



Présentation

Cette option a pour objectif de donner une formation pluridisciplinaire chimie-biologie-physique aux élèves-ingénieurs leur permettant d'appréhender les applications récentes et futures des hautes technologies aux domaines de la bioingénierie (ou ingénierie pour le vivant) et des nanotechnologies.

Les compétences d'ingénieur généraliste acquises au cours des deux premières années seront complétées par des connaissances fondamentales en micro- et opto-électronique, en photonique, en nanosciences et en biologie. Les interactions entre ces différentes disciplines seront illustrées au travers de différents exemples : microcapteurs, matériaux fonctionnels, systèmes sur puces, imagerie médicale, biomatériaux, Big data,...

Les élèves-ingénieurs issus de cette formation seront des interlocuteurs privilégiés pour mener des projets à l'interface de ces différentes disciplines.

Semestre

S09

Programme

Compétences visées par l'UE

- Comprendre les défis liés à la santé et aux nanotechnologies
- Acquérir des connaissances en biologie et nanotechnologie.
- Comprendre les enjeux de la miniaturisation.
- Appliquer les connaissances à la résolution de problèmes pluridisciplinaires.
- Mettre en oeuvre des projets pluridisciplinaires.

Débouchés

Recherche et Développement, Qualité, Production, Conseil.

Secteurs d'activité: microélectronique et technologies de l'information, énergie, imagerie médicale, industrie pharmaceutique et cosmétique, agro-alimentaire et l'environnement.

Pré-requis

2 MOS obligatoires au choix suivant la filière BIO ou NANO:

MOS 1.5 « Couches minces et surfaces fonctionnalisées »

MOS 6.1 « Ingénierie tissulaire et biomatériaux »

Evaluation

BIN3.1 : 20%, BIN3.2 : 30%, Filière d'option : 50%

Site web de l'option

Informations complémentaires

Masters Recherche co-accrédités :

Energie Electrique, Electronique, Automatique (3EA)

Ingénierie de la Santé (IdS)

Spécifiques Option Bio-Ingénierie et Nanotechnologies



CONFÉRENCES ET VISITES

CONFERENCES AND VISITS

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Virginie MONNIER-VILLAUME**

| Cours : 20 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Cette AF a pour objectif de faire découvrir aux élèves-ingénieurs les nombreuses possibilités de métiers liées aux domaines de la bio-ingénierie et des nanotechnologies. Les différentes thématiques seront présentées sous forme de séminaires et conférences par des chercheurs et des professionnels de ces domaines. Des visites de sites industriels (STMicroelectronics, Sanofi-Pasteur, Becton-Dickinson) et de centres de recherche (CEA-LETI, CEA-INES,

Mots-clés : Bio-ingénierie, nanotechnologies, métiers, conférences, visites.

Programme

- Défis des techniques d'imagerie médicale
- Endommagement de prothèses
- Big-data et génomique
- Traitement de données en grande dimension
- Le tissu industriel AURA en bio-ingénierie et nanotechnologies
- Essais cliniques in silico

Compétences

- Identifier/analyser les besoins et les contraintes socio-économiques liés à la santé et aux nanotechnologies.
- Prendre en compte la dimension internationale de la recherche en bio- et nanotechnologies.
- Adopter une vision globale et appréhender le domaine dans sa complexité.
- Elargir ses connaissances scientifiques et techniques.

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

Bibliographie

Contrôle des connaissances

100% savoir (participation).



PROJET OPTION BIO-INGÉNIERIE ET NANOTECHNOLOGIES

PROJECT OPTION BIO-ENGINEERING AND NANOTECHNOLOGY

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU, Virginie MONNIER-VILLAUME**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 50.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 0.0 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Au travers de projets (transdisciplinaires ou non) proposés par des industriels partenaires ou par des laboratoires de recherche, les élèves-ingénieurs devront identifier les verrous technologiques, proposer des solutions et les mettre en oeuvre. Il s'agira également d'apprendre à présenter les résultats (sous forme écrite et orale).

Mots-clés : Projets, industriel, recherche.

Programme

Compétences

- Elaborer et appréhender un projet scientifique et technique.
- Identifier les verrous technologiques et mettre en place des solutions technologiques.
- Réaliser une synthèse d'informations et une présentation des résultats.

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

Bibliographie

Contrôle des connaissances

rapport écrit (35% savoir), oral (35% savoir-faire), participation (30% méthodologie)



Présentation

La bio-ingénierie concerne les technologies permettant de développer des outils de diagnostic et des traitements plus performants, de modéliser et simuler les processus biologiques et l'évolution du vivant, de concevoir de nouveaux matériaux et dispositifs miniaturisés et communicants pour développer une médecine personnalisée. Elle s'appuie sur les concepts et outils avancés de la physique, de l'optique, de la chimie et du génie chimique, du génie électrique, de la mécanique et du génie mécanique. L'objectif de cette filière est de permettre à des ingénieurs généralistes d'acquérir à la fois les connaissances techniques et scientifiques leur permettant de gérer des projets transversaux et de transfert de technologie. Alliant les sciences pour l'ingénieur et les sciences du vivant, cette filière propose des formations de haut niveau en interactions fortes avec les attentes industrielles et sociétales dans les domaines de la santé et du vivant.

Semestre

S09

Programme

Compétences visées par l'UE

- Comprendre les défis et enjeux liés à la santé
- Acquérir des connaissances en biologie et nanobiotechnologie
- Appliquer les connaissances à la résolution de problèmes pluridisciplinaires
- Mettre en oeuvre des projets pluridisciplinaires

Débouchés

Pré-requis

MOD imposé : MOD5.1 « Physiologie humaine et biotechnologie »

MOS imposé : MOS 6.1 « Ingénierie tissulaire et biomatériaux »

Evaluation

BIO3.1 : 25% ; BIO3.2 : 25% ; BIO3.3 : 25% ; BIO3.4 : 25%

Site web de l'option

Informations complémentaires

MOD fortement recommandés : MOD 3.1 - Propagation des ondes élastiques ; MOD 9.4 - Comportement des matériaux ; MOD 6.2 - Matière molle : nanosystèmes et interfaces biologiques ; MOD 6.6 - Dynamique des systèmes biologiques humains



IMAGERIES MÉDICALES

IMAGERIES MÉDICALES

Responsable(s): Christelle YEROMONAHOS, Emmanuelle LAURENCEAU

| Cours : 6 | TD : 0.0 | TP : 9 | Autonomie : 6 | BE : 8 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

A travers cette AF, 3 techniques principales d'imagerie et de traitement d'images seront abordées : la cryo-tomographie électronique, l'imagerie par rayons X et l'imagerie ultra-sonore. Des exemples concrets de reconstruction d'image et de modélisation ainsi que des manipulations sur appareils (RX, US) permettront d'appréhender la chaîne complète de la formation d'une image et son interprétation.

Mots-clés :

Programme

Cours (6h) :

- Principe de la cryo-tomographie électronique
- Principe de l'imagerie aux Rayons X
- Principe de l'imagerie Ultra-sonore

TP (9h) : 1 atelier au choix sur une des 3 techniques d'imagerie

Compétences

- Comprendre les enjeux scientifiques de l'imagerie médicale en termes d'extraction de l'information
- Comprendre les difficultés liées à la reconstruction d'images à partir de mesures physiques et connaître les méthodes permettant de les surmonter
- Connaître les techniques de traitement du signal utilisées en imagerie ultrasonore

Travail en autonomie

Objectifs :

- Méthodes :
- Traitement d'images de cryo-tomographie électronique à partir de logiciels libres (eman2 et Jsubtomo)
 - Etude bibliographique
 - Traitement de données acquises sur un échographe de recherche

Bibliographie

Contrôle des connaissances

75% savoir (compte-rendu d'atelier), 25% savoir-faire (présentation orale)



INTERACTIONS MATÉRIAU-VIVANT

INTERACTIONS MATÉRIAU-VIVANT

Responsable(s): Emmanuelle LAURENCEAU, Vincent FRIDRICI

| Cours : 3 | TD : 2 | TP : 6 | Autonomie : 6 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

A travers cette AF, les aspects fondamentaux liés aux phénomènes biologiques, physico-chimiques et mécaniques impliqués lors du contact entre une surface et un milieu biologique seront traités. Le lien avec la bio-ingénierie des interfaces et son application sera abordé sous diverses formes : analyses d'articles, réalisation de dispositifs, bureau d'étude

Mots-clés :

Programme

Cours (3h) :

- Physico-chimie des interfaces
- Biomécanique des interfaces

BE (4h) : Tribo-mécanique du tissu vivant

TP (6h) : Réalisation d'un biocapteur à glucose

TD (2h) : Restitution de l'analyse d'articles scientifiques

Compétences

- Comprendre les enjeux biomécaniques du vieillissement et de la médecine prothétique
- Connaître quelques techniques de caractérisation des tissus vivants
- Mise en place d'un protocole expérimental
- Rédiger un rapport technique complet, correctement référencé

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes : Analyse d'articles scientifiques

Bibliographie

Contrôle des connaissances

50% savoir (présentation orale d'analyse d'articles), 50% savoir-faire (compte-rendu d'atelier)



BIOPRODUCTION

BIOPRODUCTION

Responsable(s): **Emmanuelle LAURENCEAU**

| Cours : 4 | TD : 0.0 | TP : 7 | Autonomie : 2 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Cette AF, permettra aux élèves-ingénieurs d'identifier les étapes de production d'une protéine recombinante ainsi que les différentes méthodes de purification, leurs rôles et intérêts dans les procédés de bioproduction. La production de protéines recombinantes par les méthodes de génie génétique est un procédé usuel dans la plupart des secteurs de la biotechnologie. Faisant appel à des méthodes parfaitement maîtrisées, ce procédé permet l'obtention de protéines spécifiques, notamment d'intérêt thérapeutique, avec un très haut rendement.

Mots-clés :

Programme

Cours (4h) :

- Principe du génie génétique
- Production et purification de protéine recombinante

BE (4h) : Biofermenteur

TP (7h) : Microbrasserie

Compétences

- Connaître les techniques de bio-production et de caractérisation de biomolécules
- Mettre en place un protocole expérimental
- Présenter des résultats de façon pertinente, rigoureuse et critique en vue d'une analyse
- Rédiger un rapport technique complet, correctement référencé

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes : Travail préparatoire de l'atelier

Bibliographie

Contrôle des connaissances

50% savoir (examen cours et BE), 50% savoir-faire (compte-rendu d'atelier)



BIO-INFORMATIQUE, BIO-STATISTIQUE ET MODÉLISATION

BIO-INFORMATIQUE, BIO-STATISTIQUE ET MODÉLISATION

Responsable(s): Christelle YEROMONAHOS, Emmanuelle LAURENCEAU

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 0.0 | Autonomie : 0.0 | BE : 15 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Au travers de cette AF, des outils statistiques de bases ainsi que des concepts et techniques de modélisation seront abordés pour permettre aux élèves-ingénieurs d'analyser et modéliser les données en sciences du vivant. A partir d'exemples concrets, les stratégies d'analyse et de modélisation seront étudiées, et le développement d'un modèle complet sera élaboré.

Mots-clés :

Programme

- BE 1 (4h) : Modélisation de tissu vivant
- BE 2 (4h) : Modélisation de membrane cellulaire en dynamique moléculaire
- BE 3 (4h) : Epidémiologie et vaccination
- BE 4 (3h) : Outils statistiques pour les sciences du vivant

Compétences

- Comprendre la modélisation
- Etre capable de simuler et analyser un modèle
- Reconnaître les contextes d'application des méthodes statistiques et les mettre en œuvre sur des jeux de données
- Comprendre le principe des simulations de dynamique moléculaire

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

Bibliographie

Contrôle des connaissances

1 rapport écrit pour chaque BE, comptant chacun pour 25% de la note finale



Présentation

Les nanotechnologies reçoivent chaque année d'énormes budgets d'investissement en recherche et développement. C'est donc un secteur en forte croissance. Les nanosciences et les nanotechnologies sont au croisement de plusieurs disciplines scientifiques comme l'électronique, la mécanique, la chimie, l'optique, la biologie qui manipulent des objets d'une taille de l'ordre du nanomètre. L'objectif de cette filière est de permettre à des ingénieurs généralistes d'acquérir à la fois les connaissances techniques et scientifiques leur permettant de gérer des projets transversaux et de transfert de technologie. Alliant les sciences pour l'ingénieur et les sciences du vivant, cette filière propose des formations de

Semestre

S09

Programme

Compétences visées par l'UE

Débouchés

Pré-requis

MOD imposé :

- MOD 6.1 « Nanotechnologies »

MOS imposés :

Evaluation

Les élèves ont à suivre les 2 premiers AF et à faire un choix entre les 2 dernières. NANO3.1 : 33% ; NANO3.2 : 33% ; NANO3.3 : 33% ou NANO3.4 : 33%

Site web de l'option

Informations complémentaires

MOD fortement recommandés :

- MOD 1.3 « Photonique »

- MOD 8.5 « Information quantique »



MÉMOIRES POUR L'INTERNET DES OBJETS

MÉMOIRES POUR L'INTERNET DES OBJETS

Responsable(s): Bertrand VILQUIN, Ian O CONNOR, Virginie MONNIER-VILLAUME

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 16 | Autonomie : 0.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Au travers de cette AF les élèves-ingénieurs seront amenés à comprendre le fonctionnement de ces différentes propriétés physiques d'un même matériau ferroélectrique présentant un grand potentiel pour des applications innovantes et de fabriquer, caractériser et utiliser des mémoires numériques encore plus petites et rapides utiles pour l'internet des objets.

La plus grande mobilité électronique sera un des grands enjeux de demain, au même titre que l'Internet des objets (Internet of things). À l'avenir, l'interaction avec des objets ne se fera plus seulement au moyen de puces

Mots-clés : Matériau ferroélectrique, mémoires numériques, internet des objets, élaboration, caractérisation.

Programme

BE1 (2h) : technologies de la salle blanche, diffraction des rayons X
TP1 (4h) : dépôt de nanomatériaux en salle blanche et fabrication de cellules mémoires intégrées
TP2 (2h) : caractérisations structurales de cellules mémoires ferroélectriques
TP3 (2h) : caractérisations électriques de cellules mémoires ferroélectriques
TP4 (8h) : conception de circuits à base de cellules mémoires
BE2 (2h) : Présentation des résultats et discussions scientifiques

Compétences

- Comprendre les enjeux et problématiques de l'internet des objets.
- Connaître et utiliser les techniques de la salle blanche et de caractérisations structurales et électriques.
- Concevoir l'architecture d'un circuit.
- Présenter des résultats de façon pertinente, rigoureuse et critique en vue d'une analyse.

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

Bibliographie

Contrôle des connaissances

30% savoir (rapport du travail), 30% savoir-être (implication et participation active), 40% savoir-faire (présentation orale du compte-rendu).



SURFACES INTELLIGENTES

SURFACES INTELLIGENTES

Responsable(s): **Magali PHANER GOUTORBE, Stephane BENAYOUN, Stéphane VALETTE,**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 16 | Autonomie : 0.0 | BE : 4 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Au travers de cette AF les élèves-ingénieurs seront amenés à élaborer des surfaces bioinspirées à fonctionnalité spécifique (superhydrophobie, super-adhérentes, ...) grâce à la nano/microtexturation. Ces surfaces seront caractérisées et analysées au regard de deux propriétés spécifiques leur mouillabilité et le pouvoir adhérent.

Mots-clés : Surfaces bio-inspirées, texturation de surface, mouillabilité, adhésion.

Programme

TP1 (4h) : fabrication des surfaces fonctionnelles
TP2 (4h) : caractérisations topographiques (échelle nanométrique)
TP3 (4h) : caractérisations des propriétés de mouillabilité des surfaces texturées
TP4 (4h) : caractérisation mécanique de l'adhérence
BE (2h) : Présentation des résultats et discussions scientifiques

Compétences

- Comprendre les enjeux et les problématiques des surfaces fonctionnelles.
- Connaître et utiliser quelques techniques de fabrication des surfaces.
- Savoir caractériser ces surfaces à différentes échelles.
- Savoir mettre en place d'un protocole expérimental

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

Bibliographie

Contrôle des connaissances

50% savoir être (travail durant la séance de travaux pratiques), 50% savoir-faire (présentation orale).



GUIDAGE PHOTONIQUE

GUIDAGE PHOTONIQUE

Responsable(s): Emmanuel DROUARD, Pedro ROJO ROMEO, Virginie MONNIER-VILLAUME

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 18 | Autonomie : 0.0 | BE : 2 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Au travers de cette AF les élèves-ingénieurs prennent en main les différents aspects de la conception et la réalisation de composants nano-photoniques en optique guidée, sur substrat Silicium.

Après une introduction (contexte de la photonique intégrée sur Si, enjeux), les élèves-ingénieurs conçoivent à l'aide d'outils de simulation dédiés les différentes briques de base photoniques nécessaires à la fabrication de systèmes complexes de routage/guidage de la lumière sur Si. Ils travaillent sur les différents aspects de fabrication en salle blanche (lithographies optique et électronique, gravure assistée par plasma,...). Les structures fabriquées sont ensuite caractérisées par des microscopies optique et électronique.

Mots-clés : Nano-photonique, composants photoniques, optique guidée, lithographie, microscopie.

Programme

BE1 (2h) : contexte, enjeux de la nanophotonique sur Silicium, description des outils et des méthodes (simulation, fabrication en salle blanche)

TP1 (4h) : simulation des structures et composants de base

TP2 (10h) : fabrication des composants en optique guidée en salle blanche

TP3 (4h) : caractérisations structurale (microscope électronique) et optique (banc de caractérisation en optique guidée) des composants fabriqués.

Compétences

- Comprendre les enjeux et problématiques de la photonique sur Silicium.
- Connaître et utiliser plusieurs techniques et équipements utilisés dans les nanotechnologies.
- Approche du travail en environnement de salle blanche.
- Concevoir et réaliser un système photonique intégré.

Travail en autonomie

Objectifs :

Méthodes :

Bibliographie

Contrôle des connaissances

30 % savoir (questions théoriques), 30% savoir-être (implication et participation active), 40% savoir-faire (méthodologie, compte rendu expérimental)



NANO-OPTIQUES

NANO-OPTIQUES

Responsable(s): **Christelle MONAT, Virginie MONNIER-VILLAUME**

| Cours : 0.0 | TD : 0.0 | TP : 16 | Autonomie : 2 | BE : 2 | Projet : 0.0 | Langue du cours : FR

Objectifs de la formation

Au travers de cette AF, les élèves-ingénieurs seront amenés à élaborer, en utilisant les nanotechnologies, des dispositifs optiques présentant des propriétés de diffraction/ réflexion particulières issues de leur structuration périodique à l'échelle de la longueur d'onde. Différents types de systèmes périodiques seront étudiés, élaborés aussi bien par voie physique à partir de couches minces (technologie salle blanche) que par voie chimique (à partir de dispersions colloïdales). Leurs propriétés structurales ainsi que leurs propriétés optiques seront simulées et caractérisées.

Mots-clés : Cristaux photoniques, couches minces, systèmes périodiques nanostructurés, opales, simulation, spectroscopie.

Programme

BE (2h) : structures périodiques, cristaux photoniques et opales synthétiques.
TP1 (4h) : simulation de propriétés optiques de cristaux photoniques.
TP2 (4h) : élaboration d'opales synthétiques par voie chimique.
TP3 (4h) : fabrication en salle blanche de miroirs de Bragg.
TP4 (2h) : caractérisation optique par réflectivité.
TP5 (2h) : caractérisation structurale par microscopie électronique à balayage.
Autonomie (2h).

Compétences

- Comprendre les enjeux et problématiques des cristaux photoniques et l'origine des propriétés des structures périodiques.
- Connaître et utiliser quelques techniques de la salle blanche, de chimie colloïdale et de caractérisations structurales et optiques.
- Savoir simuler les propriétés optiques de quelques structures photoniques.

Travail en autonomie

Objectifs : Rédaction du rapport.

Méthodes : Rédiger un rapport technique complet, correctement référencé.

Bibliographie

Contrôle des connaissances

30% savoir (réponses aux questions théoriques), 30% savoir-être (implication et participation active), 40% méthodologie (rédaction d'un compte-rendu)