

# Cursus master ingénierie (CMI)

## Cursus master ingénierie (CMI) - Micro et nano-électronique (MNE)

### CMI Micro et nano-électronique (MNE) - 1ère année

#### Semestre 1 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS | CM   | CI | TD | TP  | TE   | Stage |
|--|------|------|----|----|-----|------|-------|
| UE CMI-S1-1 - Ouverture socio-économique et culturelle |      | 24 h |    |    | 5 h |      |       |
| Histoire des techniques                                |      | 24 h |    |    |     |      |       |
| Projet d'ingénierie : découverte                       |      |      |    |    | 5 h | 45 h |       |

#### Semestre 2 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS   | CM   | CI  | TD   | TP   | TE   | Stage |
|--|--------|------|-----|------|------|------|-------|
| UE 5 - Option (choix imposé)                           |        |      | 4 h |      | 20 h |      |       |
| Étude de systèmes en science de l'ingénieur            |        |      | 4 h |      | 20 h |      |       |
| UE 7 - Semestre 4 - Ouverture professionnelle          | 3 ECTS | 6 h  |     | 8 h  |      | 16 h | 4 sem |
| Stage  |        | 6 h  |     | 8 h  |      | 16 h | 4 sem |
| UE CMI-S2-2 - Ouverture socio-économique et culturelle |        | 18 h |     | 14 h |      |      |       |
| Entreprise et son environnement : découverte           |        | 12 h |     |      |      |      |       |
| Techniques d'expression professionnelle                |        | 6 h  |     | 14 h |      |      |       |

### CMI Micro et nano-électronique (MNE) - 2e année

#### Semestre 3 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS | CM   | CI | TD | TP | TE | Stage |
|--|------|------|----|----|----|----|-------|
| UE CMI-S3-1 - Ouverture socio-économique et culturelle |      | 36 h |    |    |    |    |       |

|                                     | ECTS | CM   | CI | TD | TP | TE | Stage |
|-------------------------------------|------|------|----|----|----|----|-------|
| Sciences et risques                 |      | 12 h |    |    |    |    |       |
| Techniques quantitatives de gestion |      | 12 h |    |    |    |    |       |
| Financement des entreprises         |      | 12 h |    |    |    |    |       |

#### Semestre 4 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|   | ECTS | CM   | CI | TD   | TP   | TE   | Stage |
|---|------|------|----|------|------|------|-------|
| UE 12 - Option (choix A, Génie électrique, imposé)      |      | 24 h |    | 24 h | 12 h | 60 h |       |
| A : Génie électrique - Électronique                     |      | 10 h |    | 10 h | 12 h | 30 h |       |
| A : Génie électrique - Micro-électronique               |      | 14 h |    | 14 h |      | 30 h |       |
| UE CMI-S4-1 - Droit pour les entreprises                |      | 20 h |    |      |      |      |       |
| Droit pour les entreprises                              |      | 20 h |    |      |      |      |       |
| UE CMI-S4-2 - Projet de recherche bibliographique (60h) |      |      |    | 6 h  |      |      |       |
| Projet de recherche bibliographique (60h)               |      |      |    | 6 h  |      |      |       |

### CMI Micro et nano-électronique (MNE) - 3e année

#### Semestre 5 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS | CM   | CI | TD  | TP  | TE   | Stage |
|--|------|------|----|-----|-----|------|-------|
| UE CMI-S5-1 Ouverture socio-économique et culturelle |      | 14 h |    |     | 8 h |      |       |
| Initiation à l'intelligence artificielle             |      | 6 h  |    |     | 8 h | 12 h |       |
| Notions de gestion de projet en entreprise           |      | 8 h  |    |     |     |      |       |
| UE CMI-S5-2 - Projet intégrateur de 120h, partie a   |      |      |    | 6 h |     |      |       |
| Projet intégrateur de 120h, partie a                 |      |      |    | 6 h |     |      |       |

#### Semestre 6 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS | CM   | CI | TD   | TP | TE | Stage  |
|--|------|------|----|------|----|----|--------|
| UE CMI-S6-1 Energie électrique                         |      | 18 h |    | 10 h |    |    |        |
| Énergie électrique                                     |      | 18 h |    | 10 h |    |    |        |
| UE CMI-S6-2 Stage de spécialisation : 10 à 12 semaines |      | 8 h  |    | 6 h  |    |    | 12 sem |

|  | ECTS | CM  | CI | TD  | TP | TE | Stage  |
|--|------|-----|----|-----|----|----|--------|
| Stage de spécialisation : 10 à 12 semaines |      | 8 h |    | 6 h |    |    | 12 sem |

## CMI Micro et nano-électronique (MNE) - 4e année

### Semestre 7 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS | CM   | CI | TD  | TP | TE | Stage |
|--|------|------|----|-----|----|----|-------|
| UE CMI-S7-1 Ouverture socio-économique et culturelle     |      | 28 h |    |     |    |    |       |
| Economie du savoir et de la connaissance                 |      | 14 h |    |     |    |    |       |
| Economie d'entreprise                                    |      | 14 h |    |     |    |    |       |
| UE CMI-S7-2 - Travail d'Etude et de Recherche (partie a) |      |      |    | 6 h |    |    |       |
| Travail d'Etude et de Recherche (partie a)               |      |      |    | 6 h |    |    |       |

### Semestre 8 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS | CM   | CI | TD   | TP   | TE | Stage |
|--|------|------|----|------|------|----|-------|
| UE CMI-S8-5 - Technologie des composants, des CIs et des capteurs (Option 1 imposée) |      | 36 h |    | 6 h  | 8 h  |    |       |
| Capteurs   |      | 10 h |    | 6 h  | 8 h  |    |       |
| Introduction à la technologie des composants intégrés et caractérisation             |      | 26 h |    |      |      |    |       |
| UE CMI-S8-6 - Testabilité et fiabilité des CIs (Option 2 imposée)                    |      | 24 h |    | 10 h | 16 h |    |       |
| Testabilité des circuits numériques  |      | 8 h  |    | 6 h  | 8 h  |    |       |
| Testabilité des circuits analogiques et mixtes                                       |      | 16 h |    | 4 h  | 8 h  |    |       |

## CMI Micro et nano-électronique (MNE) - 5e année

### Semestre 9 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|   | ECTS | CM | CI | TD   | TP | TE | Stage |
|---|------|----|----|------|----|----|-------|
| UE CMI-S9-9 - Projet intégrateur (160h) |      |    |    | 16 h |    |    |       |
| Projet intégrateur de 160h              |      |    |    | 16 h |    |    |       |

## Semestre 10 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

|  | ECTS | CM | CI | TD | TP | TE | Stage  |
|--|------|----|----|----|----|----|--------|
| UE CMI-S10-2 - Intership (Stage - 6 mois imposé) |      |    |    |    |    |    | 26 sem |
| Stage - 6 mois imposés                           |      |    |    |    |    |    | 26 sem |

## Semestre 1 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

### UE CMI-S1-1 - Ouverture socio-économique et culturelle

#### Histoire des techniques

##### Description du contenu de l'enseignement

##### Objectif :

- Faire prendre conscience à l'étudiant de l'influence des sciences et technologies sur les civilisations
- Développer un esprit critique vis-à-vis de la science et des technologies

##### Descriptif :

Le cours vise à montrer comment se sont constitués les systèmes techniques depuis les premiers outils à l'aube de l'humanité jusqu'à la technoscience d'aujourd'hui.

Il décrit comment la diffusion des techniques a modelé l'histoire et les civilisations, et plus spécifiquement la culture occidentale.

Les périodes retenues sont relatives à la préhistoire, l'Antiquité grecque, la révolution technique du Moyen-Age, la Révolution Industrielle et la période contemporaine.

Nous verrons comment les changements sociétaux et environnementaux provoqués par les diverses innovations technologiques au cours du temps ont pu susciter des réflexions d'ordre anthropologique, philosophique et éthique.

Voici certains des thèmes abordés : l'hominisation (le processus d'apparition de l'espèce humaine), les conséquences socio-économiques de certaines grandes innovations, la genèse et l'histoire du progressisme et de ses détracteurs, les controverses socio-techniques liées au développement des biotechnologies (OGM, tests génétiques...).

##### Compétences à acquérir

## **1. Disciplinaires**

- Néant

## **2. Transversales**

- Savoir rechercher et analyser des informations scientifiques en lien avec la société et les enjeux sociétaux
- Savoir faire preuve d'une analyse critique

## **Projet d'ingénierie : découverte**

### **Description du contenu de l'enseignement**

Le projet d'ingénierie : découverte, a pour objectif d'initier par la pratique les étudiants au déroulement d'un projet simple en les confrontant à une situation d'ingénierie réelle en adéquation avec leur spécialisation. A travers ce projet, ils apprendront à définir un cahier des charges et y répondre de manière progressive. De plus, ils auront à charge de présenter les différentes étapes de développement suivies ainsi que les résultats obtenus devant un jury. Cette dernière étape a pour objectif de développer l'esprit d'analyse et de synthèse pour pouvoir présenter leur travail de manière valorisable. Par ailleurs, la réalisation de tels projets est à même d'inculquer aux étudiants des compétences de travail en autonomie puisqu'ils ont la charge de définir leur plan de travail en toute liberté mais aussi les rudiments de travail en équipe puisqu'ils seront répartis en petits groupes de quelques étudiants. Durant ce travail les étudiants bénéficieront d'un encadrement pour orienter leurs choix le cas échéant, venir en aide en cas de besoin et surtout les accompagner dans les étapes de développement pour lesquelles ils n'ont pas encore acquis les compétences nécessaires

### **Compétences à acquérir**

#### **1. Disciplinaires**

- Savoir traduire un énoncé de projet d'ingénierie de complexité moyenne en cahier des charges
- Maîtriser les concepts de base d'ingénierie (circuit électronique simple, programmation Arduino, impression 3D...)

#### **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie au sein d'un groupe
- Savoir présenter de manière claire et structurée le travail réalisé

# Semestre 2 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

## UE 5 - Option (choix imposé)

### Étude de systèmes en science de l'ingénieur

#### Description du contenu de l'enseignement

Cet enseignement repose sur 25 heures réparties en 5h de cours magistraux dans l'EEA et 20h de TP de mise en situation. Il ne constitue pas un prérequis de L2 SPI mais est représentatif des enseignements dispensés en L2 SPI.

Les cours magistraux se répartissent de la manière suivante :

- 2h de cours magistral sur les lois fondamentales dans les réseaux en régime continu ;
- 1h de cours magistral sur la représentation des nombres (binaire, hexadécimal) et les fonctions logiques combinatoires ;
- 2h de cours sur les notions élémentaires d'algorithmie, les types, les affectations de variables et les structures de tests, boucles et tableaux.

Les notions théoriques abordées durant ces 5h de cours sont ensuite développées par l'enseignant durant les 5 séquences de 4h de TP réalisés en laboratoire d'électronique sur les thématiques suivantes :

- Démystifier la fonction lampe de poche du smartphone ;
- Reproduire la fonctionnalité de mesure de température ambiante que possèdent certains smartphones ;
- Mettre en œuvre une communication sans fil ;
- Pilotage en vitesse des moteurs d'un robot mobile ;
- Mise en œuvre d'un capteur boussole et suivi de ligne par capteurs infra-rouge.

#### Compétences à acquérir

##### 1. Disciplinaires

- Savoir manipuler les lois de l'électrocinétique en régime continu
- Savoir représenter des nombres en binaire
- Savoir écrire un programme simple sur micro-contrôleur

##### 2. Transversales

- Savoir utiliser les outils informatiques et numériques en science de l'ingénieur
- Savoir formuler un problème simple d'ingénierie

## **UE 7 - Semestre 4 - Ouverture professionnelle**

### **Description du contenu de l'enseignement**

- Aspects procéduraux du stage ;
- L'entreprise industrielle de production ;
- La lettre de motivation et le CV ;
- La rédaction et la soutenance de stage ;
- Dimension socio-économique des entreprises ;
- Introduction à l'utilisation de Word et Power-Point ;
- Préparation aux interview et à l'analyse.

Le stage d'une durée de 4 semaines se déroule à partir d'avril.

### **Compétences à acquérir**

- 4 semaines de mise en situation dans une entreprise industrielle de production sur un poste d'opérateur intervenant sur la production (agent de production, gestionnaire de stocks, magasinier, contrôleur, etc.) ou de technicien intervenant sur le processus (maintenance, travaux neufs, amélioration) ;
- Analyse du fonctionnement de l'entreprise et restitution du cycle d'interview des fonctions sollicitées.

### **Compétences générales développées dans l'UE :**

- Utiliser les outils informatiques et numériques en sciences pour l'ingénieur

### **Compétences spécifiques développées dans l'UE :**

- Rigueur et autonomie dans le travail donné en entreprise ;
- Implication et participation à la vie de l'équipe ;
- Capacité d'analyse et de restitution.

## **Stage**

### **Description du contenu de l'enseignement**

- Comprendre les enjeux de l'entreprise, son organisation interne et appréhender les stratégies produit et processus
- Connaître les différents types d'entretiens et être capable d'assurer un entretien avec un recruteur et un membre des opérations
- Apprendre à rédiger un CV et une lettre de motivation.
- Réfléchir à son projet professionnel et à ce qu'il est nécessaire de mettre en place pour atteindre son objectif
- Être capable de réaliser une veille du marché du travail

### **Compétences à acquérir**

#### **1. Disciplinaires**

- Savoir rédiger un CV et une lettre de motivation
- Savoir reconnaître ses compétences et élaborer un plan de carrière
- Savoir expliquer le mode de fonctionnement d'une entreprise

#### **2. Transversales**

- Savoir s'intégrer et trouver sa place au sein d'une équipe
- Savoir faire preuve d'autonomie
- Savoir communiquer à l'écrit et à l'oral de manière claire et synthétique avec un langage adapté à l'auditoire
- Savoir faire le travail d'un opérateur
- Savoir analyser son environnement et trouver les leviers pertinents pour s'

## **UE CMI-S2-2 - Ouverture socio-économique et culturelle**

### **Entreprise et son environnement : découverte**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Ce cours vise l'acquisition des notions de base en organisation et en management. Il est destiné à intégrer l'organisation d'entreprise comme génératrice de valeur ajoutée :

- Types d'entreprise, mode d'organisation et formes juridiques.
- Concepts, principes et théories des organisations.
- Notions de secteur, de branche, de filière, structure de l'environnement des entreprises.
- Organisation des entreprises : principaux modèles d'organisation des entreprises et de leur évolution (Fayol, O.S.T., Staff and Line, DPPO...), en fonction de leurs contraintes internes et externes, de la taille des entreprises, des secteurs d'activité...

Exemples choisis dans le secteur industriel.

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir décrire les principaux modèles d'organisation d'une entreprise
- Savoir expliciter les notions de secteurs, de branches et de filières d'activité

### **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique

## **Techniques d'expression professionnelle**

### **Description du contenu de l'enseignement**

#### **Descriptif :**

Le cours porte sur la synthèse de document et l'expression écrite, tant sur le fond que sur la forme. Seront également abordés le lexique et l'étude de la langue française (grammaire et orthographe).

#### **Objectif :**

L'objectif est d'apprendre à l'étudiant les techniques d'expression professionnelle, en termes de savoir-faire, de maîtrise du langage et de rédaction de documents en tenant compte de règles ou de modèle.

## **Compétences à acquérir**

## **1. Disciplinaires :**

- Savoir respecter un modèle de document ;
- Savoir écrire dans un français compréhensible et correct du point de vue de la grammaire et de l'orthographe.

## **2. Transversales :**

- Savoir communiquer à l'écrit de manière claire et synthétique avec un langage adapté à l'auditoire.

# **Semestre 3 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)**

## **UE CMI-S3-1 - Ouverture socio-économique et culturelle**

### **Sciences et risques**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Introduire le concept de risque par les regards croisés de la sociologie et des sciences physiques.

- Une première partie du cours présente les travaux de d'Ulrich Beck, Anthony Giddens, Peter Knight ou Robert Castel, auteurs qui proposent une conceptualisation autour de l'idée que nos sociétés seraient des « sociétés du risque ».
- Une seconde partie de ce cours aborde la problématique de l'évaluation des risques en sciences, indissociable des notions de statistique et de probabilité. Cette seconde partie s'appuie sur des exemples concrets tels que le traitement du cancer par radiothérapie ou la mesure environnementale de la radioactivité.

#### **Compétences à acquérir**

##### **1. Disciplinaires**

- Savoir expliquer la notion de risque et les concepts statistiques associés

##### **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire d'une analyse critique

- Savoir communiquer à l'écrit dans un langage adapté

## **Techniques quantitatives de gestion**

### **Description du contenu de l'enseignement**

Fournir aux étudiants les notions de base en lien avec la « fonction financière de l'entreprise » :

- les objectifs et le contexte de la fonction financière (finance, logique financière, rôle du financier dans l'entreprise)
- les outils techniques des états financiers (principes comptables, données comptables...)
- les outils du financier (création de valeur, soldes intermédiaires, tableaux de financement, fonds de roulement, budget et trésorerie...).

### **Compétences à acquérir**

#### **1. Disciplinaires**

- Savoir expliquer la fonction financière
- Savoir expliquer et manipuler les outils de présentation des états financiers

#### **2. Transversales**

- Savoir organiser et planifier son travail de manière autonome
- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique

## **Financement des entreprises**

### **Description du contenu de l'enseignement**

Présenter les flux financiers internes et externes de l'entreprise en lien avec la stratégie d'entreprise

- Le capital et les financements de l'entreprise

- L'analyse financière par les ratios
- Le Bilan et le Compte de résultat
- Cas pratique d'analyse de dossier de gestion
- Les ratios et les soldes intermédiaires de gestion
- Amortissements, dépréciation et provisions
- Les Investissements et les retours sur investissement (ROI)
- Rentabilité, solvabilité, trésorerie, fond de roulement, besoins en fond de roulement, Cash-flow et Capacité d'autofinancement
- Les projets d'investissement et le Business Plan
- Opérations de restructuration de l'entreprise (fusions, acquisition, création etc...)

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir expliquer les sources de financement d'une entreprise
- Savoir expliquer les notions de business plan, de stratégie d'investissement, de ratios de gestion
- Savoir interpréter un bilan annuel comptable et un compte de résultat afin de connaître sa santé financière

### **2. Transversales**

- Savoir organiser et planifier son travail de manière autonome
- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Savoir s'exprimer à l'écrit dans un langage adapté

## **Semestre 4 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)**

### **UE 12 - Option (choix A, Génie électrique, imposé)**

#### **A : Génie électrique - Électronique**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

#### **Circuits à diodes :**

- Caractéristique d'une diode, modèle linéaire d'une diode, circuits redresseurs et conformateurs à diodes, fonctions non-linéaires.

### **Circuits à transistors bipolaires :**

- Equations d'un transistor, Modèle linéaire ;
- Polarisation ;
- Amplification (Modèle « petits signaux ») ;
- Amplificateur de tension, source de courant, régulateur de tension ;
- Amplificateur différentiel.

### **Structure des amplificateurs de puissance :**

- Classe A, B, AB, D ;
- Structure d'un amplificateur FDA.

### **Comparateurs et générateurs de signaux :**

- Comparateurs à hystérésis ;
- Générateurs de signaux carrés et triangulaire.

### **Travaux de laboratoire :**

Etude des caractéristiques d'un transistor bipolaire et mise en œuvre dans configurations suivantes :

- Régime linéaire/ Mode bloqué-saturé ;
- Montages de type source de courant constante, régulateur de tension.

### **Etude des montages amplificateur Emetteur Commun, Collecteur Commun à transistor bipolaire.**

- Mesure des résistances d'entrée et de sortie, gains en tension et courant.

### **Mise en œuvre de montages comparateurs à hystérésis et générateurs de signaux**

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir expliquer et modéliser le fonctionnement de circuits à base de transistors (source de courant, amplificateur à émetteur commun, amplificateur différentiel, push-pull)
- Savoir modéliser en « petits signaux » les circuits amplificateurs classiques et déterminer leur résistance d'entrée, leur résistance de sortie et leur gain
- Savoir décrire les différentes structures d'amplificateur (classe A, B, AB et D)
- Savoir mettre en œuvre des générateurs de signaux carré et triangulaire
- Savoir utiliser les outils informatiques en science de l'ingénieur
- Savoir manipuler les instruments de mesure classique en électronique, et analyser les résultats de mesure en regard du modèle
- Savoir formuler mathématiquement un problème d'ingénierie

## 2. Transversales

- Savoir organiser et planifier son travail de manière autonome
- Savoir rechercher une information et faire preuve d'analyse critique

## A : Génie électrique - Micro-électronique

### Description du contenu de l'enseignement

Le cours se décline en 3 grandes parties :

- **Partie 1** : Bases de physiques des semi-conducteurs et de technologie de fabrication des circuits intégrés. Principe de fonctionnement du transistor MOS :
- **Partie 2** : Intégration de fonctions analogiques de base : miroir de courant, étage de gain, étage différentiel. Pré-dimensionnement d'un étage en fonction des performances visées ;
- **Partie 3** : Intégration de fonctions numériques de base : algèbre de Boole, architecture des portes standard (NAND, NOR, Bascule D...), introduction aux circuits numériques séquentiels.

### Compétences à acquérir

#### 1. Disciplinaires

- Savoir expliquer et décrire les grandes étapes de fabrication d'un circuit intégré
- Savoir expliquer les concepts physiques en lien avec le transport de charges dans les semi-conducteurs
- Savoir expliquer le fonctionnement d'un transistor MOS

- Savoir dimensionner un circuit analogique simple vis-à-vis de ses caractéristiques statiques
- Savoir expliquer l'architecture de base d'un amplificateur opérationnel à deux étages
- Savoir expliquer le fonctionnement d'une porte logique de base (NAND, NOR, AND, Bascule D)
- Savoir synthétiser une porte logique CMOS
- Savoir synthétiser un circuit combinatoire et un circuit séquentiel simples
- Savoir expliquer le principe de fonctionnement un micro-processeur

## **2. Transversales**

- Savoir organiser et planifier son travail de manière autonome

## **UE CMI-S4-1 - Droit pour les entreprises**

### **Droit pour les entreprises**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Les nouvelles technologies et le droit : la propriété intellectuelle et la protection des créations informatiques, les principes du droit d'auteur et du droit des brevets, le cas du logiciel, des bases de données et de l'œuvre multimédia. L'exploitation des créations informatiques (contrat de cession et de licence). L'informatique et les libertés (la CNIL, les obligations des détenteurs de fichiers, les droits des personnes fichées). La délinquance informatique (la contrefaçon des logiciels et des bases de données, l'intrusion dans les systèmes informatiques, l'internet et la responsabilité des fournisseurs d'accès). Droit du travail et informatique : les sources du droit du travail et les conventions collectives. L'impact de l'introduction des nouvelles technologies au sein des entreprises sur les relations individuelles de travail (le respect de la vie privée et la rupture du contrat de travail), sur les relations collectives de travail (consultation des représentants du personnel et les pouvoirs de l'employeur). Le télétravail.

#### **Compétences à acquérir**

##### **1. Disciplinaires**

- Savoir expliquer les notions de droit du travail
- Savoir expliquer la notion de propriété intellectuelle et les enjeux associés en termes de droit
- Savoir expliquer l'organisation d'une entreprise vis-à-vis des enjeux en termes de droit (représentants du personnel, contrat de travail, pouvoir de l'employeur...)

## **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Communiquer à l'écrit de manière claire et synthétique

## **UE CMI-S4-2 - Projet de recherche bibliographique (60h)**

### **Projet de recherche bibliographique (60h)**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Projet de recherche bibliographique de 60h par étudiant. Les sujets proposés sont en lien avec des problématiques de recherche du laboratoire ICube (matériaux pour l'électronique, instrumentation intégrée, photovoltaïque, micro-capteurs, automatique, commande, énergie, systèmes embarqués, mécatronique, ...) ou sont proposés le cas échéant par un groupe d'étudiants. Les étudiants sont encadrés par groupe.

#### **Compétences à acquérir**

##### **1. Disciplinaires**

- Savoir mener une recherche bibliographique (publications scientifiques, outils de recherche en ligne, brevets...)

##### **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et extraire l'information pertinente
- Savoir mener une analyse critique sur un sujet complexe
- Savoir communiquer à l'écrit dans un langage adapté
- Savoir communiquer à l'oral dans un langage adapté à l'auditoire

## **Semestre 5 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)**

### **UE CMI-S5-1 Ouverture socio-économique et culturelle**

#### **Initiation à l'intelligence artificielle**

## **Description du contenu de l'enseignement**

- Principes généraux : représentation et analyse de données, généralisation sur l'apprentissage
- Méthodes de classification directe (k-plus-proches-voisins, ...)
- Introduction à l'apprentissage non supervisé et à l'apprentissage supervisé
- Introduction aux machines SVM
- Modélisation par réseaux de neurones
- Etude de cas en sciences pour l'ingénieur : TP à l'aide d'un logiciel d'intelligence artificielle

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir expliquer et utiliser les principales méthodes d'apprentissage utilisées en intelligence artificielle
- Savoir décrire une machine à vecteurs supports
- Savoir décrire le principe de fonctionnement d'un réseau de neurones
- Savoir modéliser un problème complexe d'ingénierie

### **2. Transversales**

- Savoir organiser et planifier son travail en pleine autonomie
- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique

## **Notions de gestion de projet en entreprise**

### **Description du contenu de l'enseignement**

- Le cycle de vie d'un produit
- La définition d'un projet et le cycle de vie d'un projet
- L'étude de faisabilité d'un projet par l'étude de sa rentabilité, de son financement et de sa réalisation
- Les typologies de projets
- Méthodologie de gestion de projet
- Les contraintes de la gestion de projet
- La notion de risque et la maîtrise des risques par l'utilisation d'outils de diagnostic et d'analyse
- Les outils de la gestion du temps, des coûts et de la qualité dans le cadre de la gestion de projet

- Analyse en groupe de projets industriels et projets historiques à partir de supports vidéo et d'articles
- L'organisation des ressources
- Le management des ressources humaines dans un projet

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir les méthodologies de la gestion de projet de l'étude de faisabilité à la clôture
- Savoir utiliser les outils d'analyse et de réalisation d'un projet
- Savoir gérer les ressources pour optimiser le déroulement d'un projet
- Savoir capitaliser les connaissances d'autres projet pour améliorer son expertise de chef de projet

### **2. Transversales**

- Savoir organiser et planifier son travail de manière autonome
- Savoir analyser des situations par rapport à un contexte et des données
- Savoir prendre des décisions et réagir en utilisant la méthode appropriée
- Savoir s'exprimer à l'écrit et à l'oral dans un langage adapté

## **UE CMI-S5-2 - Projet intégrateur de 120h, partie a**

### **Projet intégrateur de 120h, partie a**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Projet de 120h par étudiant, réalisé sur l'année de L3, en laboratoire et par petits groupes, typiquement 2 à 4 étudiants. Les sujets proposés sont en lien avec des problématiques de recherche du laboratoire ICube ou, le cas échéant, de l'industrie (Mise en place d'un banc d'instrumentation, automatisation d'un système de mesure, caractérisation de dispositifs, conception de cartes électroniques, commande d'un dispositif électronique, réalisation et impression de structures 3D personnalisées...).

Une évaluation à mi-parcours du projet, sous forme d'une soutenance (sans rapport écrit) lieu en fin de S5 pour faire le point sur l'avancée du projet et permettre aux étudiants de présenter leur stratégie pour mener à bien leur projet.

#### **Compétences à acquérir**

## **1. Disciplinaires**

- Savoir utiliser les connaissances et compétences acquises durant le cycle de Licence
- Savoir modéliser et dimensionner un système
- Savoir formuler et résoudre un problème physique ou d'ingénierie de manière autonome

## **2. Transversales**

- Savoir s'organiser pour mener à terme un projet
- Savoir présenter de manière claire et synthétique, à l'oral un projet, dans un langage adapté à l'auditoire
- Savoir proposer des stratégies de résolution de problèmes pratiques (retour en arrière sur un point maîtrisé, décomposition du problème en problèmes élémentaires...)

# **Semestre 6 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)**

## **UE CMI-S6-1 Energie électrique**

### **Énergie électrique**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Ce cours couvre trois aspects fondamentaux de l'énergie électrique :

- Les moyens de production d'énergie électrique (renouvelable et non renouvelable) ;
- Le transport de l'énergie électrique du lieu de production au lieu de consommation ;
- Le stockage de l'énergie électrique.

Une part importante est donnée au dimensionnement des moyens de production renouvelables. Cependant, l'intégration de ces moyens impose le concept de « smart grid » nécessitant des moyens de stockage d'énergie électrique.

#### **Compétences à acquérir**

## **1. Disciplinaires**

- Savoir décrire et expliquer les divers moyens de production de l'énergie électrique
- Savoir décrire et expliquer les divers moyens de transport, de stockage et de consommation de l'énergie électrique
- Savoir expliquer le concept de « smart grid »
- Savoir proposer, dimensionner et chiffrer le coût d'une solution technique pour répondre à un besoin d'alimentation en énergie électrique d'une application industrielle
- Savoir modéliser et dimensionner un problème d'ingénierie

## **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Organiser et planifier son travail en toute autonomie

## **UE CMI-S6-2 Stage de spécialisation : 10 à 12 semaines**

### **Description du contenu de l'enseignement**

- Stage de spécialisation : 10 à 12 semaines.

### **Stage de spécialisation : 10 à 12 semaines**

### **Description du contenu de l'enseignement**

- Stage de spécialisation : 10 à 12 semaines
- Stage en laboratoire ou en entreprise dans les domaines de spécialisation des CMI ME et / ou MNE
- Le stage peut se faire soit entre la L3 et le M1, soit entre le M1 et le M2.

L'objectif de ce stage est que l'étudiant mette en pratique les connaissances et savoir-faire qu'il a acquis durant les trois années de Licence, tant du point de vue technique que du point de vue socio-économique et culturel.

### **Compétences à acquérir**

#### **1. Disciplinaires**

- Savoir mettre en pratique les compétences techniques acquises durant la Licence

## 2. Transversales

- Savoir mettre en pratique les compétences socio-économique et culturelle acquises durant la Licence
- Savoir s'insérer dans une équipe, être autonome et trouver sa place
- Savoir planifier son travail en toute autonomie
- Savoir s'exprimer de manière claire et synthétique, à l'oral comme à l'écrit, en s'adaptant au public
- Savoir utiliser ses compétences en langue anglaise

## Semestre 7 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)

### UE CMI-S7-1 Ouverture socio-économique et culturelle

#### Description du contenu de l'enseignement

#### Enseignement 1 - Economie du savoir et de la connaissance

**Descriptif :** ♦ Identification et formalisation des savoirs

- ♦ Protection des savoirs
  - ♦ Veille technologique
  - ♦ Gestion de l'innovation et stratégies de développement
- Objectifs :**

- L'objectif de ce cours est de permettre à l'étudiant d'appréhender l'importance stratégique pour une entreprise de savoir gérer ses ressources technologiques, i.e. son savoir et sa connaissance.

#### Enseignement 2 - Economie d'entreprise

**Descriptif :** Grandeurs

- ♦ fonctions économiques fondamentales (production, exploitation, consommation, épargne, investissement, échange)
- ♦ analyse de la valeur ajoutée
- ♦ territorialité économique et comptable
- ♦ chiffre d'affaires, consommations intermédiaires, capital fixe, capital circulant, PIB
- ♦ éléments de fiscalité : prélèvements obligatoires, compte de résultat et bilan

## Mécanismes

- ♦ coûts et prix : analyse entrée/sortie
- ♦ marchés et formation des prix
- ♦ circuit économique
- ♦ cycle de vie du produit
- ♦ ratio : taux de marge, taux d'épargne, taux d'investissement
- ♦ coefficients techniques, coefficients de capital

## Déséquilibres

- ♦ concepts de stabilité, équilibre, crise et catastrophe
- ♦ macro-économie : chômage, inflation, déficits budgétaires, financiers, extérieurs
- ♦ cycles technologiques et cycles économiques
- ♦ approche monétariste : taux d'intérêt et masse monétaire
- ♦ approche keynésienne : entre hausse des coûts et de la demande

## Objectifs :

- Fournir à l'étudiant les clés lui permettant de comprendre les choix économique d'une entreprise.

## Economie du savoir et de la connaissance

### Description du contenu de l'enseignement

- Identification et formalisation des savoirs ;
- Protection des savoirs ;
- Veille technologique ;
- Gestion de l'innovation et stratégies de développement.

### Compétences à acquérir

#### 1. Disciplinaires

- Savoir expliquer les concepts de prévision technologique et sa mise en œuvre
- Savoir décrire les grands principes de gestion de l'innovation

## **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Savoir communiquer de manière claire et synthétique en s'adaptant à son public

## **Economie d'entreprise**

### **Description du contenu de l'enseignement**

#### **Grandeurs**

- fonctions économiques fondamentales (production, exploitation, consommation, épargne, investissement, échange)
- analyse de la valeur ajoutée
- territorialité économique et comptable
- chiffre d'affaires, consommations intermédiaires, capital fixe, capital circulant, PIB
- éléments de fiscalité : prélèvements obligatoires, compte de résultat et bilan

#### **Mécanismes**

- coûts et prix : analyse entrée/sortie
- marchés et formation des prix
- circuit économique
- cycle de vie du produit
- ratio : taux de marge, taux d'épargne, taux d'investissement
- coefficients techniques, coefficients de capital

#### **Déséquilibres**

- concepts de stabilité, équilibre, crise et catastrophe
- macro-économie : chômage, inflation, déficits budgétaires, financiers, extérieurs
- cycles technologiques et cycles économiques
- approche monétariste : taux d'intérêt et masse monétaire
- approche keynésienne : entre hausse des coûts et de la demande

#### **Compétences à acquérir**

## **1. Disciplinaires**

- Savoir reconnaître les éléments majeurs de l'économie
- Savoir effectuer des calculs économiques élémentaires
- Savoir expliquer et analyser l'espace de contraintes des entreprises industrielles
- Savoir comprendre, analyser et argumenter les décisions des entreprises

## **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Savoir communiquer de manière claire et synthétique en s'adaptant à son public
- Savoir établir des connexions avec d'autres disciplines

## **UE CMI-S7-2 - Travail d'Etude et de Recherche (partie a)**

### **Travail d'Etude et de Recherche (partie a)**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Parmi une liste de projets proposés par l'équipe pédagogique au sens large (enseignants, chercheurs, industriels), les étudiants choisissent un sujet et réalisent le projet en groupe de 2 à 4, sous la tutelle d'un enseignant. Les étudiants peuvent aussi proposer un projet et doivent alors dans ce cas trouver un enseignant acceptant d'encadrer ce projet. Le travail estimé pour ce projet est de 160 h par étudiant. Le TER fait l'objet d'une évaluation à mi-parcours sous forme d'une soutenance (sans rapport écrit) et d'une soutenance finale avec rapport.

#### **Compétences à acquérir**

##### **1. Disciplinaires**

- Savoir utiliser les connaissances et compétences acquises durant le cycle de CMI
- Savoir modéliser et dimensionner un système
- Savoir formuler et résoudre un problème physique ou d'ingénierie de manière autonome

##### **2. Transversales**

- Savoir s'organiser pour mener à terme un projet
- Savoir présenter de manière claire et synthétique, à l'oral un projet, dans un langage adapté à l'auditoire
- Savoir proposer des stratégies de résolution de problèmes pratiques (retour en arrière sur un point maîtrisé, décomposition du problème en problèmes élémentaires...)
- Savoir innover et prendre des risques maîtrisés

## **Semestre 8 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)**

### **UE CMI-S8-5 - Technologie des composants, des CIs et des capteurs (Option 1 imposée)**

#### **Capteurs**

##### **Description du contenu de l'enseignement**

- Définitions générales concernant les capteurs (mesurande, sensibilité, résolution, linéarité, gamme de mesure, erreurs de mesure...)
- Bruit dans les systèmes électroniques
- Intégration de capteurs sur une puce en silicium

##### **Compétences à acquérir**

###### **1. Disciplinaires**

- Savoir définir les caractéristiques métrologiques d'un capteur
- Savoir déterminer la résolution d'un capteur
- Savoir décrire les principaux phénomènes permettant la réalisation de capteurs sur silicium

###### **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail

### **Introduction à la technologie des composants intégrés et caractérisation**

##### **Description du contenu de l'enseignement**

Descriptions des principaux enchainements technologiques permettant la réalisation des circuits intégrés :

- Généralités (loi de Moore, filière type, du sable au substrat de Si) ;
- Lithographie et gravures ;
- Formation des films minces (dépôts, oxydation thermique) ;
- Dopage localisé (implantation ionique et diffusion) ;
- Principales techniques de caractérisations [SIMS, "Spreading resistance", effet Hall, C(V) et I(V)] ;
- Interconnexions et mise en boîtier

TP :

Réalisation d'une capacité MOS en salle blanche et sa caractérisation C(V)

Pour les travaux pratiques en salle blanche :

Réalisation en salle blanche de condensateurs de type métal/isolant/semiconducteur (MIS) et caractérisation de ces condensateurs.

Une première séance de 4h en salle blanche permet de se familiariser avec la lithographie et de caractériser les substrats utilisés par la suite (épaisseur d'oxyde et dopage).

Une seconde séance de 8h en salle blanche est réservée à l'élaboration des capacités MIS utilisant de nombreuses étapes de lithographie standard.

Chaque étape est validée par l'observation (microscopie en champ clair/sombre) et la mesure (profilométrie) des paramètres principaux.

Enfin, une dernière séance de 4 h est dévolue à la mesure des caractéristiques (C-V) des capacités MIS. En s'appuyant sur les connaissances acquises lors des cours et TD sur ce type de composants, les étudiants devront retrouver, par l'exploitation des caractéristiques, les paramètres mesurés lors des deux séances en salle blanche.

## Compétences à acquérir

### 1. Disciplinaires

- Savoir décrire les principales étapes de fabrication d'un circuit intégré (lithographie, gravures, dopage, dépôt de couches...)
- Savoir expliquer l'enchaînement des étapes de fabrication d'un procédé CMOS
- Savoir expliquer les techniques de base de caractérisation électrique d'un procédé CMOS
- Pour les travaux pratiques en salle blanche :
  - Acquérir un savoir-faire expérimental autour de la réalisation de composants électroniques simples dans un environnement de salle blanche. Confronter mesures expérimentales et paramètres extraits de caractéristiques électriques de ces composants.
  - Utilisation de matériel de recherche pour l'élaboration et la caractérisation de dispositifs élémentaires.

### 2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique

- Savoir planifier son travail

## **UE CMI-S8-6 - Testabilité et fiabilité des CIs (Option 2 imposée)**

### **Testabilité des circuits numériques**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

- Généralités sur la problématique du test industriel ;
- Modèles de défaillances ;
- Générations de vecteurs de test ;
- Simulation de fautes ;
- Conception en vue du Test, Test intégré ;
- TP de test de CI numérique sur testeur industriel du CRTC (Centre de Ressources en Test et CAO du pôle CNFM (Coordination Nationale pour la Formation en Micro-électronique et nano-technologie) de Montpellier.

#### **Compétences à acquérir**

##### **1. Disciplinaires**

- Savoir expliquer les enjeux du test de circuits numériques
- Savoir expliquer et utiliser les principaux concepts du test
- Savoir mettre en œuvre une procédure de test de circuit numérique sur testeur industriel

##### **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

### **Testabilité des circuits analogiques et mixtes**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

La conception et la fabrication de circuits intégrés impactent sur la qualité du produit réalisé.

Compte tenu de l'accroissement du besoin de sécurité de fonctionnements des équipements basés sur des circuits intégrés, le test des CI fabriqués est aujourd'hui une étape critique.

Dans ce cours nous commençons par présenter les réels besoins de tests de fin de production.

On ne fera ici aucune distinction entre un circuit numérique et analogique.

Dans la suite du cours nous aborderons les tests plus spécifiques aux circuits Mixtes.

On traitera des procédures de tests permettant d'augmenter la fiabilité de ces tests (méthode des outliers).

On traitera aussi des circuits mixtes complexes (SoC) avec plusieurs cœurs (méthode des wrappers).

Finalement on traitera des procédures spécifiques aux circuits purement analogiques.

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir identifier les principales méthodes de test
- Savoir mettre en œuvre ces méthodes sur un circuit mixte simple

### **2. Transversales**

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

## **Semestre 9 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)**

### **UE CMI-S9-9 - Projet intégrateur (160h)**

#### **Projet intégrateur de 160h**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Parmi une liste de projets proposés par l'équipe pédagogique au sens large (enseignants, chercheurs, industriels), les étudiants choisissent un sujet et réalisent le projet en groupe de 2 à 4, sous la tutelle d'un enseignant. Les étudiants peuvent aussi proposer un projet et doivent alors dans ce cas trouver un enseignant acceptant d'encadrer ce projet. Le travail estimé par étudiant pour ce projet est de 160 h.

L'évaluation de cette UE en fin de semestre 9 a lieu sous forme d'un rapport écrit et d'une présentation orale.

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir utiliser les connaissances et compétences acquises durant tout le cycle de CMI
- Savoir modéliser et dimensionner un système
- Savoir formuler et résoudre un problème physique ou d'ingénierie de manière autonome

### **2. Transversales**

- Savoir s'organiser pour mener à terme un projet
- Savoir présenter en anglais de manière claire et synthétique, à l'oral un projet, dans un langage adapté à l'auditoire
- Savoir proposer des stratégies de résolution de problèmes pratiques (retour en arrière sur un point maîtrisé, décomposition du problème en problèmes élémentaires...)
- Savoir innover et prendre des risques maîtrisés

## **Semestre 10 - CMI Micro et nano-électronique (MNE)**

### **UE CMI-S10-2 - Intership (Stage - 6 mois imposé)**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

- Stage d'une durée de 6 mois.

#### **Stage - 6 mois imposés**

#### **Description du contenu de l'enseignement**

Durant le semestre 10, les étudiants effectuent un stage de 6 mois, dans l'industrie ou en laboratoire. L'étudiant est responsable de sa recherche de stage.

L'objectif de ce stage est d'acquérir une première expérience pleine et entière du métier d'ingénieur dans le domaine de spécialisation du master dans

l'industrie ou de chercheur en laboratoire.

## **Compétences à acquérir**

### **1. Disciplinaires**

- Savoir mettre en pratique l'ensemble des connaissances et compétences acquises durant tout le cursus de CMI

### **2. Transversales**

- Savoir situer son rôle et sa mission au sein d'une organisation pour s'adapter et prendre des initiatives
- Savoir travailler de façon autonome tout en s'intégrant à une équipe dans un environnement professionnel
- Savoir maîtriser les techniques de recherche bibliographique pour élaborer et présenter une revue critique sur un sujet
- Savoir présenter clairement ses résultats en s'adaptant à son public