



# Licence Sciences, Technologies, Santé Mention

## **SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR**

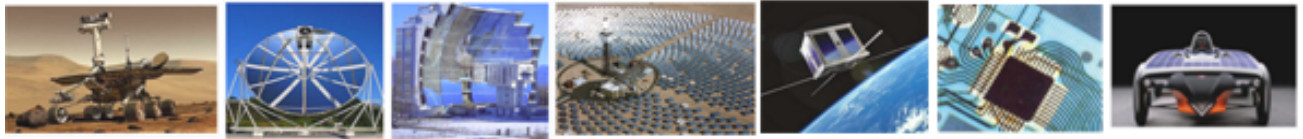
*Détail des enseignements*  
**2015 - 2019**

# Sommaire

<i>Introduction sur la licence SPI</i> .....	<i>p4</i>
<i>Semestre 1</i> .....	<i>p5</i>
- <i>UE1 – Tronc commun</i>	
- <i>UE2 – Bases de la Physique</i>	
- <i>UE3 – Structure de la matière</i>	
<i>Semestre 2</i> .....	<i>p7</i>
- <i>UE1 – Tronc commun</i>	
- <i>UE2 – Fondamentaux</i>	
- <i>UE3 - Outils</i>	
<i>Semestre 3</i> .....	<i>p10</i>
- <i>UE1 – Fondamentaux</i>	
- <i>UE2 – Spécialités</i>	
- <i>UE3 - Ouverture</i>	
<i>Semestre 4</i> .....	<i>p12</i>
- <i>UE1 – Fondamentaux SPI1</i>	
- <i>UE2 – Fondamentaux SPI2</i>	
- <i>UE3 – Outils</i>	
- <i>UE4 - Ouverture</i>	
<i>Semestre 5</i> .....	<i>p15</i>
- <i>UE1 – Fondamentaux</i>	
- <i>UE2 – EEA / Matériaux</i>	
- <i>UE3 – Outils</i>	
- <i>UE4 - Ouverture</i>	
<i>Semestre 6</i> .....	<i>p19</i>
- <i>UE1 – Fondamentaux</i>	
- <i>UE2 – EEA/EnerMat</i>	
- <i>UE3 – Options SPI</i>	
- <i>UE4 – Ouverture</i>	

La licence « **Sciences Pour l'Ingénieur** » (Licence SPI) regroupe l'offre de formation en sciences physiques théoriques et appliquées de l'UFR Sciences de l'Université de Perpignan. Elle se décline en deux parcours :

- Parcours **Électronique, Énergie électrique, Automatique** (Parcours EEA),
- Parcours **Énergies et Matériaux** (Parcours EnerMat).



La licence SPI est la formation idéale pour les étudiants désireux d'effectuer des études dans les domaines :

- De l'électronique (au sens large du terme : énergie électrique et automatique),
- des procédés, des matériaux,
- des énergies en général et les énergies renouvelables.

Site web : [spi.univ-perp.fr](http://spi.univ-perp.fr)

# SEMESTRE 1

---

## UE1 – Tronc Commun

---

### **Introduction à la logique (4 ECTS : 18h CM - 18h TD)**

- Nombres et système binaire : Représentation, Conversion entre base, arithmétique binaire, codes, détection et correction d'erreur).

- Logique combinatoire : tables de vérité, équations booléennes et fonctions logiques, relation entre équations booléennes et tables de vérité, diagramme logique, algèbre booléennes, implémentation matérielle, K-map et application. Minimisation de fonctions, tableaux de Karnaugh, etc.

### **Analyse (4 ECTS : 18h CM - 18h TD)**

Calculs dans  $\mathbf{R}$  (valeur absolue, inégalités,...). Notions de base sur les fonctions : limites, continuité et dérivabilité. Dérivabilité et sens de variation, bijection réciproque des fonctions continues, stricte monotonie. Fonctions usuelles (log, exp, puissances, circulaires et réciproques, hyperboliques, exponentielle complexe). Calculs de primitives, intégration par parties. Formule de Taylor-Young, notion de développement limité et application au calcul de limite.

### **Mécanique du point (4 ECTS : 15h CM - 15h TD - 6h TP)**

Cinématique : vecteurs position, vitesse et accélération, les lois de Newton : notion de force et moment de force. Equilibre et dynamique du point matériel, travail d'une force. Théorème de l'énergie cinétique et théorème du moment cinétique. Energie potentielle. Forces conservatives. Equilibre stable et instable. Energie mécanique. Lois de conservation.

### **Projet Professionnel Personnalisé (1 ECTS : 1h CM – 8h TD)**

Identifier et définir son projet personnel et professionnel

Réfléchir sur son projet d'orientation - découvrir sa cible à partir d'un travail méthodologique : recherche documentaire et interview "métier" de professionnels.

---

## UE2 – Bases de la Physique

---

### **Bases de l'électricité ( 3 ECTS : 12h CM - 12h TD - 6h TP)**

Circuits électriques en courant continu, loi des noeuds, loi des mailles, éléments passifs, éléments actifs, éléments réels, modélisation de la diode, sources de courant et de tension, théorème de Thévenin et de Norton, théorème de Milleman, théorème de superposition, première approche de l'étude des régimes variables, approximation du régime, quasi-stationnaire

### **Outils Mathématiques pour la Physique 1 (3 ECTS : 15h CM - 15h TD)**

Outils nécessaires pour mieux appréhender les concepts physiques :

- Analyse dimensionnelle
- Systèmes d'unités et ordres de grandeurs

- Systèmes de coordonnées : cartésiennes, polaires, cylindriques, sphériques
- Vecteurs et opérations vectorielles : projection et produit scalaire, produit vectoriel, produit mixte, applications simples à la mécanique (travail et moment d'une force, ...)
- Fonctions à une variable : rappels, dérivation et intégration.
- Equations différentielles du premier ordre et du second ordre. Applications aux oscillateurs.
- Formule de Taylor – Développements limités

### **Optique géométrique (3 ECTS : 12h CM - 12h TD - 6h TP)**

Notion de rayon lumineux, lois de l'optique géométrique (Descartes), principe de Fermat. Systèmes optiques centrés, formation des images, notion de stigmatisme d'un système optique. Miroir plan, dioptré plan, prisme. Dispersion de la lumière. Dioptré sphérique, relations de conjugaison, approximation de Gauss. Lentilles sphériques, lentilles minces, relations de conjugaison dans l'approximation de Gauss. Associations de lentilles, œil et instruments d'optique.

---

## **UE3 – Structure de la Matière**

---

### **De l'atome à la molécule (3 ECTS : 15h CM - 15h TD)**

Notions fondamentales sur la structure de la matière.

Orbitales atomiques, atomes polyelectroniques, architecture de la classification périodique, théories simples et élaborées de la liaison chimiques, différents types de liaisons chimiques et interactions intermoléculaires.

### **Base de chimie et équilibres (3 ECTS : 9h CM - 12h TD - 9h TP)**

Calculs de grandeurs en chimie

Réaction chimique

Equilibres

Evolution des équilibres : loi de Le Chatelier

### **Etat de la matière (2 ECTS : 9h CM - 9h TD - 6h TP)**

Rappels des différents états de la matière. Théorie cinétique des gaz parfaits. Loi phénoménologique des gaz parfaits (Boyle-Mariotte, Charles, Gay-Lussac). Ecart au gaz parfait : facteur de compressibilité, diagrammes généralisés, études des gaz réels, équation cubique, équation d'état de Van Der Waals. Notions de chaleur et transfert de chaleur. Chaleurs spécifiques de changement d'état. Les liquides et les solides.

TP : Loi des gaz parfaits, pression de vapeur saturante.

## SEMESTRE 2

---

### UE1 – Tronc Commun

---

#### **Phénomènes physiques relativistes (3 ECTS : 12h CM – 12h TD – 6h TP)**

Vitesse de propagation des interactions. Expériences de Michelson et Morley. Transformations de Lorentz. Transformation de la vitesse. Quadri-vecteurs. Aberration de la lumière. Mécanique relativiste. Energie et impulsion. Lois de conservation. Mouvement de particules chargées. Synchrotron. Désintégration des particules. Collisions des particules. Applications en physique atomique.

#### **Algèbre linéaire (3 ECTS : 15h CM – 15h TD)**

Systèmes d'équations linéaires : résolution par opérations élémentaires sur les lignes, matrice réduite d'un système. Matrices : opérations, matrices élémentaires obtenues par opérations sur les lignes, matrices inversibles, lien avec les systèmes linéaires. Déterminants.

#### **Composants du processeur (3 ECTS : 12hCM - 12hTD - 6hTP)**

Circuits logiques : Portes CMOS, Multiplexers, Codeur, Decodeur, Demultiplexeur, Additionneur, soustracteur, comparateur, multiplieur, diviseur, Decaleur, ROM.

Systèmes Séquentiels : latch, flipflop, registres, compteurs, introduction aux machines à états finis (Moore, Mealy)

---

### UE2 – Fondamentaux

---

#### **Matériaux et procédés (3 ECTS : 9h CM – 12h TD – 6h TP)**

Généralités sur les matériaux, leurs propriétés et les procédés d'élaboration associés. Exemples de matériaux et procédés pour applications :

- thermomécaniques : moteurs et aéronautique, environnements extrêmes, composites haute résistance, ...
- électriques : photovoltaïque, micro-électronique, piles à combustibles, ...
- thermiques : captation, stockage, isolation, ...

#### **Thermodynamique (3 ECTS : 9h CM - 15h TD - 6h TP )**

Systèmes thermodynamique, variables d'états et fonctions d'états. Différentes formes d'énergie (travail, chaleur et énergie interne), comparaison avec la mécanique. Transformations réversibles et irréversibles. Conservation de l'énergie et premier principe de la thermodynamique. Définitions et bilan énergétique. Applications (gaz parfait) : calcul de la chaleur et du travail pour différentes transformations. Deuxième principe de la thermodynamique. Réversibilité et spontanéité. Entropie et le deuxième principe de la thermodynamique : différents énoncés (Kelvin, Clausius). Applications : cycle de Carnot, entropie d'échange et créée pour différentes transformations. Potentiels thermodynamiques : énergie libre et enthalpie libre. Troisième principe de la thermodynamique.

### **Circuits électriques (3 ECTS : 9hCM - 15hTD - 6hTP)**

Circuits électriques en régime transitoire, Circuits électriques en régime sinusoïdal, diagramme de Fresnel, représentation complexe, circuits du 1er ordre, circuits du 2ème ordre, Définition de la puissance et de l'énergie en électricité et en régime sinusoïdal

---

## **UE3 – Outils**

---

### **Logiciels scientifiques (3 ECTS : 9h CM – 21h TP)**

Initiation aux logiciels scientifiques Matlab Simulink et Maple.

Familiarisation avec un environnement de simulation numérique.

Développement d'algorithmes numériques basés sur des problèmes de la physique et de la physique appliquée (mécanique, optique, électricité, énergie, etc.).

### **OMP2 (3 ECTS : 13,5h CM – 13,5h TD )**

L'objectif de cet enseignement est d'introduire les outils qui seront nécessaires à la bonne compréhension d'enseignements tels que la thermodynamique ou l'électromagnétisme pour lesquels les fonctions de plusieurs variables et les formes différentielles sont incontournables.

- Fonctions de plusieurs variables : dérivées partielles – Différentielles. Applications simples à la thermodynamique.
- Calculs d'incertitudes en physique.
- Notions de champ scalaire et de champ vectoriel.
- Analyse vectorielle. Gradient, divergence, rotationnel. Application : relation entre force et énergie potentielle.
- Intégrale curviligne : application au calcul du travail d'une force.
- Calculs d'angles solides, de surfaces et volumes simples. Théorèmes d'Ostrogradski et de Stokes

---

## **UE3 – Outils**

---

### **ENR (3 ECTS : 12h CM - 12h TD)**

Histoire de l'énergie, Contexte actuel, aspects environnementaux, perspectives. Origine des énergies renouvelables, place dans le système énergétique mondial, ressources, interaction avec le climat. Introduction aux différentes énergies, à leurs caractéristiques principales et à leurs potentialités.

### **Techniques d'expression (2 ECTS : 18h TD)**

Perfectionnement des capacités expressives et rédactionnelles requises dans le cadre d'un parcours universitaire. Maîtrise des contraintes inhérentes à une communication efficace à travers un certain nombre de pratiques (prise de parole en public, exposé argumentatif, commentaire, rédaction, résumé) permettant l'assimilation d'usages et de protocoles bien précis (correction de la langue, techniques de présentation, de développement, de composition, art de la transition et de la

conclusion, insertion de citations et d'exemples, richesse de l'expressivité)

Prise de conscience de la dimension pragmatique du langage. Observation et pratique de discours dits « complexes » : repérages linguistiques destinés à développer des problématiques lexicales, syntaxiques et stylistiques Les règles et stratégies du texte argumentatif : construction, plan, structure logique et sémantique, connecteurs et outils grammaticaux, organisation thématique et progression de la chaîne référentielle, facteurs de liaison et co-références, richesse et précision du vocabulaire, registre de langue, moyens rhétoriques.

**Anglais (2 ECTS : 12h TD – 12h Labo de langue)**



## SEMESTRE 3

---

### UE1 – Fondamentaux

---

#### **Énergétique et thermique (3,5 ECTS : 15h CM - 15hTD)**

Illustrer par des exemples les notions de thermodynamique physique, de cycles et machines thermiques. Lois générales des échanges de chaleur : conduction, convection, rayonnement conduction - Lois générales des transferts thermiques - Applications : fours, refroidisseurs, régulateurs.

#### **Electrostatique (3 ECTS : 12h CM – 12h TD – 6h TP)**

Charge électrique. Conservation de la charge. Loi de Coulomb pour une charge et un ensemble de charges. Energie d'un système de charges. Le champ électrique. Distributions continues de charges. Flux du champ électrique et théorème de Gauss. Champ créé par des distributions particulières (plane, cylindrique, sphérique etc.).

Potentiel électrique. Circulation du champ électrique, différence de potentiel. Relation entre champ et potentiel. Potentiel d'une distribution de charges. Potentiel et champ du dipôle électrostatique. Energie associée au champ électrique. Equation de Laplace et de Poisson. Equilibre électrostatique. Influence électrostatique. Condensateurs. Condensateur plan, cylindrique, sphérique.

#### **De l'électron à la liaison (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

L'atome et les électrons, nombres quantiques, niveaux d'énergie et orbitales atomiques. Liaisons covalentes, orbitales moléculaires. Caractère ionique des liaisons moléculaires. Hybridation des orbitales, généralisation au solide. Les différents types de liaisons dans le solide. Forces de cohésion et rayons de l'atome. Introduction à quelques grandes structures cristallines covalentes et matériaux polymériques.

#### **Intégrales multiples (3 ECTS : 13,5h CM – 13,5h TD)**

Rappels sur les intégrales simples : sommes de Riemann, relation de Chasles, moyenne, changement de variable. Intégrales doubles et triples : théorème de Fubini, changement de variables, Jacobien, calculs de surfaces et volumes simples, applications aux intégrales gaussiennes.

Applications aux champs scalaires et vectoriels : notion de circulation, notion de flux, théorèmes de Stokes et Ostrogradski.

---

### UE2 – Spécialité

---

#### **Électronique Analogique (3 ECTS : 12hCM - 12hTD - 6hTP)**

Quadripôles, fonctions de transfert, impédance d'entrée, impédance de sortie, représentation de Bode, étude des filtres, filtres passifs, filtres actifs, filtres du premier et second ordre

#### **Cinétique chimique (3 ECTS : 12h CM - 12h TD - 6h TP)**

Vitesse de réaction, détermination expérimentale. Loi de vitesse, ordres partiels, ordre global,

molécularité. Réaction élémentaire, réaction complexe. Influence de la température, loi d'Arrhenius. Cinétique formelle de quelques réactions simples. Loi de vitesse intégrée et temps de demi-réaction. Détermination de l'ordre d'une réaction simple (méthode des temps de demi-réaction, méthodes différentielles, intégrales,...). Réactions jumelles, réactions en opposition, réactions successives. Approximation de l'état quasi-stationnaire. Mécanismes réactionnels.

### **Introduction à l'automatique (3 ECTS : 12h CM - 12h TD - 9h TP)**

Problématique de l'automatique, classification des systèmes, outils mathématiques (complexes, décomposition en éléments simples, transformée de Laplace), représentations des systèmes (réponse impulsionnelle, fonction de transfert, schémas fonctionnels), analyse de la réponse de systèmes usuels (temporel et fréquentiel), initiation à Matlab (TP).

Présentation générale et historique de l'automatique.

Modélisation : des exemples de systèmes, terminologie, notion de linéarité, linéarisation autour d'un point de fonctionnement, de l'équation différentielle à la fonction de transfert, définition et signification des pôles et des zéros, causalité, notion de stabilité, schémas fonctionnels

Caractéristiques temporelles et fréquentielles des systèmes : fonction de transfert du 1er ordre ; forme canonique, réponse temporelle (à un échelon, à une rampe), réponse harmonique : gain complexe , représentation : Bode, Nyquist, Black, fonction de transfert du 2ème ordre, forme canonique, lien entre paramètres (amortissement, pulsation propre non amortie) et position des pôles dans le plan complexe, réponse temporelle (à un échelon, à une rampe), réponse harmonique : gain complexe , représentation : Bode, Nyquist, Black, effet du retard pur : réponses temporelles et harmonique. Notion de systèmes à non-minimum de phase

Systèmes bouclés : chaîne directe et chaîne de retour, calcul de la fonction de transfert en boucle fermée, modification des performances en boucle fermée, lieu des pôles (Evans), réponse harmonique et abaque de Black : passer de la boucle ouverte à la boucle fermée

### **Introduction à l'électrotechnique (3 ECTS : 12h CM - 12h TD - 9h TP)**

---

## **UE3 – Ouverture**

---

### **Conversion EnR (2,5 ECTS : 6h CM - 6h TD - 6h TP)**

Base de la conversion d'énergie et applications aux EnR : conversion de l'énergie, chaînes de conversion, rendement et efficacité des systèmes, conversion en énergie utile (thermique, électrique, mécanique...)

### **Anglais (2 ECTS : 12h TD – 12h Labo de langue)**

### **Valorisation des compétences (1 ECTS : 10h TD)**

Du projet à la valorisation de ses compétences personnelles et professionnelles Analyser son projet grâce à un travail de bilan et d'exploration de ses expériences. Identifier ses objectifs, motivations, ressources et freins. Confronter son bilan personnel à son projet professionnel.

## SEMESTRE 4

---

### UE1 – Fondamentaux SPI 1

---

EEA

#### **Analyse des systèmes bouclés (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

Analyse de la stabilité des systèmes bouclés : le problème de la stabilité, définition, un critère algébrique : la position des pôles dans le plan complexe, un critère graphique simple : le critère du revers, les marges de stabilité

Étude de la précision statique : l'erreur de "position" en statique, précision, minimisation ou annulation, l'erreur en "vitesse", écart de traînage, minimisation ou annulation, chaîne d'anticipation

Sensibilité aux perturbations : effet du bouclage. Minimisation ou annulation en statique. Chaîne de tendance, calcul des fonctions de sensibilité

#### **Composants analogiques (3ECTS : 13,5CM – 13,5h TD)**

Diode : composant et circuits associés, transistor bipolaire : principe, caractéristiques, polarisation, schéma équivalent, amplificateur opérationnel, introduction à la modélisation des composants (diode, transistor), application de la modélisation sur un outil informatique PSPICE

#### **Circuits en électronique de puissance (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

#### **Systèmes à évènements discrets (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD/TP)**

Rappel sur la logique combinatoire et séquentielle.

Machine à états finis, machine de Moore, machine de Mealy, etc.

Grafset et automate programmable.

etc.

EnerMat

#### **Thermodynamique appliquée (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

Outils de base en thermodynamique nécessaires pour le dimensionnement des systèmes énergétiques : déterminer les propriétés thermodynamiques des corps utilisés en énergétique, analyser des flux de matière et d'énergie dans des systèmes thermodynamiques, effectuer des bilans de matière et d'énergie dans ces systèmes, en déduire les efficacités ou rendements de procédés. Propriétés des corps purs : Diagrammes de phase. Tables et diagrammes. Propriétés des mélanges : Lois de Dalton, Raoult. Mélanges zéotropes, mélanges azéotropes : introduction aux diagrammes de phase.

Cycles thermodynamiques : Cycle de Carnot, Cycles à vapeur (cycles moteurs et cycle de réfrigération), Cycles à gaz (cycles moteurs et de réfrigération), Cycle combiné.

Introduction à la combustion : Application du premier principe, Enthalpie de formation, PCI, PCS, Température de flamme adiabatique.

### **Transferts de masse et de chaleur (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

Analyse dimensionnelle, lois phénoménologiques conduction de chaleur, lois de Fourier convection naturelle, convection forcée, notion de couche limite, loi de Newton, rayonnement thermique, loi de Stefan-Boltzmann..., diffusion, loi de Fick, introduction aux échangeurs de chaleur et de masse

### **Statique des fluides (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

Notions de fluides, gaz parfaits, propriétés et comportements des fluides en statique, notions et mesures de pressions, pression atmosphérique, forces de pression, théorème de l'hydrostatique, poussée d'Archimède, phénomènes de capillarité, force de capillarité et pesenteur.

### **Organisation du solide / cristallographie (3 ECTS : 12h CM - 12h TD – 6h TP)**

Solide cristallin, solide amorphe. Groupes ponctuels de symétrie. Nœuds, rangées, plans cristallographiques. Mailles 2D et 3D. Réseaux de Bravais. Métaux, empilements de sphères identiques : plans compacts, empilements de plans compacts, compacités, descriptions de la symétrie de structures métalliques. Sites cristallographiques. Structures de composés cristallins : empilements de sphères différentes, cristaux ioniques et covalents. Le matériau : solide avec défauts

---

## **UE2 – Fondamentaux SPI 2**

---

### **Projets technologiques (3ECTS : 3h CM – 27h TP)**

#### **TP (4 ECTS : 36h TP)**

Illustrer avec des cas pratiques ou par le biais de logiciels de simulation les bases théoriques vues en cours ou introduire de manière concrète les concepts qui seront développés plus tard dans la formation.

- EEA : Travaux pratiques transversaux en électronique, énergie et automatique.
- EnerMat : Travaux pratiques de Science des matériaux, Mécanique des fluides, Transferts de chaleur et de masse, Echangeurs.

---

## **UE3 – Outils**

---

### **Traitement du signal 1 (3 ECTS : 13,5h CM – 13,5h TD)**

Ce cours concerne les signaux déterministes à temps continu et leurs transformées.

Classification des signaux, énergie et puissance, signaux à temps continu usuels, produit de convolution, impulsion de Dirac, série de Fourier, transformée de Fourier, transformée de Laplace, corrélation et densités spectrales, application : filtrage analogique, application: modulation/démodulation.

**Pilotage de plateforme d'expérimentation (3 ECTS : 6h CM - 24h TD)**

Prise en main du logiciel Labview destiné à du pilotage de plateforme d'expérimentation. Initiation à la programmation (types de variable, boucles, etc.)

Réalisation d'un projet personnel.

---

**UE4 - Ouverture**

---

**EnR : transport, stockage, gestion et intégration ( 2ECTS : 6hCM - 6hTD - 6hTP)**

Transport et stockage de l'énergie, gestion des énergies étroitement liées aux contraintes environnementales, chaînes énergétiques, réseau électrique, intégration dans le bâti.

**Anglais (2 ECTS : 12h TD – 12h Labo de langue)****Préparation au C2i niveau 1 (1 ECTS : 12h CM - 15h TD)**

Travailler dans un environnement numérique évolutif, Être responsable à l'ère du numérique, Produire, traiter, exploiter et diffuser des documents numériques.

Organiser la recherche d'informations à l'ère du numérique, Travailler en réseau, communiquer et collaborer.

Modalité de certification :

QCM national validé + Dossier numérique de compétence complet (travail collaboratif + activités de formation + preuves de compétences)

## SEMESTRE 5

---

### UE1 - Fondamentaux

---

EEA

#### **Chaînes de conversion électrique (3 ECTS : 12hCM - 12hTD - 6h TP)**

Composants de l'électronique de puissance, convertisseurs de puissance : redresseurs, hacheurs, onduleurs, gyrateur, association de convertisseurs, commande de moteurs, composants passifs et semiconducteurs, pertes dans les composants et les convertisseurs.

#### **Commande des systèmes continus (3 ECTS : 12h CM - 12h TD - 6h TP)**

Introduction. Analyse d'un cahier des charges : localisation des pôles désirés, interprétation en termes de réponse fréquentielle

Méthodes temporelles et fréquentielles d'identification expérimentale de systèmes

Rôle et structure générale des correcteurs : correction série, correction parallèle, correction par anticipation, régulateur à 2 degrés de liberté

Correction série : types de correcteurs : P, PI, PD, PID, avance de phase, retard de phase, avance et retard de phase, méthode de Ziegler et Nichols, calcul de correcteurs dans le domaine temporel à l'aide du lieu des pôles (Evans), calcul de correcteurs dans le domaine fréquentiel (Black Nichols, Bode). Correction parallèle : principe général, correction tachymétrique simple, correction tachymétrique filtrée. Correction des systèmes à retard.

#### **Composants électroniques et circuits associés (3 ECTS : 12hCM - 12hTD - 6hTP)**

Rappels d'électricité, rappels sur le transistor bipolaire, transistors unipolaires (JFET et MOSFET), sources de courants : miroir de courant, charges actives, amplificateur différentiel, étages de sortie. L'amplification de puissance : les classes d'amplification (A, B, C, D) : principe, rendement, distorsion, applications

EnerMat

#### **Génie des procédés (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

Description des réacteur, Bilans dans un réacteur, Dimensionnement du RPA fermé/ouvert. Dimensionnement du réacteur piston, Couplages de réacteurs, Réacteurs réels, Réacteurs à effets thermiques associés

#### **Mécanique des milieux continus ( 3 ECTS : 9h CM - 12h TD - 9h TP)**

Contraintes et déformations, lois de comportement, domaine élastique, diagrammes des efforts et des moments, application aux poutres, caractéristiques des sections. Etude des sollicitations simples : traction, compression, torsion, flexion. Notions d'élasticité plane : mesure de déformations. Notions de sollicitations composées, superposition. Relations contraintes, déformations, températures. Utilisation de logiciels

### **Dynamique des fluides (3 ECTS : 13,5h CM – 13,5h TD)**

Rappels de statique, écoulements dans les conduites, singularités et orifices, notions de machines hydrauliques, différents types, caractéristiques. Analyse dimensionnelle et similitude. Réseaux de conduites. Différents types de machines hydrauliques. Calculs de réseaux comportant des machines. Notions de phénomènes transitoires. Interaction entre un fluide et un solide.

---

## **UE2 – EEA**

---

### **Systèmes électroniques (3 ECTS : 12h CM - 12h TD – 6h TP)**

Génération de signaux non sinusoïdaux : principes associés à la génération des signaux, générateurs de signaux périodiques, signaux carrés et triangulaires (multivibrateur, timer), générateurs de rampe, générateurs de fonctions intégrés. Amplification de signal : définition de la fonction amplification (de tension, de courant et de puissance), classification des amplificateurs, exemple sélectif, large bande..., réalisation à partir d'amplificateurs opérationnels, l'amplificateur réel : dynamique, bande passante, non linéarités...Circuits électroniques pour la conversion AN/NA.

### **Systèmes EEA (3 ECTS : 13,5h CM – 13,5h TD)**

Matière transversale et appliquée permettant de mettre en pratique les propriétés théoriques fondamentales vues dans les matières d'électronique, d'énergie électrique et d'automatique.

### **Calcul Numérique (3,5 ECTS : 12h CM – 18h TP)**

Connaître et être capable d'utiliser des techniques du calcul numérique.  
Résolution de systèmes non linéaires  
Recherche de valeurs propres et de vecteurs propres  
Résolution d'équations différentielles  
Résolution d'équations aux dérivées partielles

---

## **UE2 – Matériaux**

---

### **Synthèse de matériaux (3 ECTS : 12h CM - 18h TD)**

Introduction aux procédés d'élaboration des matériaux. Métallurgie : diagrammes d'équilibre, diffusion, solidification, traitements thermiques, alliages à base de fer et non ferreux. Céramurgie : poudres et frittage. Polymères : polymérisations de monomères, réticulation et cristallisation, orientation, mise en forme-plasturgie. Elaboration de matériaux composites : fibre et matrices, origines du renforcement des propriétés. Procédés de traitements de surface par voie sèche : théorie cinétique des gaz, réactivité dans les gaz et aux surfaces, CVD et traitements thermochimiques, notions de plasma, PACVD, évaporation et PVD plasma, projections. Procédés de traitements de surface par voie sol-gel. Projet de documentation par groupe.

### **Matériaux et propriétés (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

Bases de la physique de l'état solide et compréhension de l'origine des propriétés physiques dépendant i) des liaisons interatomiques et des défauts, ii) de la vibration des atomes et iii) des

électrons : propriétés mécaniques, thermiques, électriques, optiques, magnétiques.  
Classes de matériaux : métaux, isolants, semiconducteurs.

**Méthodes d'analyses spectroscopiques (3 ECTS : 7.5h CM - 7.5h TD - 15h TP)**

Introduction (onde/photon, échelle d'énergie, loi de Beer-Lambert) -

Principe et appareillage et exemples d'application pour les –spectroscopie atomique –

Spectroscopie électronique moléculaire d'absorption et d'émission – Spectroscopie vibrationnelle.

---

**UE3 – Outils**

---

**Programmation en C et C++ (3 ECTS : 9h CM – 21h TDO)**

Programmation langage C et C++ pour la physique appliquée. Programmation de micro contrôleurs et micro processeur.

**EEA**

**Traitement du signal 2 (3 ECTS : 13,5h CM – 13,5h TD)**

Ce cours concerne les signaux déterministes à temps discret et leurs transformées.

Échantillonnage, quantification, reconstruction, signaux à temps discret usuels, transformée de Fourier à temps discret, transformée de Fourier discrète, application : éléments d'analyse spectrale numérique, transformée en z, application : filtrage numérique.

**EnerMat**

**Physique statistique (3 ECTS : 13,5h CM – 13,5h TD)**

L'approche statistique de la physique. Éléments de théorie des probabilités. Marche au hasard et mouvement brownien. Ensemble canonique. Systèmes ouverts. Ensembles canoniques généralisés. Gaz parfaits. Paramagnétisme. Systèmes de particules chargées. Physique statistique et relations thermodynamiques. Statistique de Fermi-Dirac. Gaz de Fermi. Statistique de Bose-Einstein. Condensation de Bose. Superfluidité. Supraconductivité. Généralités sur les systèmes hors équilibre. Equation maîtresse. Phénomènes de transport. Mouvement brownien : modèle de Langevin. Théorie de la réponse linéaire. Théorème de fluctuation-dissipation.

---

**UE4 – Ouverture**

---

**ENR : impacts environnementaux et développement durable (2 ECTS : 12h CM - 6hTD)**

Notions sur les émissions de gaz à effet de serre, autres (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, particules...). Définition des Impacts (sonore, visuel, olfactif...). Notion de critères de choix. Compréhension de l'analyse de cycle de vie et des objectifs de ce type d'étude

**Anglais (2 ECTS : 12h TD – 12h Labo de langue)**



**Stratégie de recherche de stage ou d'emploi (1 ECTS : 10h TD)**

Des compétences à sa stratégie de recherche de stage ou d'emploi

Apporter les méthodes pour permettre une meilleure connaissance et approche du monde professionnel : marché, sourcing, réseau, candidature. Envisager ses choix post-licence.

## SEMESTRE 6

---

### UE1 - Fondamentaux

---

#### **Mesures physiques et Capteurs (3 ECTS : 9h CM - 9h TD - 9h TP)**

Acquérir des compétences sur les chaînes d'acquisition, les chaînes de mesures.

Grandeurs et lois physiques, notions sur les mesures physiques, qualité des mesures, capteurs : caractéristiques métrologiques et mise en oeuvre, instrumentation, systèmes d'acquisition et de traitement, chaîne de mesures : du phénomène physique à l'acquisition du signal et étude des différents éléments constitutifs, la mesure et son traitement analogique.

#### **Automatique industrielle (3 ECTS : 9h CM - 9h TD - 9h TP)**

Structure d'un système automatique de production, informations et support.

Rappel sur les systèmes de numération et codes.

Instrumentation

Automates programmables industriels et famille de langages associées

GRAFSET et coordination des tâches

GEMMA et GRAFCET des modes de marche et d'arrêt

#### **Stage d'initiation professionnelle (3 ECTS : 4 semaines)**

---

### UE2 - EEA

---

#### **Machines électriques (3 ECTS : 9h CM - 12h TD - 6h TP)**

Fonctionnement des convertisseurs électromécanique à champ tournant.

Structure et modélisation des machines électriques.

Machines à courant continu (shunt, série) synchrones et asynchrones.

Détermination des puissances et des couples en charge.

Alimentation des machines électriques.

#### **Analyse et commande des systèmes échantillonnés (3 ECTS : 9h CM - 12h TD - 6h TP)**

Notion de filtrage numérique : échantillonnage, reconstruction, Transformées en z, Fonction de transfert en z de systèmes numériques, Synthèse des filtres numériques et stabilité, Asservissement échantillonné : fonctions de transfert, étude approximative continue, stabilité, choix de la fréquence d'échantillonnage (critère de stabilité de jury, shannon, etc.).

Signaux échantillonnés et commande de systèmes : Analyse fonctionnelle de systèmes à commande numérique à partir d'exemples, Opération d'échantillonnage. Modélisation de la conversion numérique-analogique, bloqueurs.

Modélisation et mise en équation : relation entrée-sortie des systèmes à temps discret : équations de récurrence, fonction de transfert, notions de stabilité et de causalité, fonction de transfert des systèmes à temps continu bloqués-échantillonnés, fonction de transfert équivalente à des associations de systèmes, calcul des réponses temporelles

Analyse de la stabilité des systèmes bloqués-échantillonnés : influence de la période

d'échantillonnage, position des pôles, utilisation de la transformation en  $w$  pour retrouver les méthodes d'analyse du continu

Précision des systèmes bloqués-échantillonnés : calcul des erreurs en régime permanent, erreur de position, erreur en vitesse, amélioration de la précision

Analyse d'un cahier des charges : choix de la période d'échantillonnage, choix d'un transfert désiré en boucle fermée : second ordre dominant, interprétation en termes de réponse fréquentielle

Méthode de synthèse : placement de pôles ou synthèse fréquentielle par utilisation de la fonction de transfert en  $w$ , Structures de régulateurs numériques, PID, régulateurs à 2 degrés de liberté : commande par modèle interne, commande RST

Phénomène d'anti-emballement de l'intégrateur : étude du phénomène, techniques d'anti-emballement

### **Informatique industrielle (3 ECTS : 9h CM - 18h TP)**

Programmation de micro-contrôleur et langage spécifique de programmation.

---

## **UE2 – EnerMat**

---

### **Échangeurs thermiques (2 ECTS : 9h CM - 12h TD – 6h TP)**

Coefficient d'échange, Écoulements turbulents, Écoulements laminaires : établis, sur une plaque infinie, internes, Diamètres hydrauliques. Transferts de chaleurs en écoulement interne laminaire établi. Du laminaire au turbulent : naissance de la turbulence, couche limite turbulente.

Transferts de chaleur en écoulement turbulent;

Pertes de charge régulière et singulière et écoulements semblables de fluides incompressibles.

Échangeurs de chaleur : Analyse des échangeurs de chaleur (méthode D. T. M.L.), Méthode du nombre d'unité de transfert (N. U. T.).

Transferts par rayonnement : Le corps noir, Définitions des propriétés radiatives des surfaces opaques, Propriétés des surfaces réelles, Échanges par rayonnement entre surfaces noires, Échanges par rayonnement entre surfaces grises.

### **EDP appliquées aux transferts (3 ECTS : 12h CM - 12h TD)**

Généralités sur les équations aux dérivées partielles. Problèmes aux limites, problèmes d'évolution, classification des équations aux dérivées partielles du second ordre. Étude d'un exemple d'équation parabolique : équation de la chaleur. Solutions élémentaires. Approche numérique par schéma explicite et schéma implicite. Étude d'un exemple d'équation hyperbolique : équation des cordes vibrantes. Solutions élémentaires et approche directe. Approche numérique par schéma explicite et schéma implicite. Méthode de Newmark. Étude d'un exemple d'équation elliptique. Approche par différences finies. Approximation variationnelle, éléments finis.

### **Matériaux et applications énergétiques 1 (3 ECTS : 13,5h CM - 13,5h TD)**

Matériaux pour le photovoltaïque : contexte économique et environnemental, convertisseur photovoltaïque idéal, principes de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque, aperçu des différentes filières photovoltaïques.

Matériaux pour l'énergie thermique : captation, stockage.

Piles à combustibles : structure (matériaux membranaires, électrolytes et électrodes), technologies haute et basse température

### **Matériaux et applications énergétiques 2 (3 ECTS : 12h CM - 6h TD - 9h TP)**

Matériaux pour applications mécaniques : Mécanique du contact, contraintes internes, fissuration/ténacité, Matériaux sous fortes sollicitations, Tests associés à l'adhérence et aux mesures de contraintes, Vieillessement thermomécanique et chimique des matériaux en conditions extrêmes, Applications lubrifiées moteur pour l'automobile, aéronautiques et spatiales.

Matériaux de structure : BTP, Matériaux composites de haute résistance, Application à l'éolien.

Matériaux pour le bâtiment : Isolation interne ou externe, inertie thermique, Architecture bioclimatique, Matériaux à faible émissivité.

---

## **UE3 – Options SPI**

---

### **Traitement de l'énergie électrique (3 ECTS : 12h CM – 12h TD – 6h TP)**

Principe et fonctionnement des convertisseurs électromécanique à champ tournant.

Structure et modélisation des machines électriques,

Machines à courant continu (shunt, série), synchrones et asynchrones.

Diagrammes, détermination des puissances et des couples en charge.

Principe d'une alimentation de machines électriques.

Mesurer des grandeurs physiques d'une machine à courant continu et d'une machine asynchrone

Fonctionnement des convertisseurs électromécanique à champ tournant.

Structure et modélisation des machines électriques.

Machines à courant continu (shunt, série) synchrones et asynchrones.

Détermination des puissances et des couples en charge.

Alimentation des machines électriques.

**EEA**

### **Opto-électronique et hyperfréquence (3 ECTS : 9hCM - 12hTD - 6hTP)**

Hyperfréquence : propagation d'une impulsion guidée par une ligne, diagramme de Smith, adaptation d'impédances, circuits résonants, impédances, circuits passifs. Opto-électronique : photo-diode, photo-transistor, fibres optiques, propagation dans une fibre optique.

### **Physique des composants (3 ECTS : 9hCM - 12hTD – 6h TP)**

Propriétés électroniques des matériaux semi-conducteurs, jonction p-n, jonction métal/semi-conducteur, application transistor bipolaire, application transistor unipolaire, cellules photovoltaïques

**EnerMat**

### **Caractérisation physico-chimiques des matériaux (2 ECTS : 18h TP)**

Principes physiques, mise en œuvre et analyse des résultats issus de différentes techniques de caractérisation parmi les plus utilisées dans l'industrie et les laboratoires de recherche : MEB/EDS, FTIR, Ellipsométrie, AFM, diffraction X.

### **Moyens d'élaboration (2 ECTS : 18h TP)**

Mise en œuvre et compréhension des principes physiques ayant trait à différents procédés d'élaboration de matériaux en couches minces : Élaboration de couches minces par PACVD radio-fréquence et micro-onde, Simulation du bombardement ionique en procédé d'élaboration, Élaboration et analyse de couches minces par PVD, Élaboration et analyse de couches minces par CSVT, Choix des matériaux et procédés intégrés (CE Selector).

---

#### **UE4 - Ouverture**

---

##### **Visites d'installations EnR (2 ECTS : 12h TP)**

Mettre en contact les étudiants avec le milieu professionnel et illustrer l'ensemble des compétences à acquérir avec des cas concrets. Les étudiants pourront mettre en pratique directement chez certains industriels ce qu'ils ont appris en cours.

##### **Preparation au CLES niveau 1 (1 ECTS : 18h TD)**