

SOMMAIRE

ENSEIGNEMENTS THEORIQUES COMMUNS (COURS+TD)

- Anglais
- Espagnol
- Allemand
- Economie d'entreprise
- Analyse organique
- Analyse minérale
- Chimie organique
- Transfert - Bilan matière énergie
- Chimie du solide fondamentale
- Cristallographie
- Formulation
- Sécurité pour l'ingénieur chimiste
- Thermodynamique statistique
- Liaisons chimiques et spectroscopie
- Chimie macromoléculaire
- Opérations unitaires 1
- Opérations unitaires 2
- Réacteurs idéaux

TRAVAUX PRATIQUES COMMUNS

- Analyse minérale instrumentale
- Chimie organique
- Chimie macromoléculaire
- Génie des procédés et sécurité
- Informatique et instrumentation

UN PARCOURS AU CHOIX :

CHIMIE ORGANIQUE

Biochimie structurale - Chimie aromatique avancée - Chimie organique de spécialité - Chimie organométallique - Synthèse asymétrique - Travaux pratiques de spécialité

MATÉRIAUX

Cristallographie avancée - Chimie du solide de spécialité – Eléments de transition – Matériaux – Travaux pratiques de spécialité

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Chimie analytique industrielle - Dynamique des systèmes - Mécanique des fluides – Réacteurs non idéaux - Travaux pratiques de spécialité

PROJET PERSONNEL

MATIERE : ANGLAIS (42 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE :

Anne SOMMACAL, Professeur agrégé
Tél. : 03 89 33 68 97 / Mail : anne.sommacal@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Progrès dans les quatre compétences pour arriver à minima au niveau B2 et valider le score requis au TOEIC (785).

Mise en place d'habitudes personnelles de travail pour un apprentissage de la langue à long terme.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Développement de l'autonomie pour que l'anglais fasse partie du quotidien et soit constamment travaillé.

Exploration de domaines peu travaillés jusqu'alors par les élèves (notions d'anglais scientifique et technique, monde du travail et différences culturelles...).

Réflexion sur le monde contemporain à travers l'actualité.

Préparation au test du TOEIC.

Préparation à la recherche de stages et d'emplois (savoir parler de son expérience, rédiger un curriculum vitae, une lettre de motivation, se présenter à un entretien...).

A travers différents thèmes, mise en place et consolidation de vocabulaire et structures essentiels pour la communication courante, réflexion sur des aspects en lien direct avec le monde universitaire, le monde du travail, les sciences et techniques et les grandes problématiques de la société actuelle.

Détails du programme (non exhaustif)

Work : révision du vocabulaire de l'entreprise, réflexion sur les stages et le projet professionnel, dossiers de candidature et entretiens, vocabulaire des ressources humaines. Savoir décrire son profil, parler de son expérience et de ses projets

In the lab : verrerie. Présentation d'un 'lab report'.

Health and drug development : réflexion sur les problématiques dans le domaine de la santé et notamment de l'industrie pharmaceutique.

Alternative medicine

Science and globalization

Rédaction d'un 'Research Paper'.

Presentations

Debates

MATIERE : ESPAGNOL (32,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Felipe APARICIO, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 97 / Mail : felipe.aparicio@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Etre autonome dans les situations de la vie quotidienne et s'exprimer dans les situations sans complication de la vie professionnelle. Les quatre compétences sont développées tout au long de l'année. Autonomie en langue courante + début de spécialisation technique (B2-C1)

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Acquérir des termes spécifiques liés au monde de l'entreprise (organigramme, fonctions...)

Rédiger des textes de longueur moyenne sur des thèmes traités en cours (vie quotidienne ou professionnelle)

Suivre des reportages, participer à des débats

Faire des exposés sur des sujets divers (au choix de l'élève)

Révision de points grammaticaux

Applications

TV, magnétoscope, DVD Documents « El mundo » (Internet)

« Vocable »

« Gente de la calle »

« Socios y colegas »

« Socios dos »

Films espagnols et sud-américains

MATIERE : ALLEMAND (32,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Roland HENNER, Professeur agrégé

Tél. : 03 89 33 60 13 / Mail : roland.henner@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Acquisition de la langue qui corresponde à une réalité lue, entendue, comprise et parlée. Préparation à une intégration dans une équipe professionnelle. Capacité à comprendre et exprimer des idées de façon claire et rigoureuse aussi bien à l'oral qu'à l'écrit de manière à pouvoir faire face à presque toutes les situations qui peuvent surgir quotidiennement. Aptitude à comprendre une grande variété de types de textes et à exprimer des idées en argumentant afin de pouvoir débattre. Cela correspond au niveau B1/ B2 du cadre de référence européen.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Consolidation des bases grammaticales et lexicales indispensables à une maîtrise de la langue parlée.

Compréhension globale puis en détail de textes d'actualité socio-économique ou de divulgation scientifique et technologique avec exploitation pédagogique sur le lexique et les structures.

Compréhension d'enregistrements divers (interviews, dialogues, informations, etc.) exploités conformément aux objectifs linguistiques précis.

Communiquer en parlant à partir des textes et d'enregistrements : relater, expliquer, exprimer des idées en argumentant de manière efficace.

Expression écrite - sur la base de textes et d'enregistrements résumer et opiner - rédiger des lettres personnelles ou professionnelles. Rédiger un CV et une lettre de motivation.

Sources du matériel : presse écrite, revues (Vocable), le net, films récents en VO.

Applications (TD ou TP)

Activités en groupes : analyse, résumé et commentaires des textes. Exposés autour des sciences et découvertes.

Entraînements sur supports multiples (audio, vidéo, films) suivis de comptes-rendus

Débats, réflexions sur des sujets d'actualité (avenir des sciences, bioéthique, société, environnement, économie).

Activités ludiques contribuant à développer la spontanéité et le naturel dans l'expression orale.

Bibliographie

Méthodes, livres, manuels, dictionnaires, revues sont disponibles en consultation ou en prêt à la bibliothèque.

Auto-Formation

Des méthodes autodidactes audio et vidéo sont disponibles au Centre de Langues en Autoformation de l'UHA

MATIERE : ECONOMIE D'ENTREPRISE (12 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christian VIGOUROUX, Professeur agrégé

Tél. : 03 89 33 63 27 / Mail : christian.vigouroux@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

L'objectif de ce module est de familiariser les élèves avec le fonctionnement d'une entreprise et les enjeux qui en découlent, en tant qu'agent économique majeur. Les entreprises sont diverses, tant au niveau de leur structure que de leur finalité et des stratégies adoptées. Il est essentiel pour un élève ingénieur de connaître les fondamentaux de l'économie d'entreprise, afin de faciliter son intégration dans le monde professionnel.

Les compétences attendues en fin de module sont :

Savoir définir ce qu'est l'entreprise

Analyser son organisation, au travers des différentes typologies d'organisations et de structures

Savoir décrire son fonctionnement, au travers de ses différentes fonctions

Connaître les différents types de stratégies mises en œuvre sur les marchés

Appréhender l'importance de la culture d'entreprise

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Rappels historiques et présentation de l'entreprise aujourd'hui

Organisation et structures d'entreprise

Les grandes fonctions dans l'entreprise

La stratégie d'entreprise

La culture d'entreprise

MATIERE : ANALYSE ORGANIQUE (19 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Claude LE DRIAN, Professeur

Tél. : 03 89 60 87 91 / Mail : claudel.drian@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

L'enseignement a pour but de donner le minimum théorique indispensable à la compréhension des techniques d'analyse puis de familiariser l'élève, par de nombreux exemples, à la détermination de structures à l'aide de la spectroscopie.

Pratique de la détermination de structure à l'aide des spectroscopies. Interprétation de spectres.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Infra-Rouge

- Présentation : vibrations moléculaires. Loi de Hooke. Intensité des absorptions. Principes de mesure : appareils à double faisceau et à transformée de Fourier.
- Bandes d'absorption : caractéristiques des grandes fonctions de la chimie organique.

RMN Proton

- Théorie succincte : nombres quantiques de l'électron et du noyau. Fréquence de précession de Larmor. Énergie mise en jeu. Le paramagnétisme nucléaire. Notions de temps de relaxation.
- Le déplacement chimique : diamagnétisme, paramagnétisme, anisotropie diamagnétique et influence des groupes voisins. Déplacements chimiques usuels.
- Les couplages : analyse du premier ordre, triangle de Pascal. Les constantes de couplage, 2J, 3J, courbe de Karplus, 4J, 5J. Effets de toit et limites de l'analyse du premier ordre.
- Équivalence des protons : équivalence de déplacement chimique, équivalence magnétique. Équivalences par symétrie, protons homotopes, énantiotopes et diastéréotopes. Équivalence par interconversion rapide.
- Expériences particulières : découplage et effet nucléaire Overhauser (nOe).
- Phénomènes rapides en RMN : effet sur les couplages. Échanges intermoléculaires. Cas des alcools.
- Influence des hétéroatomes : effets des liaisons H. Influence des hétéroatomes sur les protons voisins : cas du deutérium, du fluor, du phosphore et de l'azote.
- Conclusion : l'imagerie par résonance.

RMN Carbone 13

- Principe, sensibilité. Couplages C-H, spectres BB.
- Intensité des différents carbones en fonction de leur substitution, temps de relaxation longitudinale, nOe.
- Attribution des signaux, utilisation des tables d'incrémentations, signal du solvant deutéré.

Spectrométrie de masse

- Présentation, appareillage : les différents spectromètres et modes d'ionisation. Le spectre de masse : ions, effets isotopiques, masse exacte d'un ion. L'ion moléculaire.
- La fragmentation : cations ordinaires, cations radicaux. Structure électronique des ions radicaux. Détermination des mécanismes de fragmentation. Réarrangement de McLafferty et autres réarrangements.
- Mise en évidence expérimentale des filiations d'ions : techniques MS/MS.

MATIERE : MÉTHODES ANALYTIQUES (18,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE :

Sophie DORGE, Maîtres de conférences

Tél. : 03 89 33 68 29 / Mail : sophie.dorge@uha.fr

Stéphanie FREITAG, Maîtres de conférences

Tél. : 03 89 33 68 26 / Mail : stephanie.freitag@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

L'enseignement d'analyse minérale a pour objectif de donner aux élèves les bases théoriques et pratiques nécessaires à la compréhension et à l'apprentissage des principales méthodes d'analyses instrumentales utilisées dans le milieu industriel. Les notions fondamentales et les principes rattachés aux différentes méthodes et techniques sont développés afin de comprendre les phénomènes observés. Il s'agit également d'utiliser les notions fondamentales acquises pour les appliquer à la pratique de l'analyse.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Méthodes de Séparation

Introduction à la chromatographie

Chromatographie en phase gazeuse, chromatographie liquide haute performance, électrophorèse capillaire

Spectroscopie Atomique et Emission atomique

Introduction aux méthodes spectroscopiques atomiques

Les composants des instruments d'optique, spectrométrie d'absorption atomique, spectrométrie d'émission atomique ICP-OES

Spectroscopie Moléculaire

Introduction à la spectrométrie d'absorption moléculaire dans l'ultraviolet et le visible

Application de la spectrométrie moléculaire dans l'ultraviolet et le visible

Spectroscopie infrarouge et Raman

Méthodes d'analyse thermique

DSC

DMA

ATG...

MATIERE : CHIMIE ORGANIQUE 25,5 h

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Hélène CHAUMEIL, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 64 / Mail : helene.chaumeil@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Cet enseignement est la suite de celui dispensé en première année. Il doit permettre l'approfondissement des connaissances de base de la chimie organique en s'appuyant essentiellement sur les concepts mécanistiques. Il se termine par une initiation à l'utilisation des groupements protecteurs en synthèse organique.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Additions électrophiles révisions et compléments

Réactions de cycloaddition et réactions apparentées

La réaction de Diels-Alder. Les ènes réactions. Les cycloadditions [3+2]. Les cycloadditions [2+2]. Cycloadditions 1,3-dipolaires.

Substitutions électrophiles aromatiques

Généralités. SEAr avec les électrophiles de type hétéroatome. Alkylation de Friedel-Crafts. Formation d'une liaison Ar-C-OH par SEAr. Acylation de Friedel-Crafts.

Substitutions nucléophiles aromatiques

Mécanisme faisant intervenir un cation aryl. Mécanisme faisant intervenir des intermédiaires analogues aux complexes de Meisenheimer. Mécanisme faisant intervenir un intermédiaire d'aryne : substitution cine.

Oxydation-Réductions

Oxydation des différentes fonctions organiques. Réduction des différentes fonctions organiques.

Transpositions moléculaires

Transposition des systèmes déficients en électrons. Transpositions anioniques. Migration des doubles et triples liaisons.

Réactivité des carbènes et des nitrènes

Généralités. Synthèse des carbènes. Réactivité des carbènes. Les nitrènes.

Les réactions radicalaires

Généralités. Les réactions radicalaires.

Les groupes protecteurs en chimie organique

Protections des liaisons C-H. Protection des liaisons carbonées multiples. Protection de la fonction alcool. Protection des aldéhydes et des cétones. Protection des phénols. Protection de la fonction thiol. Protection des acides carboxyliques. Protection des amines.

MATIERE : TRANSFERT - BILAN MATIERE ET D'ENERGIE (28,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE :

Hamid ALEBOYEH, Professeur

Tél. : 03 89 33 68 31 / Mail : hamid.aleboyeh@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Connaître les différents types de transfert d'énergie et les mécanismes de transfert. Transfert thermique sans le transfert de matières (Conduction). Transfert thermique à l'aide de transfert de matières (Convection). Transfert thermique par rayonnements. Applications aux échangeurs thermiques. Calcul des pertes thermiques pour les installations industrielles et dans les habitations. Mieux cerner les problèmes liés aux calorifugeages industriels.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Transferts thermiques : conduction

Surfaces isothermes, flux de chaleur, équation de la chaleur

- Régime Permanent : résolution de l'équation avec ou sans source de chaleur, cas des symétries cylindriques et sphériques, cas des matériaux composites.
- Régime transitoire : séries de Fourier.

Rayonnement

Nature du rayonnement. Le rayonnement et les corps solides opaques, lois du rayonnement du corps noir, définition et propriétés énergétiques du corps noir, loi de Lambert, formule de Planck, loi du déplacement de Wien, loi de Stéphan-Boltzman, le rayonnement des corps réels, facteur d'émission total d'une surface, émission spectrale d'une surface, la transmission des corps réels, la loi de Kirchhoff.

Transferts de matière et d'énergie : convection

Convection forcée et convection naturelle, propriétés des fluides, régimes d'écoulement, coefficient d'échange thermique, recherche de la loi de la convection par l'analyse dimensionnelle, le nombre de Reynolds, le nombre de Nusselt, le nombre de Prandlt, écoulement de la chaleur en régime laminaire, écoulement de la chaleur en régime turbulent.

Echangeurs de chaleur

Principaux types, distribution des températures, méthodes de calcul d'un échangeur, performances théoriques, coefficients d'échange, efficacité.

MATIERE : CHIMIE DU SOLIDE (8 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Angélique SIMON, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 75 / Mail : angelique.simon-masseron@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Cet enseignement a pour objet d'apporter aux élèves un certain nombre de connaissances de base de chimie du solide. Le thème abordé est la cristallographie (description des principaux types structuraux, relations entre type de liaison et structure, défauts structuraux).

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Les principaux types structuraux

Structures compactes (hexagonal compact, cubique faces centrées) et non compactes (cubique simple, cubique centrée). Quelques types importants de structures : NaCl, CsCl, blende, pérovskite, spinelle, rutile... Description des différents sites interstitiels.

Relations entre liaison et structure des solides : nature des liaisons ; structures ioniques : règle du rapport des rayons, énergie réticulaire, cycle de Born-Haber... ; structure iono-covalentes : modèle de Sanderson.

Structures et défauts

Défauts et non-stoechiométrie : défauts ponctuels - Schottky, Frenkel - centres colorés ; défauts dans des composés non stoechiométriques ; défauts linéaires, dislocations ; défauts plans et tridimensionnels.

MATIERE : CRISTALLOGRAPHIE (14,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Jean-Marc LE MEINS, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 73 / Mail : jean-marc.le-meins@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

La compréhension que l'humanité a de la nature matérielle du monde repose, en particulier, sur la connaissance de la cristallographie. L'enseignement de la cristallographie et de ses applications est essentiel pour relever des défis tels que les maladies et les problèmes liés à l'environnement. Elle est omniprésente dans la vie quotidienne, dans la production pharmaceutique moderne, la nanotechnologie et la biotechnologie. Elle est à la base de l'élaboration de tous les nouveaux matériaux, allant du dentifrice aux éléments d'avion. La cristallographie apporte les outils nécessaires à la résolution de problèmes liés à la structure des solides organisés dans de nombreux domaines.

Les objectifs de cet enseignement sont multiples :

- Introduction des concepts de base de la cristallographie afin de transmettre les outils fondamentaux pour décoder un article scientifique utilisant les groupes d'espace.
- Sensibilisation à la corrélation structure-propriété de la matière (capacité à se projeter à l'échelle atomique ; interprétation microscopique des propriétés physiques macroscopiques isotrope ou anisotrope).
- Acquisition de compétences transverses permettant une meilleure compréhension d'autres disciplines en relation avec l'état solide.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Rappel des notions de motif et de réseau : la structure cristalline.

Symétrie translatoire, symétrie ponctuelle et introduction des classes cristallines.

Projection stéréographique, classification des classes cristallines : les systèmes cristallins.

Les clefs pour comprendre la notation Hermann-Mauguin (notation du système international).

Introduction aux systèmes réticulaires et réseaux de Bravais 3D.

Mise au point entre systèmes réticulaires et systèmes cristallins.

Introduction de la symétrie de glissement (axes hélicoïdaux, plans de glissement sans les miroirs diamants).

Synthèse des trois symétries (translatoire, ponctuelle et de glissement) : la symétrie de position.

Introduction aux groupes d'espace tridimensionnels.

Détermination expérimentale des groupes d'espace sur la bases des conditions d'existence observées sur les réflexions collectées lors de l'enregistrement d'un monocristal (ou d'une poudre).

MATIERE : FORMULATION (9 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Clorinthe LABBE, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 67 50 / Mail : clorinthe.labbe@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Découvrir un des domaines appliqués de la chimie intitulé formulation à travers un ingrédient presque incontournable : le tensioactif et son rôle dans les émulsions. Ces bases générales sur les milieux dispersés sont suivies par la présentation de formulations de lessives et de peintures.

Appréhender le rôle complexe de l'ingénieur en formulation qui doit être capable de travailler selon un cahier des charges (contraintes marketing, environnementale, performance du produit), de réfléchir en termes de relations structure-propriétés, et d'analyser les différentes interactions entre les ingrédients d'une formulation.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Introduction : la formulation

Notion de performance - Notion de stabilité - L'aspect - L'impact sur l'environnement

Les agents de surface

Définition - Les différents types d'agents de surface et leurs principales applications (les AS anioniques, les AS non ioniques, les AS cationiques, les AS amphotères)- Propriétés interfaciales - La concentration micellaire critique - La température de Kraft - Le Point Trouble

Emulsions

Généralités sur les émulsions - Rôle des AS - Théorie HLB (Griffin, Davies, Rimlinger) - Emulsions obtenues par inversion de phase - Emulsions Pickering

Formulation de lessive

Tests liés à la détergence - Cahier des charges - Formulation de lessive en poudre - Détergents liquides- Lessives liquides concentrées

Formulation de peinture

Généralités sur les peintures et définitions - Les différents types de peinture - Les solvants - Les pigments - Les charges - Adjuvants divers - Modes de formation du film - Peintures latex- Caractérisation des peintures.

MATIERE : SECURITE POUR L'INGENIEUR CHIMISTE (18 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Stéphanie FREITAG, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 26 / Mail : stephanie.freitag@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Sensibiliser les élèves ingénieurs aux différents points concernant la sécurité en entreprise.

Notions de base en matière de responsabilités civiles et pénales.

Notions de base en matière de réglementations françaises des entreprises.

Etre capable de mettre en œuvre les outils d'analyse des risques.

Etre capable d'exploiter les renseignements fournis par les études de sécurité.

Comprendre les objectifs et les conséquences d'une étude thermique de sécurité des procédés.

Comprendre les domaines d'application et d'utilité du diagramme de Semenov.

Comprendre la signification et les conséquences des tailles critiques et du temps d'induction pour la gestion des stocks (au sens de Frank-Kamenetskii).

Etre capable d'identifier un composé dangereux.

Pouvoir prendre les mesures de protection nécessaires et adéquates face à un produit toxique.

Comprendre les valeurs limites de toxicologie, les transposer en actions concrètes au sein de l'entreprise.

Ces objectifs visent à développer les compétences suivantes :

- Aptitude à la réalisation des documents de sécurité en cohérence avec les principales réglementations.
- Aptitude à faire réaliser des études de sécurité cohérentes adaptées aux problèmes de sécurité dans une entreprise.
- Evaluation des résultats fournis par les études de sécurité.
- Aptitude à protéger les personnes et les informer face à un danger et à un risque toxique.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

BESST :

Enjeux de la prévention (humains, sociétaux, juridiques, économiques...)

Accidents du travail et leurs différents indicateurs (indices de fréquence, de gravité, taux...)

Tableaux d'évolution - Maladies professionnelles - Démarche globale de prévention - Moyens de prévention, acteurs internes de la prévention, interlocuteurs externes - Mécanismes à l'origine des accidents - Risques et dangers, identifications - Situations critiques, composantes du risque - Protection et prévention

EvRP : évaluation des risques professionnels - Arbre des causes

Sécurité de la réaction :

Différents types d'énergies que rencontre le chimiste (chimique, thermique, mécanique, électrique, de surface...) - Importance des échanges thermiques - Réacteurs agités et étude de leurs emballements - Emballément thermique des stocks - Aspects économiques de la sécurité - Importance de la qualité du produit dans la sécurité

Toxicologie :

Danger et risque - Historique - Définitions des limites toxicologiques - Voies d'exposition - Devenir du toxique - Métabolismes - Différentes toxicités (aigues, directes...) - Antidotes.

MATIERE : THERMODYNAMIQUE STATISTIQUE (17,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Xavier ALLONAS, Professeur

Tél. : 03 89 33 50 11 / Mail : xavier.allonas@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

L'objectif de ce cours est d'acquérir une connaissance des processus moléculaires qui régissent la réactivité des réactions (principalement organiques) en milieu condensé. Par une meilleure compréhension des facteurs prédominants, il est plus aisé de comprendre et de prédire l'efficacité et le rendement des réactions, ainsi que de mieux maîtriser l'évolution des processus.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Application de la thermodynamique à un processus cinétique

Théorie de l'état de transition

Paramètres d'activation - Postulat de Hammond Mécanismes réactionnels - Chemins réactionnels
- Corrélation structure/réactivité - Equation d'Hammett Effets de solvants - Thermodynamique de la solvation Effet cinétique isotopique - Effets stériques

Cinétiques des réactions organiques photochimiques

MATIERE : LIAISONS CHIMIQUES ET SPECTROSCOPIE (12,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Jacques LALEVEE, Professeur

Tél. : 03 89 60 88 03 / Mail : jacques.lalevee@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Acquérir les connaissances nécessaires à la compréhension de la formation des liaisons chimiques, des édifices moléculaires, de l'organisation atomique, de la réactivité chimique ainsi que des différentes techniques spectroscopiques.

Les objectifs regroupent plus particulièrement :

- Connaissances de la mécanique quantique nécessaires pour un jeune diplômé
- Quantification des niveaux d'énergie et utilisation en spectroscopie
- Approche physico-chimique pour la liaison chimique, de la réactivité chimique et des propriétés moléculaires
- Bases théoriques sur les différentes techniques de spectroscopie
- Assimiler les bases de la mécanique quantique
- Avoir une vision moderne de la liaison chimique
- Connaître les grands types de spectroscopies
- Mieux comprendre des outils modernes comme la modélisation moléculaire

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Généralités (quantification des niveaux d'énergie, orbitales moléculaires...)

Spectroscopie UV- Visible (Introduction : Absorption et émission ; Principe de Franck Condon ; Surfaces d'énergie potentielle ; Transitions caractéristiques ; états excités ; Rendements quantiques ; processus photochimiques ; Spectroscopie d'émission UV- Visible ; fluorescence/Phosphorescence)

Spectroscopies des mouvements moléculaires (Spectroscopie d'absorption IR ; Spectroscopie de rotation pure ; Spectroscopie de diffusion Raman)

Spectroscopies magnétiques (Interaction matière/champ magnétique ; spectroscopie RPE, simulation de spectres RPE, lien avec la réactivité chimique, relation structure/réactivité...)

MATIERE : CHIMIE MACROMOLECULAIRE (26,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christelle DELAITE, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 15 / Mail : christelle.delaitte@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Ce cours vient en complément du cours de semestre 1. Il s'agit de compléter la formation en synthèse macromoléculaire (polymérisation radicalaire contrôlée, méthathèse...), en allant jusqu'aux différentes méthodes permettant l'obtention de copolymères à blocs. Certaines propriétés physiques des matériaux polymères sont abordées.

A l'issue des cours de chimie macromoléculaire, l'ensemble des techniques de synthèse de polymères auront été abordées. Les propriétés et applications principales des matériaux polymères (en allant jusqu'aux matériaux composites) auront été présentées.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Polymérisation anionique

Introduction - Polymérisation anionique des monomères vinyliques - Polymérisation des hétérocycles - Détermination expérimentale des constantes de vitesse - Polymérisation par transfert de groupe

Polymérisation cationique

Introduction - Polymérisation cationique des monomères vinyliques - Polymérisation cationique des hétérocycles

Synthèse de copolymères à blocs

Synthèse à partir de centres actifs stables : cas des systèmes vivants - Synthèse à partir de centres actifs non isolables - Synthèse par condensation (couplage) - Modification de la nature du centre actif - Synthèse de copolymères greffés - Quelques exemples d'applications : copolymères industriels

Polymérisation des diènes

Introduction - Copolymérisation d'un diène à groupes vinyle indépendants avec un monomère vinylique de même réactivité - Polymérisation des diènes conjugués - Cyclopolymérisation des 1-6 heptadiènes - Vulcanisation des élastomères

Modification chimique des polymères

Principales réactions sur les polymères - Isomérisations - Chélation - Substitutions - éliminations - Estérification et hydrolyse - Réduction - Oxydation sélective - Réactions de Friedel et Craft - Sulfonation - Additions - Réactivité des fonctions chimiques portées par les polymères

Mise en œuvre des polymères

Formulation - Techniques de mise en œuvre des thermoplastiques - Mise en œuvre des thermodurcissables

Propriétés physiques des polymères

Propriétés optiques - Perméabilité - Propriétés électriques - Mélanges de polymères

Comportement des polymères à long terme

Vieillessement physique - Vieillessement thermique - Oxydation - Vieillessement climatique

MATIERE : OPERATIONS UNITAIRES 1 (13 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Hamid ALEBOYEH, Professeur

Tél. : 03 89 33 68 31 / Mail : hamid.aleboyeh@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Connaître les différents types d'opérations unitaires utilisées en industrie en particulier les industries utilisant les réacteurs bi ou tri phasique (gaz, liquide, solide).

Les opérations unitaires comme : agitation dans des réacteurs mono ou bi phasique, décantations, sédimentations, filtrations, fluidisations.

Dimensionner une installation industrielle. Calcul des réacteurs mono- ou biphasiques.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Agitation

Puissance d'agitation, débit de pompage et de circulation, analogie agitateur pompe, les différents types de mobiles, temps de mélange.

Opérations unitaires des systèmes hétérogènes

Caractéristiques des particules solides, méthodes de mesures des dimensions des particules, facteur de forme et sphéricité, Mouvement des particules solides libre dans un milieu fluide statique ou dynamique.

Décantation en milieu dilué et en milieu concentré

Fluidisation

Analyse des forces sur une particule, vitesse minimale pour fluidisation, différent régime de fluidisation.

Filtration

Caractéristiques de couches solides, les théories de filtration, filtration sur support, filtration sous pression constante, filtration à débit constant.

Cristallisation

Germination ou nucléation, croissance ou nourrissage des cristaux.

MATIERE : OPERATIONS UNITAIRES 2 (16,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christian PILIERE, Solvay

Tél. scolarité : 03 89 33 68 14 / Mail : scolarite.enscmu@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Cet enseignement a pour but de donner les bases théoriques de deux opérations unitaires principales : la distillation et l'extraction liquide/liquide. Il développe les méthodes classiques utilisées pour la résolution de telles opérations et décrit les principales technologies utilisées pour réaliser ces opérations. Enfin il décrit le fonctionnement des unités industrielles.

Connaissance des méthodes classiques de résolution d'opérations de distillation et d'extraction liquide/liquide. Connaissance des équipements utilisés pour la réalisation industrielle de ces opérations. Connaissance des conditions de fonctionnement des installations industrielles.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

DISTILLATION

Equilibre liquide-vapeur : représentation des équilibres liquide-vapeur. Isobares d'ébullition et de rosée... **Bases de la distillation** : vaporisation simultanée de liquides non miscibles et de mélange idéaux. **Principes de la distillation fractionnée** : description d'une distillation fractionnée d'un mélange binaire idéal - Représentation graphique - Cas des mélanges non-idéaux - Azéotropes-hétéroazéotropes - Diagramme des titres molaires (Courbe d'équilibre isobare). Diagrammes enthalpie - composition pour un mélange binaire. **Installation de distillation fractionnée** : description et fonctionnement d'une installation de distillation fractionnée - notion d'étage théorique ; fonctionnement à reflux total - méthode de résolution graphique de McCabe et Thiele - méthode de résolution graphique de Ponchon et Savarit. **Distillation discontinue** : description ; résolution graphique. **Opérations particulières de distillation** : rectification extractive. Rectification hétéroazéotropique - homoazéotropique - rectification réactive ; absorption. Stripping. **Notion d'étage théorique** : notion d'étage théorique pour les colonnes à plateaux. Efficacité des plateaux - notion d'étage théorique pour les colonnes à garnissage. Notion d'HETP - notion d'unité de transfert. **Technologie** : critères de choix. **Colonnes à garnissage et à plateaux** : description et fonctionnement. Les différents internes de colonnes. Différents types. Bases de dimensionnement. Limites de fonctionnement... **Contrôle, régulation** : contrôle d'une colonne à distiller. Les différents paramètres à contrôler - Régulation de niveau, pression, chauffe - Contrôle de la pureté des produits. Température sensible.

EXTRACTION LIQUIDE-LIQUIDE

Généralités : principe de l'extraction liquide-liquide - Différents types d'extraction liquide-liquide. Contraintes industrielles : objectifs d'une opération d'extraction liquide-liquide - Etapes principales d'une opération d'extraction liquide-liquide - Exemple de schéma blocs d'une installation d'extraction L/L. **Equilibres et représentation des équilibres** : équilibres. Types de solvants. Choix du solvant - Représentation sur diagramme triangulaire. Diagramme de Janecke. **Opérations successives** : opération simple. Opérations multiples à courants croisés ou à contre-courant - Méthodes de résolution de Ponchon et Savarit et de McCabe et Thiele. Limites de performance. **Technologie** : différents types d'installation - Mélangeurs-décanteurs. Colonnes. Colonnes avec système d'agitation...

MATIERE : REACTEURS IDEAUX (15 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christophe SERRA, Enseignant-chercheur de l'ECPM

Tél. scolarité : 03 89 33 68 14 / Mail : scolarite.enscmu@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Présentation des bases du Génie de la Réaction Chimique

Définition des grandeurs et relations décrivant de manière quantitative le système où se déroule la réaction chimique. Définition des paramètres de composition et évolution du mélange en fonction du type de réacteur et de réaction.

Rappels de cinétique chimique

Développement des équations de bilan matière en fonction du type de cinétique

Présentation des différents types de réacteurs idéaux et équations de performances

Approche qualitative des phénomènes

Traitement quantitatif, définition, calcul et dimensionnement de réacteurs idéaux

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Génie de la réaction chimique : méthodologie de conception des réacteurs – définitions et critères de classification

Évolution des Systèmes réactionnels -Stœchiométrie - Bilans de matière : composition d'une phase isolée : système fermé - composition d'une phase en écoulement convectif : système ouvert - état de référence - stœchiométrie et avancement d'une réaction simple - stœchiométrie et avancement des réactions composites - tableau stœchiométrique - évolution du volume, du débit, des concentrations et des pressions partielles en fonction des avancements

Cinétique chimique : définitions - loi de vitesse - débits de production et de consommation chimiques de constituants - détermination pratique des grandeurs cinétiques dans un réacteur fermé - temps de demi-vie

Les réacteurs idéaux : équations générales de bilan des réacteurs idéaux - le réacteur fermé uniforme (ou réacteur batch) - réacteurs ouverts en régime permanent : réacteur continu parfaitement agité en régime permanent, réacteur piston.

TRAVAUX PRATIQUES COMMUNS

TP ANALYSE MINERALE INSTRUMENTALE (82,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Sophie DORGE, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 29 / Mail : sophie.dorge@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Utiliser et manipuler les différentes méthodes d'analyses élémentaires et moléculaires rencontrées dans l'industrie, en utilisant les bases fondamentales des Méthodes séparatives, spectrales et thermiques.

Savoir dans la pratique programmer, réaliser et interpréter des manipulations.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Les travaux pratiques abordés sont classés en plusieurs domaines, chaque binôme d'élèves abordera 6 de ces 7 domaines :

Méthodes thermiques : analyse thermique différentielle, calorimétrie différentielle, thermogravimétrie

Polarographie

Méthodes de séparation : chromatographie en phases liquide et gazeuse, électrophorèses capillaires

Spectrométries moléculaires : fluorimétrie, UV-visible, proche infra rouge, Infra rouge

Spectrométries élémentaires de flamme : absorption atomique, émission de flamme

Analyse de l'eau : Karl Fisher (volumétrique et coulométrique)

Potentiométrie : potentiométrie automatique, électrode spécifique

TRAVAUX PRATIQUES COMMUNS

TP CHIMIE ORGANIQUE (64 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Delphine JOSIEN, Maître de conférences

Tél. : 03 89 60 88 51 / Mail : delphine.josien@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Acquisition des techniques propres à la chimie organique,

Autonomie dans la réalisation d'une synthèse (mono ou multi stade) : de la préparation des réactifs à la caractérisation des produits obtenus,

Initiation à la recherche bibliographique,

Mise au point de stratégies différentes de synthèse en cas d'échec, analyse critiques des résultats, Propositions d'amélioration.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Travail de bibliographie relatif au programme des synthèses proposées. Contrôle de la pureté des réactifs de départ

Préparation des manipulations délicates (séchage des solvants et réactifs, préparation de solutions neutralisantes...).

Synthèses mono-étapes en conditions anhydres (25h) : à partir de modes opératoires sélectionnés par l'équipe pédagogique dans un éventail de 30 possibilités

Synthèses multi étapes (65h) : mise en œuvre de 2 synthèses « en cascades ». Modes opératoires fournis

Analyse

Spectroscopie d'absorption infrarouge et ¹H RMN : mise en œuvre des techniques sur les produits synthétisés et interprétation des spectres.

TRAVAUX PRATIQUES COMMUNS

TP CHIMIE MACROMOLECULAIRE (35 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Guy HURTREZ, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 13 / Mail : guy.hurtrez@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Ces travaux pratiques sont complémentaires au cours de chimie macromoléculaire dispensé en première année. L'élève s'initie, au cours des travaux pratiques, aux principales techniques de polymérisation. L'élève aura acquis des compétences en polymérisation radicalaire (en solution, en émulsion, copolymérisation) et en polycondensation ainsi que des notions sur le comportement en traction des polymères. Il aura également découvert le fonctionnement et l'utilisation de la « Size Exclusion Chromatography ».

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Les élèves effectuent 5 journées de travaux pratiques en chimie macromoléculaire :

- Essais mécaniques afin d'appréhender la physico-chimie des polymères.
- Polycondensation de l'acide amino-undécanoïque - détermination des degrés de polymérisation.
- Polymérisation en émulsion du styrène - détermination de l'ordre par rapport au tensio-actif.
- Etude de la cinétique de polymérisation du styrène par dilatométrie. Influence de différents paramètres (température, concentration, nature de l'amorceur...).
- Copolymérisation du styrène avec le méthacrylate de méthyle - détermination des rapports de réactivité.

TRAVAUX PRATIQUES COMMUNS

TP GENIE DES PROCEDES ET SECURITE (35 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Hamid ALEBOYEH, Professeur (génie des procédés)

Tél. : 03 89 33 68 31 / Mail : hamid.aleboyeh@uha.fr

Anne-Sophie SCHULLER, Maître de conférences (sécurité)

Tél. : 03 89 33 50 32 / Mail : anne-sophie.schuller@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES - GÉNIE DES PROCÉDÉS

Faire le lien entre les notions vu en cours de Transferts bilans de matières et d'énergies et le cours d'Opérations unitaires. Savoir manipuler et exploiter des données pour des réacteurs en cascade, des réacteurs de fluidisations pour séchages, des installations d'échange thermique, couplées ou non par des pompes et installations de mécanique des fluides.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE - GÉNIE DES PROCÉDÉS

Filtration

Agitation

Fluidisation (Solides par des Liquides)

Fluidisation (Solides par des Gaz)

DTS (Détermination de temps de séjour)

Cristallisation

Mécanique des fluides (Air)

Mécanique des fluides (Eau)

Extraction Liquide /Liquide

Distillation

Réacteur (Régulation, Contrôle et commande)

Transfert thermique et échangeur

OBJECTIFS ET COMPETENCES - SÉCURITÉ

Travaux pratiques consacrés aux peroxydes, molécules très largement utilisées dans l'industrie chimique et notamment dans le domaine des composites. Sur une journée de 7h, l'objectif est d'apprendre à les connaître, les manipuler et les utiliser :

- Faire le lien entre les notions vues en cours de sécurité.
- Acquérir les connaissances nécessaires sur les peroxydes et leur utilisation.
- Savoir manipuler et exploiter des données pour comprendre le rôle de chacun des composants.
- Savoir lire une fiche de données sécurité.
- Savoir travailler en groupe.
- Connaître les dangers des poussières.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE - SÉCURITÉ

Le TP se déroule sur une journée et se décompose en 4 parties.

- Formation sur les peroxydes. La formation se fait sur ordinateur connecté à internet. Des vidéos sont à regarder, des documents sont à lire et la formation E-learning est à valider.
- Réactivité des peroxydes. Les peroxydes seront utilisés pour fabriquer différents types de matériaux.
- Analyse thermique par DSC. Via la DSC, les élèves peuvent suivre l'avancement d'une réaction mais aussi caractériser la température d'activation d'un ou plusieurs peroxydes.
- Explosion de poussière. Dans cette partie, différentes poudres sont utilisées et les élèves peuvent observer leur comportement lors d'une explosion dans le tube de Hartmann.

Evaluation sous forme d'un rapport répondant aux différentes questions demandées dans le document de TP. Le comportement de l'élève et la qualité rédactionnelle du rapport sont pris en compte.

Les différents documents utilisés pour la mise en place du TP et pour sa bonne compréhension sont disponibles dans le cours Moodle cité ci-dessus.

TRAVAUX PRATIQUES COMMUNS

TP INFORMATIQUE ET INSTRUMENTATION (35 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Cornélius SCHONNENBECK, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 61 73 / Mail : cornelius.schonnenbeck@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Conférer les compétences nécessaires pour : comprendre, évaluer, concevoir les logiciels complexes d'analyse instrumentale modernes.

- Les principales procédures d'analyse mathématique
- L'opérateur : transformation de Fourier
- L'optimisation d'une chaîne de mesure et du traitement de l'information expérimentale
- La conception d'un logiciel d'instrumentation de complexité moyenne

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Eléments de programmation (Visual Basic)

Rappels de mathématiques (Analyse)

La transformation de Fourier (Calcul, fenêtre de pulsation, correction de phase)

Acquisition de l'information expérimentale (via un oscilloscope numérique – Echantillonnage)

Conception du logiciel d'exploitation des données

Notion de mesure – Optimisation

Etalonnage et évaluation expérimentale

PARCOURS AU CHOIX : CHIMIE ORGANIQUE

MATIERE : CHIMIE ORGANOMETALLIQUE (10 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Jean-Michel BECHT, Maître de conférences

Tél. : 03 89 60 87 22 / Mail : jean-michel.becht@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Les réactions de formation de nouvelles liaisons carbone-carbone constituent très souvent une étape clé dans la synthèse de produits possédant d'intéressantes propriétés physiques, biologiques ou thérapeutiques. Les réactions catalysées par des complexes de métaux de transition constituent aujourd'hui des outils extrêmement performants et incontournables pour le chimiste organicien de synthèse dans le but de générer ces liaisons. En particulier, les réactions pallado-catalysées permettent de créer dans des conditions réactionnelles douces et avec de bons rendements des liaisons aryle-aryle, alcényle-aryle ou alcynyle-aryle.

L'objectif de ce cours est tout d'abord d'acquérir les bases de la chimie organométallique nécessaires à la compréhension du déroulement des réactions catalysées par des métaux de transition. Une large partie du cours est ensuite consacrée aux grandes réactions pallado-catalysées et à leurs applications en synthèse organique moderne. Quelques réactions importantes de la synthèse organique utilisant des catalyseurs à base de ruthénium, de cuivre et de fer sont également présentées. Les séances de travaux dirigés sont enfin consacrées à l'étude de réactions et de synthèses multi-étapes décrites récemment dans la littérature et utilisant le potentiel de la catalyse par les métaux de transition.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Les réactions catalysées par des métaux de transition : des outils performants pour le chimiste de synthèse
Les grandes réactions de la chimie organométallique : dissociation et association de ligands, addition oxydante, élimination réductrice, β -H élimination, transmétallation, insertion.

Les grandes réactions pallado-catalysées (intérêt, mécanisme et applications en synthèse) : procédé Wacker, réactions de Suzuki-Miyaura, de Negishi, de Stille, de Heck, de Sonogashira, de Tsuji-Trost, de Buchwald-Hartwig...

La réaction de métathèse des oléfines

Quelques défis actuels en catalyse : le développement de réactions catalysées par du cuivre ou du fer, l'arylation directe, les couplages décarboxylatifs, le développement de « catalyseurs verts » respectueux de l'environnement.

PARCOURS AU CHOIX : CHIMIE ORGANIQUE

MATIERE : CHIMIE AROMATIQUE AVANCEE (17 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Claude LE DRIAN, Professeur

Tél. : 03 89 60 87 91 / Mail : claudel.drian@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Acquérir les connaissances complémentaires en chimie aromatique nécessaires à l'étude des hétérocycles.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Amines aromatiques : présentation, propriétés physiques, synthèses industrielles de l'aniline et du TDI, oxydation radicalaire.

Sels de diazonium : préparation et principales réactions : Sandmeyer, Schiemann, Gomberg, réduction, dédiazonation, copulation.

Aromaticité : énergies d'hydrogénation, structure électronique et orbitales moléculaires, règle de Hückel pour les annulènes, réactivité particulière des annulènes aromatiques, critère actuel d'aromaticité.

Substitution Electrophile Aromatique : formation de l'électrophile, complexes π et σ , étape déterminant la vitesse, règles d'orientation, classement des électrophiles, effets inductif et mésomère des substituants déjà en place, attaque ipso, rapport ortho / para. Un exemple, l'alkylation et l'acylation de Friedel-Crafts : influence de la nature des réactifs, réarrangement de carbocations, influence de la stabilité des produits finaux, isomérisation des xylènes.

Substitution Nucléophile Aromatique : S_NAr, mécanisme, influence du nucléophile, du groupe partant et des substituants électroattracteurs, attaque sur un carbone non substitué ; S_N1 sur les sels de diazonium ; mécanisme passant par un benzyne : mise en évidence de l'intermédiaire, effets d'orientation.

PARCOURS AU CHOIX : CHIMIE ORGANIQUE

MATIERE : CHIMIE ORGANIQUE DE SPECIALITE (15 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE :

Jean-Philippe GODDARD, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 56 / Mail : jean-philippe.goddard@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Le cours de chimie organique de spécialité se base sur les connaissances de réactivité organique acquises dans le cours de tronc commun. L'objectif principal est de comprendre l'apport de l'hétérochimie à la synthèse organique moderne. En effet, les transformations impliquant des hétéroatomes comme le bore, le phosphore, le silicium ou le soufre sont devenues incontournables et doivent être parfaitement maîtrisées par le chimiste. Ce cours s'articule autour des deux grandes classes de réactions que sont les oléfinations et les hydroborations. Le contrôle de la réactivité et de la sélectivité est l'axe principal d'étude de ces réactions. Une partie de ce cours est traitée au travers d'une publication afin de créer une discussion scientifique entre les élèves et l'enseignant.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Réactions d'hydroboration

Hydroboration d'alcènes et sélectivité

Hydroboration d'alcynes et sélectivité

Fonctionnalisation des organoboranes

Diastereosélectivités des réactions d'hydroboration

Alcènes et alcynes en synthèse organique

Réactions d'oléfinations à partir des organophosphorés

Réaction de Wittig

Réaction de Horner-Emmons-Wadsworth

Modification de Ando et de Still-Gennari

Réaction d'oléfination de Peterson, Si

Effets de silicium

Oléfination

Réaction d'oléfination de Tebbe (Petasis), Ti

Réaction d'oléfination de Julia, S

Réaction d'oléfination de Julia-Kocienski, S

Etude d'une revue sur la réaction de Julia et de ses modifications

PARCOURS AU CHOIX : CHIMIE ORGANIQUE

MATIERE : BIOCHIMIE STRUCTURALE (18 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Céline TARNUS, Professeur

Tél. : 03 89 33 68 66 / Mail : celine.tarnus@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Le cours de biochimie structurale a pour objectif d'étudier les macromolécules biologiques, leurs monomères ainsi que la construction modulaire commune, particulièrement judicieuse, sélectionnée par la nature au cours de l'évolution. Ce cours s'attache particulièrement aux structures / propriétés de ces macromolécules chimiques qui conduisent à une fonction bien précise au sein d'un organisme vivant composé de 70% d'eau.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

L'évolution au niveau moléculaire

Une chimie sélectionnée au cours des millénaires

Concept d'émergence

Les protéines

Les acides aminés, propriétés

Polymérisation biologique

Structures tridimensionnelles et nouvelles propriétés

Les polysaccharides

Les hydrates de carbone et leur réactivité

Liaisons glycosidiques

Propriétés des polymères formés en fonction du type de liaison et des constituants

Lipides et membranes

Structures des acides gras et des lipides majeurs

Propriétés des agrégats lipides en fonction de leurs constituants

Structure et fonctionnement des membranes biologiques

L'ADN

Acides nucléiques, propriétés et polymérisation biologique

Structure de l'ADN : organisation spontanée en double hélice en milieu aqueux

Compactage de 2 mètres d'ADN dans le noyau d'une cellule : pourquoi et comment

Infection virale

Application des connaissances acquises : les relations Hôte-Pathogène

PARCOURS AU CHOIX : CHIMIE ORGANIQUE

MATIERE : SYNTHÈSE ASYMETRIQUE (17,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Nicolas BLANCHARD, CNRS

Tél. : 03 89 33 68 24 / Mail : nicolas.blanchard@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Cet enseignement vise à familiariser l'élève avec les notions d'asymétrie en synthèse organique. Les différents outils développés depuis les années 1970 sont présentés en mettant l'accent sur les modèles explicatifs. A travers de nombreux exemples issus de synthèses totales récentes de produits naturels biologiquement actifs, l'élève pourra mettre en pratique ses connaissances et expliquer de manière rationnelle le déroulement stéréochimique des réactions.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Introduction générale

Les différents types de sélectivité en chimie organique

Importance du contrôle de la sélectivité

Rappel des définitions importantes

Analyse conformationnelle

Diagrammes d'énergie en synthèse organique asymétrique

Addition diastéréosélective sur des dérivés carbonylés

Réaction d'addition sur des cyclohexanones

Stéréocontrôle acyclique - attaque des dérivés carbonylés possédant un centre stéréogène en alpha

Stéréocontrôle acyclique - attaque des alcènes possédant un centre stéréogène en alpha

Synthèse diastéréosélective - Auxiliaires chiraux : généralités

Synthèse diastéréosélective : réactions d'alkylation d'énolates d'amides

Synthèse diastéréosélective : réactions d'alkylation d'énolates de cétones et d'aldéhydes

La réaction de condensation aldolique : généralités La réaction de condensation aldolique d'Evans

Utilisation d'aldéhydes chiraux et d'énolates chiraux Réactions d'allylation diastéréosélectives

Réactions de crotylation diastéréosélectives

Réactions d'oxydation asymétrique

Réactions d'époxydation diastéréosélective de Henbest et de Sharpless : systèmes cycliques et acycliques

Réactions d'époxydation énantiosélective de Sharpless d'alcools allyliques

Réactions de dihydroxylation asymétrique de Sharpless

Réactions de réduction diastéréosélective

Réduction de beta-hydroxycétones : Narasaka-Prasad, Evans-Saksena et Evans-Tishenko

Réduction de cétones à l'aide de borane et borohydrure chiraux

Réduction catalytique asymétrique de cétones : Corey-Bakshi & Shibata

**PARCOURS AU CHOIX : CHIMIE ORGANIQUE
TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ (28h)**

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE :

Jean-Philippe GODDARD, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 56 / Mail : jean-philippe.goddard@uha.fr

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

TP de chimie organique : 28h

PARCOURS AU CHOIX : MATÉRIAUX

MATIERE : CRISTALLOGRAPHIE AVANCEE (7 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Jean-Marc LE MEINS, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 73 / Mail : jean-marc.le-meins@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

La diffraction des rayons X reste encore à ce jour la première technique d'investigation d'un solide. Une initiation aux techniques de base en termes de caractérisation structurale par diffraction des rayons X sur monocristal est proposée. Il n'est pas question d'aborder la détermination structurale dans le temps imparti. Toutefois, ses objectifs principaux sont les suivants :

- Initiation à la notion d'espace réciproque.
- Familiarisation avec des techniques d'investigation sur monocristal obsolètes mais à l'origine de la conception de tous les diffractomètres modernes.
- Exploitation et présentation de résultats issus d'une expérience de diffraction des rayons X sur monocristal (système cristallin, paramètre de maille, groupe d'espace).

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

La production des rayons X : l'anticathode.

Introduction et orientation de l'espace réciproque par rapport à l'espace direct.

Construction de la sphère d'Ewald et mise en évidence des conditions de Laue (animations flash) et de leurs conséquences sur le détecteur (film ou caméra CCD).

Interprétation des clichés de diffraction obtenus par des méthodes historiques telles que : cristal tournant, Buerger, et Laue, particulièrement attractives sur les plans pédagogique et didactique.

Extraction des informations de symétrie (système cristallin), des paramètres de maille et proposition du ou des groupe(s) d'espace possibles(s) sur la base de clichés expérimentaux issus de ces méthodes d'investigation.

Introduction de la notion de l'intensité de diffraction et du facteur de structure (accès à l'information sur le contenu chimique de la maille).

Mise en évidence mathématique des conditions d'existence des réflexions observées expérimentalement sur les clichés de diffraction.

PARCOURS AU CHOIX : MATÉRIAUX

MATIERE : CHIMIE DU SOLIDE DE SPECIALITE (13 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Angélique SIMON-MASSERON, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 75 / Mail : angelique.simon-masseron@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Plusieurs thèmes sont abordés correspondant d'une part à différents types de solides (aciers, cristaux synthétiques), d'autre part à l'élaboration des solides (techniques d'élaboration et cristallogénèse) et enfin à des techniques de caractérisation des solides (analyses thermiques).

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Elaboration du Solide

Cristallogénèse : théorie de la germination (thermodynamique de formation du germe, germe critique, cinétique de germination...); théorie de la croissance ; aspects pratiques (obtention de la sursaturation, conduite des cristallisoirs, cristallisation à partir des milieux fondus).

Différentes techniques de préparation : cristallisation à partir de solutions et solides fondus ; méthode de transport en phase vapeur ; préparation de monocristaux.

Compléments de Thermodynamique du Solide

Solutions solides d'insertion ou de substitution

Différents types de solides

Aciers (propriétés, changements d'états structuraux et durcissement du fer ; éléments d'alliage et influence sur propriétés des aciers ; différents types d'acier)

Cristaux synthétiques (pierres synthétiques, élaboration)

Analyses thermiques

Analyse thermogravimétrique (TG), analyse thermique différentielle (ATD), calorimétrie différentielle à balayage ou analyse calorimétrique différentielle (DSC), applications.

PARCOURS AU CHOIX : MATÉRIAUX

MATIERE : ELEMENTS DE TRANSITION (11,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Gérald CHAPLAIS, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 87 / Mail : gerald.chaplais@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Cet enseignement recouvre deux aspects, correspondant d'une part à une chimie descriptive et d'autre part à la présentation d'éléments de base relatifs aux complexes de coordination.

La chimie descriptive met l'accent sur la description des procédés industriels de métallurgie (colonne du titane et du fer) et sur la chimie organométallique des éléments des blocs d (complexes carbonyles et autres complexes avec des ligands π -accepteurs).

L'autre partie de l'enseignement se rapporte aux complexes de coordination, structure, symétrie, théories du champ cristallin et du champ des ligands, interprétation des spectres électroniques et propriétés magnétiques.

- Connaissance des notions de base (physiques, chimiques, atomiques, structurales) concernant les éléments de transition ($\approx \frac{1}{2}$ des éléments connus).
- Connaissance de procédés d'élaboration importants vus sous l'angle industriel, par exemple la préparation de la fonte et des aciers, des métaux Ti, Zr et Hf et des composés principaux correspondants et connaissance des propriétés associées.
- Acquisition des notions de base concernant les complexes de métaux de transition (structure, symétrie, stabilité),
- Interprétation des propriétés magnétiques et des spectres électroniques des ions de métaux de transition et des complexes correspondants.
- Acquisition de notions concernant les complexes d'éléments de transition avec les ligands π -acides (complexes carbonyles en particulier).

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Chimie Descriptive

Généralités sur les éléments de transition

Considérations générales brèves sur la première série des éléments de transition

Choix obligatoire de quelques éléments : avec ceux du groupe 4 (Ti, Zr, Hf) et Fe, Co, Ni essentiellement.

Chimie organométallique des éléments des blocs d : métaux carbonyles et autres complexes des métaux de transition avec des ligands π -accepteurs (π -acides)

Les Complexes de Coordination

Structure, symétrie, type de ligands - nomenclature

Théorie du champ cristallin, complexes tétra-, hexa-coordinés, plan carrés, effet Jahn-Teller

Théorie du champ des ligands

Les spectres électroniques : spectres électroniques des atomes (termes spectroscopiques, microétats) ; spectres électroniques des complexes (transition du champ des ligands, termes spectroscopiques, diagrammes de Tanabe-Sugano, bandes de transfert de charges, règles de sélection et intensités, luminescence et phosphorescence, spectres des complexes du bloc f).

PARCOURS AU CHOIX : MATÉRIAUX

MATIERE : MATERIAUX (47 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christelle DELAITE, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 15 / Mail : christelle.delaite@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Les recherches sur les matériaux fonctionnels résultent d'une approche pluridisciplinaire impliquant une collaboration étroite entre la recherche et les unités de développement afin de répondre à un cahier des charges final précis intégrant les progrès récents dans ce secteur d'activités. La mise au point de nouveaux dispositifs de haute technologie repose en grande partie sur l'exploitation de propriétés spécifiques des matériaux. L'objectif de ce module est de donner aux élèves un aperçu de la démarche de conception qui permet de passer des propriétés intrinsèques de la matière au matériau fonctionnel mis en forme.

Ce cours optionnel souligne la transversalité qui existe entre les différents domaines de la chimie lors du développement d'un matériau aux propriétés avancées. Partant d'exemples concrets d'applications, ce module d'enseignement propose aux élèves de se familiariser avec les matériaux, les multimatériaux et leurs modes d'élaboration.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Matériaux pour la santé

- Les prothèses
- La vectorisation de principes actifs et le relargage contrôlé
- Les surfaces bactéricides et le textile pour la santé
- Les médicaments (aspects protection et prévention) et l'hygiène (bien-être, cosmétique...)

2) Matériaux dans les arts graphiques

- Introduction sur les arts graphiques et leurs problématiques
- Traitements de surface
- Vernis de surimpression

3) Du textile aux équipements sportifs

- Matériaux légers
- Matériaux résistants
- Synthèse de polymères et élaboration de fibres
- Textiles synthétiques et naturels
- Propriétés de textiles fonctionnels

4) Matériaux dans l'industrie du bâtiment

- Ciments, bétons, architecture métallique
- Peintures, colles, mousses et isolants, revêtements de sols

5) Matériaux dans les transports

- Aménagement intérieur, colles et peintures, microélectronique
- Huiles moteurs, pneumatiques, pare-brises

**PARCOURS AU CHOIX : MATÉRIAUX
TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ (18h)**

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christelle DELAITE, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 15 / Mail : christelle.delaite@uha.fr

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

TP de formulation : 7h

TP de chimie inorganique : 7h

TP polymères : 4h

PARCOURS AU CHOIX : SCIENCE POUR L'INGÉNIEUR

MATIERE : CHIMIE ANALYTIQUE INDUSTRIELLE (22 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Stéphanie FREITAG, Maître de conférences

Tél. : 03 89 33 68 26 / Mail : stephanie.freitag@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Rendre un ingénieur chimiste capable de transposer les lois régissant les phénomènes mis en œuvre en chimie analytique sur des solutions diluées proches de solutions idéales, à des produits réels tels que ceux en milieu industriel : mélanges complexes à concentration extrême, souvent polyphasiques ou effluents à dilution très élevée au seuil des limites de détection des techniques actuelles.

- Etre capable de planifier, organiser, projeter une analyse qualitative et/ou quantitative, évaluer et prévoir certains problèmes récurrents en analyse, adapter et adopter les bons réflexes à avoir pour une analyse, du prélèvement au rendu des conclusions.
- Etre capable d'être critique et réaliste face au résultat d'un appareil de mesure.
- Etre capable de repérer et de réfléchir à l'importance des problèmes des énergies diverses en industrie.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Thermodynamique et cinétique des milieux non idéaux.

Les transferts (matière et énergie) requis dans l'exécution des mesures en chimie analytique.

Les principaux potentiels et leurs gradients : chimique, thermique, mécanique et électrique ; ordres de grandeur et constantes de temps associées.

Le rôle du capteur dans la mesure et ses limites (perturbation du système, limite de détection).

Comment corriger une erreur systématique en connaissant les caractéristiques du système capteur-échantillon.

Principales caractéristiques des milieux industriels.

Les principaux types de capteurs et leurs caractéristiques d'utilisation. Erreurs et artefacts courants.

La chaîne de mesure : capteur, conditionnement, transfert, décodage, visualisation, interprétation.

Sélectivité, fiabilité, répétabilité, reproductibilité, justesse, bruit de fond. Limites et fiabilité des capteurs, redondances.

Vocabulaire spécifique industriel, validation des méthodes d'analyse dans les laboratoires spécifiques.

Rappels sur les méthodes d'étalonnage, avantages, inconvénients des différents types d'étalonnages, choix des étalons, de la méthode.

Problèmes rencontrés en analyse sur le terrain, méthodes in-situ, avantages, inconvénients, méthodes analytiques spécifiques à ces analyses, méthodes de prélèvements, mise en garde sur les échantillonnages, conservation, pollution, transport de ceux-ci.

Le comportement des milieux sursaturés : filtration, transfert, conservation.

Influence de la taille du conditionnement.

Cas particulier des milieux naturels (milieux très dilués, prélèvement des échantillons, limites du micro-échantillonnage), cas des effluents industriels (comportement des milieux sursaturés, filtration, transfert, conservation, influence de la taille du conditionnement, comparaison), quelles méthodes d'analyse pour quel milieu.

Développement des méthodes de pointe, de préconcentration (microextraction sur colonnes, SPME...), de spéciation (CPG-MS, HPLC-MS...), nécessité des analyses, études des quelques méthodes d'analyses les plus utilisées en industrie.

PARCOURS AU CHOIX : SCIENCE POUR L'INGÉNIEUR

MATIERE : MECANIQUE DES FLUIDES (17,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christian PILIERE, Solvay

Tél. scolarité : 03 89 33 68 14 / Mail : scolarite.enscmu@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Donner les bases théoriques de la mécanique des fluides, développer les différentes notions relatives à l'écoulement de fluide dans une conduite (régime d'écoulement, pertes de charge...) et donner les outils de calcul des différents éléments d'un circuit (pompe, tuyauteries, singularités...).

Décrire le fonctionnement d'un circuit et donner des informations sur les technologies utilisées pour les différents éléments qui le constituent.

Décrire des écoulements particuliers : écoulement en canaux ou en milieu poreux et faire une introduction à la rhéologie.

Résoudre des problèmes classiques de statique et de mécanique des fluides (en particulier application de l'équation de Bernoulli généralisée).

Dimensionner un circuit hydraulique, comprendre son fonctionnement. Acquérir des ordres de grandeur.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Caractérisation des fluides : définition d'un fluide - caractérisation des gaz et des liquides.

Propriétés des fluides : propriétés physiques des fluides intervenant en mécanique des fluides.

Statique des fluides : définition de la pression - équation de la statique des fluides dans le champ de forces de pesanteur, dans un champ de forces quelconque – applications - hydrostatique, principe de Pascal.

Dynamique des fluides : équation de continuité - équation de conservation de la quantité de mouvement - équations d'Euler et de Navier-Stokes - équation de Bernoulli (Fluide parfait, fluide réel) - équation de Bernoulli généralisée - application de l'équation de Bernoulli (mesure de débit...) - bilan macroscopique de quantité de mouvement pour un écoulement permanent sans frottements - application au calcul d'effort sur un élément de tuyauterie - CFD. Définition. Utilisation - Exemple d'utilisation.

Écoulement dans les conduites cylindriques : régimes d'écoulement (caractérisation) - régime laminaire - calcul des pertes de charge dans une tuyauterie - régime turbulent - rugosité de la paroi des conduites - calcul des pertes de charge dans une tuyauterie (conduites lisses et rugueuses) - calcul des pertes de charge de singularités - courbe caractéristique d'un circuit hydraulique.

Pompes et compresseurs : pompes volumétriques et centrifuges - description et fonctionnement - courbe caractéristique des pompes centrifuges - point de fonctionnement d'un circuit hydraulique - cavitation dans les pompes centrifuges - couplage de pompes centrifuges - ventilateurs et compresseurs - description et fonctionnement - courbe caractéristique. Limites de fonctionnement. Contrôle du débit.

Vannes de régulation : généralités, description, fonctionnement, types de vannes - utilisation de vannes de régulation dans un circuit hydraulique - bases de dimensionnement. Coefficient de débit - régime critique.

Mesure de pression, de niveau et de débit : description et fonctionnement des principaux types de capteurs.

Écoulements particuliers : écoulement en canaux - écoulement en milieu poreux (introduction)

Notions de rhéologie : fluides newtoniens - fluides non-Newtoniens au comportement indépendant du temps (avec et sans contrainte critique) - fluides non-Newtoniens au comportement dépendant du temps (Fluides thixotropes, rhéopexes, visco-élastiques).

Écoulement autour d'un objet : Portance, traînée, vitesse terminale de chute...

PARCOURS AU CHOIX : SCIENCE POUR L'INGÉNIEUR

MATIERE : REACTEURS NON IDÉAUX (18 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christelle DELAITE, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 15 / Mail : christelle.delaite@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Comparaison de la performance des réacteurs, approche qualitative des phénomènes.

Réacteurs semi-fermés, situations transitoires et démarrage d'un réacteur continu parfaitement agité.

Réacteur piston à recyclage.

Calcul et optimisation de la conversion pour les réactions simples.

Calcul et optimisation du rendement et de la sélectivité pour les réactions multiples.

Industrialisation d'une réaction chimique : choix de la configuration réactionnelle, optimisation par association de réacteurs. Transfert d'une production batch vers une production en système continu.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Comparaison de la performance des réacteurs idéaux - association de réacteurs continus et optimisation de la conversion : comparaison de la performance des réacteurs idéaux - réacteur semi- fermé uniforme - comparaison entre réacteur piston et réacteur continu parfaitement agité - démarrage d'un réacteur continu parfaitement agité - association en série de réacteurs continus - réacteur piston à recyclage – écoulement et détermination des temps de séjour.

Mise en œuvre de réactions complexes - optimisation du rendement et de la sélectivité : introduction - réactions compétitives (parallèles) - réactions consécutives - transfert d'une production batch vers une production en système continu.

PARCOURS AU CHOIX : SCIENCE POUR L'INGÉNIEUR

MATIERE : DYNAMIQUE DES SYSTEMES (18,5 h)

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christian LEY, Professeur

Tél. : 03 89 33 68 71 / Mail : christian.ley@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

L'objectif de ce cours est de familiariser les élèves à l'étude des systèmes dynamiques. Sans vouloir en faire un spécialiste dans le domaine, ce cours donne au futur Ingénieur Chimiste les bases nécessaires le préparant à être confronté à la représentation et à la modélisation de situations plus ou moins complexes de la commande des systèmes. Les aspects de l'automatique des systèmes linéaires régulés ou non qui y sont abordés, et n'étant pas liée à une application particulière, permettront à l'élève ingénieur de collaborer au sein d'une équipe pluridisciplinaire par la maîtrise des notions de base.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Introduction

Historique de la régulation des systèmes

Notion d'opérateur et de fonction de transfert

Systèmes à boucle ouverte et fermée

Notion de signal et système linéaires

Transformation de Laplace

Définition, principe et application en dynamique des systèmes

Transformée de Laplace des signaux usuels

Fonction de transfert d'un système

Définition et propriétés fondamentales

Modélisation fréquentielle des systèmes linéaires

Diagramme de Bode et de Nyquist

Systèmes du premier ordre

Réponse indicielle, unitaire et fréquentielle, propriétés.

Système du second ordre

Réponse indicielle, unitaire et fréquentielle, propriétés et particularités.

Régulation des systèmes linéaires

Fonction de transfert en boucle ouverte et fermée

Modélisation d'une boucle de régulation

Stabilité des systèmes régulés (Critère de Routh et de Nyquist).

Correction des systèmes linéaire asservis

Principe général de la correction, action proportionnelle (P), action intégrale (I) et action dérivée (D).

**PARCOURS AU CHOIX : SCIENCE POUR L'INGÉNIEUR
TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ (28 h)**

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Cornelius SCHONNENBECK, Maître de Conférence

Tél. : 03 89 33 61 73 / Mail : cornelius.schonnenbeck@uha.fr

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

TP de génie des procédés : 28h

MATIERE : PROJET PERSONNEL

RESPONSABLE PEDAGOGIQUE

Christelle DELAITE, Professeur

Tél. : 03 89 33 67 15 / Mail : christelle.delait@uha.fr

OBJECTIFS ET COMPETENCES

Permettre aux futurs ingénieurs de travailler en équipe et d'acquérir des aptitudes en management et gestion de projet. Ceci pour générer leur capacité d'entreprendre et les préparer au métier d'ingénieur.

PROGRAMME PEDAGOGIQUE

Les élèves doivent mener à bien un projet personnel encadré sur un sujet de leur choix en lien avec la chimie. Il peut s'agir d'un investissement dans certaines associations de l'école, dans les établissements d'enseignement secondaire ou primaire, au contact d'entreprises et/ou de structure et de publics extérieurs, avec les laboratoires de recherche du campus, dans la Junior-Initiative...