OPTION BIOTECH Engineering – DESCRIPTIF des COURS

Programme

Cette option sera très multidisciplinaire, car les compétences et les savoir-faire de l'ingénieur en biotechnologies nécessitent de connaitre de nombreuses disciplines en raison de la complexité du vivant.

Elle se présente en deux parties :

- **Un Tronc commun de 145 heures de cours/TP et un projet de 150 heures.** Ce projet sera mené par les élèves en relation avec un partenaire de l'école, académique ou industriel, et avant la réalisation de leur stage de fin d'études directement dans une entreprise.
- **Deux parcours d'environ 280 heures chacun**, le premier dédié à la **Bioproduction industrielle et Environnement** le second aux **Biotechnologies médicales pour la santé**. L'élève devra choisir quel parcours il souhaite suivre en raison de l'orientation bien différenciée des deux parcours.

Les volumes horaires sont donnés à titre indicatif (+/- 10%), car selon les intervenants et les contraintes de planning, ils peuvent évoluer.

Le tronc commun fait appel aux disciplines suivantes :

- **Biologie (50 heures)** : un enseignement (cours+TP) de 50 heures permettra de donner des connaissances de bases pour aborder les aspects de l'évolution de la vie, de biologie moléculaire et cellulaire, de biochimie, de métabolisme / régulation, du monde microbien, de microbiologie, génie génétique et d'ingénierie métabolique. Les connaissances seront systématiquement illustrées par des applications. 4 enseignants interviendront, en soulignant de nombreuses applications du cours.
- **Modélisation et méthodes numériques appliquées au vivant (30 heures)** : l'objectif est d'assimiler la démarche de modélisation au travers notamment d'exemples de différents types de modèles tirés de divers domaines d'application (épidémiologie, génétique, écologie, médecine, biologie végétale, bioprocédés, etc) et de maîtriser les différentes méthodes mathématiques associées. Ces méthodes sont génériques mais les spécificités des processus du vivant (complexité, variabilité, redondance, etc) imposent certaines précautions avec lesquelles les élèves pourront se familiariser grâce à un projet de modélisation « fil rouge » qui permettra de les mettre en pratique. .
- **Biostatistiques (24 heures)** : l'analyse des données massives recueillies dans les procédés de bioproduction industrielle, en environnement et dans le domaine médical permet une meilleure compréhension des phénomènes sous-jacents et de leurs dynamiques. Ce cours présente les principales méthodes d'analyse de données à travers des applications dans le domaine des bioprocédés, de la biologie et de la médecine. Une grande partie des points abordés sera mis en œuvre devant machine au travers du logiciel R.
- **Physique instrumentale - biocapteurs (20 heures)** : L'objectif est de savoir choisir le biocapteur adéquat selon l'application visée. Les outils de microfluidique en pleine expansion, les lab on chips, les biocapteurs spécifiques aux enzymes, anticorps, etc. seront abordés. Cet enseignement sera constitué de cours et de visite de laboratoire.
- **Contexte Economique et socio-culturel et règlementaire (20 heures/conférences)** : La bioéconomie sera abordée sous plusieurs angles : biocarburants, ressources végétales disponibles, bioraffinerie, bioéconomie de la forêt et du bois. Des aspects de modélisation de risques industriels liés au biogaz seront présentés. L'emploi de cellules souches sera traité au moyen d'un exemple en greffe de peau, la propriété industrielle, la brevetabilité du vivant et des 'aspects règlementaires du médicaments seront abordés.
- **Projet :** un projet nécessitant 150 h de travail sera proposé aux élèves (monôme, binôme ou trinôme). Il se déroule d'octobre à mars. Il sera proposé par les partenaires, les laboratoires de CentraleSupélec et les instituts de formation et de recherche de l'Université Paris Saclay associés à cette option. Les thématiques seront relatives à l'environnement, à la bioproduction, au développement de technologies biomédicales, au traitement de données.

Le Parcours Bioproduction industrielle et environnement a pour objectif de former des ingénieurs aptes à travailler au plus haut niveau dans les secteurs de la Bioproduction (utiliser les micro-organismes pour produire des molécules et des matériaux d'intérêt tel que les bioplastiques, des ingrédients cosmétiques, etc.), et de la production de matière à partir de biomasse. Les disciplines principales nécessaires sont les Procédés et le contrôle / commande. Des apports en mécanique des fluides et en énergétiques seront utilisés.

Les enseignements sont les suivants :

- **Industrialisation des Procédés (45 heures)** : ce cours propose de maîtriser la modélisation (simple et avancée) des réacteurs, les transferts réactifs polyphasiques et les transferts couplés matière-chaleur qui sont très présents dans les opérations de transformation de la matière. Ce cours complètera et approfondira les connaissances déjà acquises par les élèves-ingénieurs dans ces domaines.
- **Bioproduction (65 heures)** : L'objectif est de savoir appréhender les principales étapes de la bioproduction à partir de la biomasse : les étapes amont permettant de préparer la biomasse, l'étape de bioproduction et l'étape aval de purification
- **Optimisation énergétique des procédés de bioproduction (20h)** : au travers de quelques études de cas provenant d'industriels, l'objectif est de savoir intégrer les aspects de consommation énergétique d'un procédé de bioproduction, permettant à l'ingénieur d'avoir une vision globale matière/énergie
- **Contrôle commande (20h)** : Ce cours permettra aux élèves d'acquérir les compétentes pour (i) analyser le fonctionnement d'un bioprocédé, de modéliser son comportement de façon macroscopique et de proposer des solutions pour améliorer ses performances et son rendement (ii) Savoir proposer et concevoir des capteurs logiciels pour la surveillance d'un bioprocédé (monitoring) en tenant compte de critères techniques et économiques (faisabilité, précision des mesures et coûts associés) (iii) comprendre et d'analyser les lois de commande existantes implantées pour la conduite d'un bioprocédé (iv) proposer et concevoir des lois de commande pour obtenir un fonctionnement optimal du bioprocédé, pour différentes applications (alimentaire, biochimie, environnement, production de produits pharmaceutiques, culture de cellules animales, etc.). Le cours sera illustré par plusieurs exemples de bioprocédés (bactéries, microalgues,…) pour diverses applications (développement durable, énergie, pharmaceutique,…).
- **Procédés pour l'environnement (75h)** : L'objectif est que l'élève découvre les principales activités de traitement de l'eau et des effluents liquides, de valorisation des déchets urbains, biologiques et industriels, de purification des effluents gazeux, afin de pouvoir développer l'accès aux ressources, les préserver et les renouveler. Des aspects de géopolitique, de gestion des ressources (cycle), de découvertes des principaux acteurs (collectivité, usagers, industries) seront abordés. Il y aura une forte implication des partenaires qui sont des acteurs majeurs dans ce secteur.
- **IMMERSION en Bioraffinerie (1 semaine en continu)** : durant une semaine, les élèves du parcours seront immergés dans la bioraffinerie industrielle de Pomacle Bazancourt (Reims), au sein du centre européen de bioraffinerie et de bioéconomie (CEBB). L'objectif est de (i) comprendre les enjeux et principes de la bioraffinerie, de l'écologie industrielle et de l'économie circulaire (ii) Découvrir des différents procédés de valorisation de la biomasse (upstream, biotransformation, downstream) vus en cours, et les principes d'optimisation énergétique des procédés et du traitement des effluents liquides, gazeux et solides. Ceci se fera au moyen de visites d'ateliers et de trois journées de travaux pratiques au CEBB.

Le parcours Biotechnologies médicales pour la santé a pour objectif d'apporter aux élèves-ingénieurs des connaissances approfondies pour répondre aux grandes évolutions de l'ingénierie biomédicale. Des compléments en biologie et en biostatistiques seront apportés vis-à-vis des enseignements en tronc commun. Des enseignements en neurosciences, bioinformatique, biomécanique, imagerie médicale et analyse d'images permettront d'aborder les disciplines qui sont à la base des innovations scientifiques (produits et services) dans le domaine de la santé : diagnostic, prédiction, traitement, organisation des soins, etc.

- **Génomique (24h)** : présentation de la génomique structurale et fonctionnelle (expression génique)
- **Bioinformatique (30h)** : acquérir les fondements de la bioinformatique, l'analyse algorithmique des données génétiques (alignement de séquences, reconstruction phylogénétique, etc.), connaitre les principaux algorithmes
- **Neurosciences (15h) :** Avec l'exploration spatiale, les neurosciences sont considérées comme la dernière frontière à atteindre pour l'homme. Il s'agit non seulement de comprendre comment notre cerveau fonctionne mais aussi comment le soigner. En effet, les maladies du cerveau sont les plus coûteuses pour la société. L'exploration du cerveau fait appel à toutes les compétences de l'ingénieur de demain. Nous ferons un point sur les connaissances actuelles en matière de neurosciences en se focalisant sur les domaines où les ingénieurs peuvent faire la différence: modélisation, big data, imagerie, interfaces cerveau-machine etc.
- **Machine Learning et Classification - application aux données génétiques et médicales (42 h)** : il est fréquent qu'en analyse de données, le nombre de variables à analyser soit bien plus grand que la taille des échantillons. Ceci est particulièrement vrai en génomique et en médecine où les technologies permettent de mesurer des quantités massives d'information. A l'issue de ce module, les élèves disposeront d'une boite à outils utiles pour répondre aux différentes questions soulevées par l'analyse de données biologiques complexes de grande dimension
- **Imagerie médicale (24h) :** l'imagerie médicale est l'un des piliers de la médecine de soin et de la recherche médicale. L'imagerie par résonnance magnétique sera présentée (technique avancée). A l'issue de ce module, les élèves seront capables (i) de comprendre les principes physiques utilisés dans un technique d'imagerie avancée, (ii) de maitriser les algorithmes de reconstruction tomographique (iii) d'appréhender les enjeux de neuro-imagerie (iv) de comprendre les possibilités offerts par l'imagerie fonctionnelle. Les intervenants sont issus de General Electric Healthcare, du CEA Neurospin, de l'institut de la Moelle Epinière et du Cerveau
- **Traitement d'images (24h)** : à partir d'une image numérique, il convient d'extraire les informations pertinentes. Le but du cours est d'exposer les méthodes d'analyse d'images choisies pour leur pertinence et pour la qualité des résultats obtenus dans le domaine de l'imagerie médicale. A l'issue du cours les étudiants seront capables (i) de conceptualiser et de segmenter un problème de traitement d'images (ii) de comprendre les mécanismes de fonctionnement des différents outils de la chaine de traitement ainsi que leurs utilisations d'utilisation (iii) de choisir et de mettre en œuvre les outils candidats en fonction de la problématique concernée.
- **Biomécanique (32h)** : Sous la forme d'un projet, un thème au choix sera abordé parmi les thèmes suivants prothèse dentaire, prothèse de hanche et matrice microporeuse (pour l'ingénierie tissulaire osseuse) Pour chaque thème, une chaîne complète de conception ou contrôle de la prothèse ou de la matrice sera réalisée.
- **Enseignement en ingénierie biomédicale à l'IFSBM :** un enseignement par des professionnels de santé (médecins, start up) permettront d'aborder les domaines stratégiques en santé, de découvrir l'organisation d'un hôpital, d'avoir des exemples d'innovation médicale en biotech et medtech (processus / méthodologie), Celui-ci sera abordé par des conférenciers acteurs dans ce domaine.
- **IMMERSION (5 jours)** : L'objectif est de proposer aux élèves une immersion 5 jours, pour découvrir pratiquement la méthodologie de prise en charge du patient (parcours de soin, patient ambulatoire) en hôpital, et les plateaux techniques d'imagerie médicale et de radiothérapie.