



## L'objectif de la dominante

La prise de conscience des problématiques de développement durable impose aux entreprises de répondre à leur échelle aux défis ainsi posés à notre monde. Les enjeux majeurs que sont la maîtrise énergétique et environnementale constituent des facteurs de compétitivité dans un contexte réglementaire de plus en plus exigeant. L'émergence de nouveaux marchés, la création de filières innovantes débouchent sur l'apparition de nouveaux métiers.

L'objectif de la dominante est de former des ingénieurs capables :

- de concevoir, d'intégrer et de faire fonctionner des systèmes d'exploitation, de conversion et de stockage de différentes formes d'énergie,
- d'établir un bilan de l'efficacité énergétique et environnementale des systèmes complexes, en particulier dans les domaines des bâtiments et des transports, et de proposer des solutions d'amélioration,
- d'optimiser l'ensemble des activités des entreprises liées à la production, la distribution et la consommation d'énergie et d'améliorer le rendement des filières énergétiques nouvelles, avec le souci des performances attendues par les utilisateurs et dans le respect de l'environnement.

La dominante s'articule autour de 2 axes, au choix : bâtiment ou transports.

## Compétences acquises

- Savoir maîtriser **les outils d'analyse technique, économique et environnementale** spécifiques aux divers domaines de l'énergie,
- Etre capable d'établir des bilans d'efficacité énergétique afin de proposer des solutions d'amélioration intégrant **la transformation et le stockage de différentes énergies**,
- Savoir mettre en œuvre des **solutions alternatives** dans les secteurs de l'industrie, du bâtiment et des transports,
- Pour les différents types de systèmes énergétiques, savoir conduire **une approche globale** via l'analyse du contexte d'utilisation potentielle et la quantification des impacts environnementaux, énergétiques, financiers, sociétaux.

## Pour quelles fonctions ?

- **Projet** : responsable de projets de mise en œuvre de systèmes énergétiques, responsable de projet efficacité énergétique
- **Etudes et Recherche** : ingénieur d'études ou chercheur chargé de la conception de systèmes énergétiques, ou de projets novateurs de mobilité durable
- **Réalisation** : responsable de chantiers d'installations innovantes, contrôle technique
- **Stratégie** : consultant pour l'utilisation des énergies dans les différents secteurs.

## Pour quels secteurs ?

Les élèves-ingénieurs de la dominante « Énergie & Environnement » sont amenés à exercer leur fonction en France ou à l'international dans tous les secteurs d'activité liés à l'énergie, soit directement dans la production, le stockage et la distribution des différentes formes d'énergies, y compris les énergies renouvelables ; soit indirectement dans le bâtiment (génie climatique) ou le transport (moyens de transport). Ces ingénieurs peuvent également exercer leur fonction dans les secteurs liés à l'environnement (études, exploitation, normalisation, accréditation).

## SEMESTRE 8

(15 ECTS acquis à chaque semestre)

## Energies non renouvelables

## Energies fossiles

L'élève acquiert des connaissances générales sur les procédés de transformation des ressources fossiles, l'état des ressources, la demande énergétique globale, l'analyse prospective des consommations énergétiques à l'horizon 2025. Applications à la propulsion aéronautique. Conséquences de l'utilisation des énergies non renouvelables sur l'équilibre géopolitique, sur l'environnement, principes du protocole de Kyoto, du Grenelle de l'Environnement.

## Nucléaire

Le module aborde les principes physiques de la fission nucléaire, de la réaction en chaîne, de l'enrichissement, de l'extraction de l'énergie de fission, le cycle du combustible nucléaire, les diverses générations de réacteurs. Normes liés à la sûreté nucléaire, procédés de stockage et de traitement des déchets radioactifs et la démarche de démantèlement des centrales nucléaires. D'autres applications du nucléaire, ses perspectives et l'état des ressources dans le monde.

## Energies renouvelables

## Solaire, photovoltaïque

Connaître les aspects scientifiques et techniques relatifs au gisement solaire et aux différentes technologies du photovoltaïque.

Se familiariser avec la technologie de fabrication des modules d'un système photovoltaïque, les types de cellules, les technologies en développement, leur recyclage. Savoir dimensionner une installation photovoltaïque.

Se familiariser avec le montage d'un projet.

## Solaire, thermique

Savoir évaluer les potentialités d'un site.

Connaître les composants du système solaire thermique (capteurs, système de stockage, système de circulation).

Se familiariser avec les différents types de systèmes et capteurs.

Se familiariser avec la conception et le rendement d'un projet.

Connaître la réglementation.

## Eolien

Connaître la technologie éolienne : le principe de fonctionnement, les éléments constitutifs d'un système éolien, les différents types d'éoliennes.

Se familiariser avec le principe des turbines éoliennes (puissance aérodynamique, théorie de Betz, courbe de production d'un aérogénérateur, chaîne de conversion à multiplicateur de vitesse et à machine rapide, génératrice asynchrone à double alimentation, chaîne de conversion à entraînement direct, génératrice synchrone à grand nombre de pôles).

Comprendre les spécificités du choix d'un site. Savoir monter un projet.

## Biomasse, biogaz

Connaître les aspects techniques d'exploitation des filières bois énergie et biogaz, leurs champs d'application, les impacts environnementaux, les aspects réglementaires et les spécificités d'un montage de projets et d'études prospectives.

## Géothermie

Connaître la filière géothermique, les ressources géothermiques à haute et basse température et leurs applications, selon la température du sol, le gradient géothermique, les propriétés du sol, les différents systèmes à basse température (circuits ouverts et fermés; systèmes verticaux et horizontaux).

Appréhender les principes des puits canadiens.

## Hydraulique

Connaître les techniques de construction : généralités, éléments de calcul, études hydrauliques, types de barrages ainsi que les éléments constitutifs : machine hydroélectriques, instrumentation et outils de contrôle, déversoirs de crue, bassins dissipateur d'énergie, stations de transfert d'énergie par pompage.

Savoir évaluer le coût et utilisation de l'hydroélectricité, les conséquences environnementales et l'impact environnemental, échelles à poissons, écosystèmes. Connaître les systèmes d'exploitation des énergies marines.

## SEMESTRE 8 (suite)

### Vecteurs énergétiques

#### Transports et distribution d'électricité

Comprendre le schéma général de production, du transport et de distribution d'électricité, les différents postes (de transformation, de distribution), lignes de transport, lignes de distribution, la structure d'un poste de transformation HTA/BTA.

Connaître le principe du dispatching, l'élaboration des prévisions d'un diagramme de charge, le réglage du réseau en cas de perturbations.

Se familiariser avec le concept de smart grid selon différentes visions (AREVA, SIEMENS, IBM, EPRI), les bénéfices pour le réseau et réponse à la demande ; impacts sur la maîtrise de l'énergie et la réduction des GES.

#### Hydrogène

Connaître les enjeux, historique, principe de fonctionnement et technologie des piles à combustibles, notamment la pile PEMF.

Comprendre les phénomènes physiques associés au fonctionnement (thermodynamique, cinétique) et la démarche de tests. Exemples d'application : automobiles, bus, démonstrateurs. Seront abordées les études menées sur les SOCS (SOLID OXIDE CELLS), le principe de fonctionnement, électrochimie et matériaux, leurs applications et les perspectives de développement.

### Conception de systèmes énergétiques

#### Modélisation des systèmes énergétiques

Appréhender les enjeux de la modélisation des systèmes énergétiques.

Comprendre les liens entre variables de conception d'un système et variables de performance.

Connaître les applications en thermodynamique appliquée : bouilleur, échangeur de chaleur, capteur solaire...

#### Optimisation multicritères et programmation par objectifs

Connaître les techniques pour déterminer l'ensemble de Pareto.

Savoir utiliser des méthodes d'analyse et optimisation comme Chebychev, somme pondérée et lexicographique.

Savoir les appliquer aux systèmes de propulsion et aux systèmes de production énergétique dans le bâtiment.

Savoir valider un modèle et son domaine de validité, valider une étude de sensibilité d'un modèle et son analyse paramétrique.

### Environnement

#### Gestion et traitement des déchets

Connaître la typologie des déchets banals et dangereux.

Connaître les aspects réglementaires.

Savoir choisir la filière de traitement (d'élimination/recyclage) et la mise en place à l'échelle locale.

#### Pollution atmosphérique

Comprendre les processus physico-chimiques de pollution, évolution à long terme des polluants.

Savoir faire un bilan des émissions selon les secteurs et les degrés de pollution.

Appréhender les aspects de la réglementation dans le domaine des polluants atmosphériques.

Se familiariser avec les méthodes et outils pour analyser le degré de pollution (expérimentation, modélisation).

## SEMESTRE 9

### Performances des projets énergétiques en transport et bâtiment

#### Gestion de projets énergétiques

Intégrer les spécificités du management des projets pour l'implantation de systèmes énergétiques complexes. Connaître les démarches et outils spécifiques à la conduite de projets visant à l'implantation de ces systèmes dans le bâtiment et le transport.

### SEMESTRE 9 (suite)

#### Performances environnementales

Savoir élaborer un bilan Carbone et faire des propositions d'amélioration.  
Connaître les sources de pollution atmosphérique et acoustique, les principaux phénomènes mis en jeu, les grandeurs associées, les méthodes et moyens de mesure et de modélisation.  
Comprendre les impacts environnementaux des activités humaines (domaines du transport, habitat et industrie).  
Connaître la typologie des polluants et phénomènes de transfert dans l'atmosphère, les sols et nappes.  
Savoir mener une approche intégrée des impacts d'un site industriel (Directive IPPC) en prenant en compte les paramètres physico-chimiques de pollution de l'eau, station d'épuration, réseaux de distribution, traitements adaptés aux contaminations spécifiques.  
Connaître les aspects réglementaires et les normes environnementales.  
Savoir modéliser les concentrations des polluants dues aux activités dans le bâtiment et aux transports.  
Savoir dimensionner un mur anti-bruit et analyser les caractéristiques d'une pièce habitable pour réduire les nuisances sonores.

#### Performances économiques

Connaître les étapes de déroulement de la méthode de gestion de projet, basée sur un coût objectif plafond prédéterminé et un cahier des charges fonctionnel ouvert et négociable. Savoir piloter la conception d'un nouveau produit avec un objectif de coût de production afin d'atteindre les performances techniques attendues, dans le respect budgétaire alloué. Savoir évaluer le coût de production et respecter les délais dans le cadre de 2 applications distinctes : projet bâtiment et projet de mobilité urbaine.

#### Projet de bureau d'études

Mener un projet pluridisciplinaire traité dans sa globalité via une approche multi-objectifs conjointe intégrant performances techniques, environnementales et financières (phase diagnostic, le bilan des consommations converti en bilan carbone, les confort thermique, acoustique, visuel, la qualité de l'air, évaluation du retour sur l'investissement des propositions techniques).  
Mise en application aux projets de rénovation des bâtiments et de mobilité urbaine.

## AXE BATIMENT

#### Thermique du bâtiment

Connaître les contextes énergétiques, environnementaux et réglementaires des bâtiments basse consommation (BBC) ainsi que les échanges thermiques corps-environnement, concept de confort thermique et les ambiances équivalentes.  
Analyser les ponts thermiques, les infiltrations, les déperditions afin d'aboutir à la caractérisation et la conception des parois, vitrages, divers types de ventilations et de climatisations.  
Savoir effectuer la modélisation thermique des échanges : méthode des différences finies, méthode des facteurs de réponse, représentation allégée, échanges superficiels (démarche théorique et simulation logicielle en statique et dynamique).

#### Production décentralisée

Connaître de manière approfondie les applications du solaire, de la géothermie dans le domaine du bâtiment.  
Acquérir des notions générales sur les besoins de chaleur et d'eau chaude sanitaire (ECS) d'un bâtiment, principales variables de calcul caractérisation des composants : capteurs solaires, chauffe-eau solaires, ballons de stockage, exemples d'applications: chauffe-eau solaire individuel, simulation et optimisation des performances d'un système chauffe-eau, les pompes à chaleur, la cogénération et ses applications dans le bâtiment.  
Connaître le principe de fonctionnement de certains systèmes couplés appliqués au bâtiment (pile à combustible, solaire thermique et solaire photovoltaïque, éolien).

#### Qualité dans les bâtiments

Comprendre les objectifs environnementaux d'un projet bâtiment.  
Savoir mener un audit énergétique dans un bâtiment et une démarche d'étude des préconisations.  
Maîtriser les certifications environnementales européennes. Pratiquer la HQE. Implémenter un projet BBC dans un cadre multicritères et multi acteurs.

Dominante

## Energie & Environnement



Contact/coordonateur de la dominante  
Energie et Environnement  
Luminita ION  
Luminita.ion@eigsi.fr / 05 46 45 80 41