbite

Groupes doubles

Théorie du champ cristallin (approches champ fort et champ faible)

Transitions entre niveaux électroniques, règles de sélection

Diagrammes d'Orgel et de Tanabe Sugano

Effet Jahn-Teller

**II. Méthodes physiques**

Résonance Paramagnétique Electronique (RPE)

1. Principe et instrumentation. RPE multifréquence.

2. Systèmes de spin électronique  $S = 1/2$ . Spectres en solution fluide. Exemple des radicaux libres. Couplage hyperfin avec les spins nucléaires. Informations sur la structure électronique des radicaux.

3. Systèmes de spin électronique  $S = 1/2$ . Spectres anisotropes en solution gelée ou en solide. Anisotropie de  $g$ . Exemple du Cu(II) dans l'eau. Rôle du couplage spin orbite dans l'origine de cette anisotropie. Modification du spectre selon la force du champ de ligands. Anisotropie du couplage hyperfin. Informations structurales. Exemple : les ions Cu(II) dans la protéine prion en fonction du pH.

4. Systèmes de spin électronique  $S > 1/2$ . Anisotropie et levée de dégénérescence en champ nul. Cas d'un spin  $S = 5/2$  : exemple du Fe(III). Informations sur les structures géométrique et électronique.

Spectroscopie Mössbauer

1. Principe et instrumentation. Utilisation du rayonnement  $\gamma$ .

2. Spectres en absence de champ magnétique (Fe(II), Fe(III)) : déplacement isomérique, éclatement quadripolaire du spin nucléaire du  $^{57}\text{Fe}$ . Exemples.

3. Influence du champ magnétique. Rôle du couplage hyperfin entre le spin électronique et le spin nucléaire du  $^{57}\text{Fe}$ . Applications.

Intervenants : Cours : E. Simoni et J.J. Girerd. TD : E. Simoni, C. Policar

---

**Chim 422: Physicochimie des oxydes et des solides imparfaits (MAJEURE)**

Volume horaire: 50h

Crédits ECTS: 5

Prérequis : notions élémentaires d'atomistique et de cristallographie.

Programme :

Physicochimie des oxydes:

Le modèle ionique: aspects géométriques et énergétiques.

Modèle des sphères dures, rayon ionique (Landé, Pauling, Shannon). Energie réticulaire: modèles de Born-Landé et de Born-Mayer, constante de Madelung. Approche thermodynamique.

Structure et propriétés des grandes familles d'oxydes.

Oxydes alcalins et alcalino-terreux, oxydes de terres rares, oxydes des éléments de transition.

Physicochimie des solides imparfaits:

Défauts ponctuels dans les composés binaires. Désordres de Schottky-Wagner et de Frenkel. Notion de charge effective. Activité des défauts. Validité de la loi d'action des masses.

Les composés non-stœchiométriques. Cas des oxydes déficitaires en anions ou en cations. Comportement électrique des matériaux selon le type de désordre.

Effets des impuretés. Modification des propriétés électriques par insertion d'éléments de valence différente.

Conducteurs ioniques et électroniques par dopage. Énergies de formation des défauts.

Solides amorphes: l'état vitreux.

*Intervenants:* P. Berthet, N. Dragoe. TD: P. Berthet, R. Haumont

---

### **Chim 423: Matériaux hybrides et chimie bioinorganique (MAJEURE)**

*Volume horaire :* 50 h

*Crédits ECTS :* 5

*Prérequis :* Chimie inorganique de base

*Programme :*

Matériaux hybrides

Polymérisation inorganique, silice ou oxydes de métaux de transition par la méthode sol-gel

Structures mésoporeuses par polymérisation de la silice autour de templates organiques

Techniques de caractérisation des structures obtenues

Insertion de groupements actifs dans des matrices sol-gel ou mésoporeuses (colorants, nanoparticules magnétiques, groupements catalytiques)

Biomatériaux inorganiques

Chimie Bioinorganique

Ligands biologiques des ions métalliques : protéines et groupes spécifiques

Méthodes d'étude des ions métalliques dans les systèmes biologiques

Types de fonctions biologiques accomplies par des ions métalliques : transport d'électrons, transport du dioxygène, catalyse

Chimie du Fe(II), Fe(III), Fe(IV) : application à l'hémoglobine et au cytochrome P450

Importance du cytochrome P450 en pharmacologie

Chimie du Mn(II), Mn(III), Mn(IV), Mn(V) : Superoxyde Dismutase au Mn, Centre de Dégagement du Dioxygène dans l'appareil photosynthétique des plantes

Chimie biomimétique : catalyse d'oxydation, photosynthèse artificielle

*Intervenants :* Cours : A. Bleuzen, A. Aukauloo. TD : G. Fornasieri, A. Aukauloo

---

### **Chim 424 : Chimie pour l'énergie**

*Volume horaire :* 50 h

*Crédits ECTS :* 5

*Prérequis :* thermodynamique classique (macroscopique), chimie des solutions

*Programme :*

- Rappels de thermodynamique des solutions : activités, grandeurs de mélange, thermo-électrochimie.

- Notion de thermodynamique des phénomènes irréversibles : théorie d'Onsager, phénomènes de transport.

- Electrochimie du liquide : cinétique des processus mis en jeu lors d'une charge ou décharge d'un accumulateur.

Méthodes expérimentales de caractérisation.

- Electrochimie des solides : les piles à électrolyte solide, piles à combustibles et rechargeables.

*Intervenants :* Cours, TD, TP : S. Franger, P. de Oliveira, F. Audonnet.

---

### **Chim 426 : Structure électronique et physico-chimie des solides parfaits**

*Volume horaire :* 50 h

*Crédits ECTS :* 5

*Prérequis :* niveau L en atomistique, chimie quantique, notions de cristallographie

*Programme :*

-Introduction : Tendances générales entre liaisons chimiques et structures cristallographiques. Principe de techniques spectroscopiques d'étude des électrons dans les solides.

- Potentiels périodiques : Théorème de Bloch, bandes d'énergies, densités d'états.

- Modèle du gaz d'électrons libres ou faiblement liés. Application à l'étude des propriétés des métaux simples « s » et « s-p ».

- Méthode CLOA et méthode des liaisons fortes. Applications :

aux électrons d des métaux de transition. Tendances générales dans la variation des propriétés des métaux de transition (cohésion, compressibilité, propriétés structurales, électroniques et magnétiques).

aux composés unidimensionnels : chaînes inorganiques à base de métaux de transition (distorsions de Peierls, ondes de densités de charge, transitions métal-semiconducteur).

- Propriétés structurales, électroniques et physicochimiques de quelques grandes classes de solides : isolants covalents, isolants ioniques, semiconducteurs, composés binaires de métaux de transition (ligands « s » ou « s-p »)
- Limites du modèle de bandes. Notion de localisation électronique.

*Intervenants* : Cours: M. Gupta. TD : M. Gupta, J. Prigent

---

### **Chim 427 : Magnétisme moléculaire et du solide**

*Volume horaire* : 50 h

*Crédits ECTS* : 5

*Prérequis* : notions fondamentales d'atomistique, et de magnétostatique

*Programme* :

- Rappels de magnétostatique. Champ, induction, dipôle.
- Diamagnétisme, paramagnétisme, loi de Curie.
- Interaction d'échange au sein de complexes binucléaires, mécanisme
- Propriétés magnétiques de complexes à spin élevé
- Comportement de nanoparticules magnétiques, notion d'anisotropie
- Ferromagnétisme, point de Curie, loi de Curie-Weiss, cycle d'hystérésis.
- Antiferromagnétisme, ferrimagnétisme, température de Néel.
- Oxydes magnétiques. Pérovskites et spinelles.
- Matériaux magnéto-résistifs et supraconducteurs.

*Intervenants* : Cours (28h): P. Berthet (16h), T. Mallah (12h)

TD (22h) : P. Berthet (10h), A. Aukauloo (12h)

---

## Parcours Chimie organique

### **Chim 431 : Les réactions fondamentales pour la construction des architectures carbonées (Chimie organique II)**

Volume horaire : 51 h

Crédits

ECTS : 5

Prérequis : Chim 403 - Sélectivités en synthèse organique et chimie organométallique

Responsable : C. Kouklovsky

#### Programme :

Alkylation via les énolates et énamines

Formation des énolates, structure électronique, régiosélectivité, contrôle de la configuration *Z* et *E*

Influence du solvant et du cation sur la vitesse de formation des énolates

Alkylation

Enamines et metalloénamines

Addition conjuguées (ou de Michaël)

Addition de nucléophiles sur les accepteurs de Michaël.

Annélation de Robinson et réactions apparentées

Additions de Michaël avec les énamines

Aldolisation

Stéréosélectivité de la réaction d'aldostérone

Réactions apparentées

Réaction de Mannich

Synthèse des bases de Mannich

Réactions apparentées: réaction de Polonovski - Potier, de Robinson - Schöpf, de Pictet - Spengler et de

Bischler - Napieralski

Réactions péricycliques (règles de Woodward - Hoffmann)

Réactions électrocycliques

Réarrangements sigmatropiques: transposition de Cope et de Claisen,

Réarrangement (2,3)

Cycloadditions: réactions de Diels - Alder, inter et intramoléculaire, hétéro Diels - Alder.

Cycloaddition dipolaires (2+3)

Cycloadditions photochimiques

Ene - réaction et métalloène réaction

Réactions en série hétérocycliques

Synthèses multi-étapes

Intervenants : Cours : C. Kouklovsky ; TD : V. Alezra et G. Doisneau

Contrôle des connaissances : examen écrit

### **Chim 432 : Méthodes d'analyse moléculaire**

Volume horaire : 54 h

Crédits ECTS : 5

Prérequis : Chim 401

#### Programme :

**Spectrométrie de masse** : 12 h cours + 12 h TD

Description des principales méthodes d'ionisation: impact électronique, ionisation chimique, ionisation par électronébulisation, ionisation-désorption laser. Principes d'interprétation des spectres de masse et applications à la chimie organique.

**RMN**: 9 h cours + 9 h TD

RMN <sup>1</sup>H. Couplage et stéréochimie. Noyaux échangeables. Effet des équilibres chimiques sur les spectres. Phénomène de découplage. Analyse des spectres du second ordre.

RMN <sup>13</sup>C. Découplage large bande. Découplage hors-résonance. Introduction aux phénomènes de relaxation. Effet Overhauser nucléaire.

RMN 2D. Séquences d'impulsions. Méthodes DEPT, COSY, NOESY et INADEQUATE

**Chromatographies** : 12 h cours/TD

Théorie simplifiée de la chromatographie.

Chromatographie en phase gazeuse. Chromatographie liquide haute performance.  
Chromatographie ionique. Chromatographie d'exclusion stérique  
Optimisation d'une analyse. Analyse quantitative

Intervenants : *Cours* : G. Bouchoux, D. Merlet et S. Piguel ; *TD* : F. Berruyer, A. Meddour et S. Piguel  
*Contrôle des connaissances* : examens écrits

---

### **Chim 433 : Travaux pratiques de synthèse organique**

*Volume horaire* : 48 h

*Crédits ECTS* : 5

*Prérequis* : UE Chim 403, 404 et 431

*Programme* :

Applications pratiques des enseignements théoriques de chimie organique et analytique :

- Formation et réaction d'ylures de soufre et de phosphore
- Réductions sélectives
- Sélectivité dans la réaction de Diels-Alder
- Dédoublage cinétique enzymatique
- Aldolisation
- Addition asymétrique de Michaël utilisant une imine chirale

Intervenants : *L. Salmon, P. Pigeon, P. Berdagué et G. Doisneau*

*Contrôle des connaissances* : compte-rendus de manipulation

---

### **Chim 434 : Stratégies et outils en synthèse organique contemporaine (Chimie organique III)**

*Volume horaire* : 54 h

*Crédits ECTS* : 5

*Prérequis* : Chimie organique (réactions fondamentales et notion de sélectivité)

*Programme* :

**Production de molécules optiquement actives** : 15 h cours et 16,5 h TD

- Dédoublage
- Réactions diastéréosélectives (substrats chiraux)
- Réactions énantiosélectives (réactifs chiraux)
- Catalyse asymétrique

**Les hétéroéléments en synthèse organique** : 10,5 h cours et 12 h TD

- Phosphore
- Soufre
- Sélénium
- Silicium
- Étain
- Bore

Intervenants : *Cours* : J.-C. Fiaud et D. Bonnaffé ; *TD* : J.-Y. Legros, G. Doisneau, V. Alezra, N. Rabasso

*Contrôle des connaissances* : examens écrits

---

### **Chim 435 : Chimie Bioorganique et Bioinorganique**

*Volume horaire* : 51 h

*Crédits ECTS* : 5

*Programme* :

**Mécanisme des réactions enzymatiques** :

Introduction : la nature des enzymes, les effecteurs de la catalyse enzymatique. Mécanismes sans intervention de coenzymes : décarboxylases, aldolases, hydrolases. Mécanismes avec coenzymes : enzymes à thiamine, enzymes à pyridoxal, deshydrogénases et oxydases.

**Cinétique, inhibition et aspects stéréochimiques et synthétiques des réactions enzymatiques** :

-Bases de cinétique enzymatique utiles au chimiste (activité enzymatique, modèle de Michaelis-Menten, accélération enzymatique et état de transition).

-Inhibition réversible et irréversible des réactions enzymatiques ( inhibiteurs analogues de substrat ou de l'état de transition, marqueurs d'affinité et inhibiteurs suicides) et applications thérapeutiques (mécanisme d'action des médicaments anticancéreux, antibiotiques, anti-rétroviraux...).

-Bioconversions (ou utilisation des enzymes en synthèse organique) : discrimination énantiomérique et dédoublement cinétique enzymatique, discrimination énantiotopique et création de centres stéréogènes, exemples de synthèses enzymatiques industrielles.

#### **Chimie des métalloprotéines :**

Rôle du métal en biologie, méthodes physico-chimiques d'étude,

Métalloprotéines : rôles et mécanismes

Exemples (modulable): - transport de O<sub>2</sub>, hémoglobine, hemocyanine, hémérythrine  
- monooxygénases et peroxydases  
- enzymes à zinc

Chimie bio-inspirée : conception de mimes d'enzyme, anticorps catalytiques....

Intervenants : Cours/TD : M. Therisod, L. Salmon, J.-P. Mahy et C. Policar

Contrôle des connaissances : examen écrit

---

### **Chim 436 : Chimie et environnement**

Volume horaire : 48,5 h

Crédits ECTS : 5

Programme :

#### **Chimie des milieux naturels (27,5 h) :**

*Environnement et substances chimiques*

Environnement et écologie

Systèmes : Définitions, description, écosystème, biogéochimie.

Pollutions et polluants : Pollutions et nuisances, répartition des pollutions chimiques, polluants ou contaminants, rôle de l'homme sur l'environnement, principales causes de pollutions chimiques.

Cycles globaux des substances : Modèle simple d'un cycle, durée de vie des substances, introduction de substances dans l'environnement, comportement des substances dans l'environnement.

*Cycles des éléments C,N,P,S,O, métaux*

Introduction : effet des pollutions sur les cycles biogéochimiques. Le cycle du carbone, l'effet de serre.

Les cycles de l'azote et du phosphore : la dystrophisation.

Le cycle du soufre : les pluies acides.

Le cycle de l'oxygène : le trou dans la couche d'ozone.

Les cycles des métaux : Mercure, Plomb, Cadmium, Chrome, Arsenic.

#### **Méthodes d'analyse des polluants (10,5h) :**

Spectrométrie de masse isotopique appliquée à l'environnement.

Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) par fluorimétrie.

Dosage des dioxines par spectrométrie de masse haute résolution.

Dosage de l'arsenic à l'aide d'une torche à plasma PCI/SM et PCI/SEA.

Dosage des impuretés dans l'eau par chromatographie à échange ionique.

Dosage des polluants dans le sol à l'aide des radioéléments.

Dosage des polluants dans l'atmosphère par les spectroscopies optiques.

#### **Chimie verte (10,5h)**

Intervenants : Cours/TD : R. Paugam, A. Meddour et M.-C. Scherrmann ; TP : Cécile Sicard-Roselli ; Visite : R. Paugam et L. Salmon

Contrôle des connaissances : examens écrits et compte-rendus de TP et de visite

---

### **Chim 437 : Chimie des polymères**

Volume horaire : 49 h

Crédits ECTS : 5

*Prérequis* : chimie organique et cinétique de base. Ce cours fait suite et complète le cours de Licence où les notions de base, les relations entre structures et propriétés et les réactions de synthèse chimique par polycondensation et polymérisation en chaîne (essentiellement radicalaire) ont été introduites.

*Programme :*

Synthèse

Rappel polycondensation et polymérisation radicalaire. Aspects cinétiques des réactions de polycondensation et de la polymérisation radicalaire. Mécanismes des autres polymérisations en chaîne (anionique, cationique et coordination). Polymérisation par ouverture de cycle. Les copolymérisations : établissement du diagramme de composition de Lewis-Mayo. Polymérisation vivante et contrôlée. Distribution de Poisson.

Procédés de polymérisation

Polymérisation en masse, en solution, en dispersion, en suspension, en émulsion.

Grands polymères industriels.

Physico-chimie des polymères en solution

Statistique des chaînes. Notion de loi d'échelle. Solutions diluées et semi-diluées de polymères. Rayon de giration. Rappel masses molaires moyennes. Conditions  $\theta$ . Bon solvant. Conformation. Longueur de persistance. Les principales méthodes de caractérisation des polymères.

Mise en oeuvre

Propriétés thermomécaniques. Moulage (compression, injection). Extrusion. Les différents types de filage. Principaux additifs et charges servant à l'élaboration d'un matériau polymère.

Travaux Pratiques

Synthèse de polymères et de copolymères, composition des copolymères par IRTF et UV, caractérisation des masses molaires par viscosimétrie et chromatographie d'exclusion stérique, étude cinétique d'une réaction de polymérisation. Étude des propriétés de thermodurcissables et de thermoplastiques.

Intervenants : *Cours : P. Roger ; TD et TP : B. Lepoittevin*

*Contrôle des connaissances : examen écrit et compte-rendu de TP*

---

### **Chim 438 : Synthèse de produits naturels**

*Volume horaire : 49,5 h*

*Crédits ECTS : 5*

*Prérequis : chimie organique*

*Programme :*

#### **Chimie des sucres :**

La structure et la stéréochimie des sucres.  
Le carbone anomère et la liaison glycosidique.  
Conformation des mono et oligosaccharides.  
Rôle des sucres dans quelques processus biologiques et applications thérapeutiques.  
Stratégies de protection.  
Activation du carbone anomère.  
Synthèse chimique et enzymatique de glycosides.

#### **Chimie des lipides et dérivés :**

Aspects structuraux et de biosynthèse de quelques lipides  
Synthèse chimique de prostaglandines  
Synthèse chimique de leucotriènes  
Des lipides aux polyaromatiques par la voie polyacrylmalonate

#### **Chimie des nucléotides :**

Rappel de la structure et des propriétés des acides nucléiques  
Synthèse des nucléosides, puis des nucléotides  
Synthèse manuelle et automatisée des oligo-déoxyribonucléotides (ODN)  
Synthèse des oligo-ribonucléotides (ORN)  
Interaction des acides nucléiques avec les petites molécules

#### **Chimie des alcaloïdes :**

Introduction : chimie de l'azote  
Alcaloïdes : présentation générale : extraction, structures, rôle en chimie thérapeutique  
Alcaloïdes non indoliques : structure, biogénèse, synthèse  
Alcaloïdes indoliques : structure, biogénèse, synthèse

Intervenants : *Cours/TD : D. Bonnaffé, J.-M. Beau, J.-P. Mahy et C. Kouklovsky*

*Contrôle des connaissances : examen écrit*

## **Troisième année - 60 ECTS**

La troisième année du Magistère consiste en une scolarité normale de M2-Recherche ou M2 Professionnel.

Une dizaine de M2 couvrant de nombreux domaines de la Chimie sont proposés par l'université Paris-Sud 11 en co-habilitation avec l'ENS de Cachan. De nombreux autres M2 sont ouverts à l'université ou sur le campus de Cachan, ou dans d'autres universités.

Pour que soit validé un choix de M2 autre que ceux ci-dessous, l'autorisation préalable du professeur responsable de la troisième année est nécessaire.

### **Liste des M2 de la mention Chimie d'Orsay en co-habilitation avec Cachan :**

[M2 Compétences Complémentaires en Informatique \(M2 CCI\)](#)

[M2 Chimie Spé Pro Instrumentation et méthodes d'analyse moléculaire](#)

[M2 Spécialité professionnelle Pollutions chimiques et Environnement](#)

[M2 Master Mention Chimie Spécialité Recherche Chimie bio-organique bio-inorganique](#)

[M2 Master Mention Chimie Spécialité recherche : Chimie Inorganique : des nanosystèmes à la biologie](#)

[M2 Master Mention Chimie Spécialité Chimie organique](#)

[M2 Master Mention Chimie Spécialité recherche Physico-chimie moléculaire](#)

[M2 Master Mention Chimie Spécialité recherche Radiochimie](#)

Tout exemplaire de cette plaquette ou renseignements complémentaires peut être obtenu auprès du secrétariat pédagogique du Magistère de Physico-Chimie Moléculaire :

**Secrétariat du Magistère de Physico-Chimie Moléculaire :**

**Madame Stéphanie SOULHOL**  
**Bâtiment 490 - pièce 180 1<sup>er</sup> étage**  
**91405 – ORSAY cedex**  
**tél : 01 69 15 76 49**  
**fax : 01 69 15 42 76**  
**e-mail : [stephanie.soulhol@u-psud.fr](mailto:stephanie.soulhol@u-psud.fr)**

Coordonnées des responsables pédagogiques et des coordinateurs des centres d'Orsay et de Cachan:

***1<sup>ère</sup> année***

Michèle DESOUTER-LECOMTE  
*labo :* LCP, Bât 490  
*Tél :* 01 69 15 81 46  
*e-mail :* [michele.desouter@lcp.u-psud.fr](mailto:michele.desouter@lcp.u-psud.fr)

***2<sup>ème</sup> année***

**RESPONSABLES**

Dolorès GAUYACQ  
*labo :* LPPM, Bât 210  
*Tél :* 01 69 15 63 07  
*e-mail :* [dolores.gauyacq@u-psud.fr](mailto:dolores.gauyacq@u-psud.fr)

***3<sup>ème</sup> année***

Dolorès GAUYACQ  
*labo :* LPPM, Bât 210  
*Tél :* 01 69 15 63 07  
*e-mail :* [dolores.gauyacq@u-psud.fr](mailto:dolores.gauyacq@u-psud.fr)

**COORDINATEURS Orsay**

Nathalie ROUGEAU  
*labo :* LCAM, Bât 351  
*Tél :* 01 69 15 76 95  
*e-mail :* [nathalie.rougeau@u-psud.fr](mailto:nathalie.rougeau@u-psud.fr)

Laurent RUHLMANN  
*labo :* LCP, Bât 350  
*Tél :* 01 69 15 47-32  
*e-mail :* [laurent.ruhlmann@lcp.u-psud.fr](mailto:laurent.ruhlmann@lcp.u-psud.fr)

**COORDINATEURS Cachan**

Elena ISHOW  
*labo :* PPSM  
*Tél :* ENS CACHAN  
*e-mail :* 01 47 40 76 60  
[ishow@ppsm.ens-cachan.fr](mailto:ishow@ppsm.ens-cachan.fr)

Joanne XIE  
*labo :* PPSM  
*Tél :* ENS CACHAN  
*e-mail :* 01 47 40 53 39  
[joanne.xie@ppsm.ens-cachan.fr](mailto:joanne.xie@ppsm.ens-cachan.fr)

Pierre AUDEBERT  
*labo :* PPSM  
*Tél :* ENS CACHAN  
*e-mail :* 01 47 40 53 39  
[pierre.audebert@ppsm.ens-cachan.fr](mailto:pierre.audebert@ppsm.ens-cachan.fr)