

# La Licence E.E.A. (Électronique, Énergie électrique, Automatique)



## 1. La formation

Aussi bien dans notre vie personnelle que dans notre vie professionnelle, presque à chaque moment de la journée, nous sommes tous confrontés à des systèmes électroniques. En effet l'électronique est partout : transports, santé, télécommunications, environnement, médias, domotique, robotique, et bien sûr informatique. La liste est loin d'être exhaustive. Au cours des dernières décennies du 20<sup>ème</sup> siècle une révolution technologique d'une ampleur inédite s'est produite au cours de laquelle l'électronique s'est développée et s'est imposée dans tous les domaines. Ce mouvement va se poursuivre et s'amplifier encore dans les prochaines décennies.

Une formation dans le domaine de l'Électronique est la promesse de nombreux débouchés professionnels dans des secteurs très variés, pour des métiers et des missions extrêmement divers.

### Présentation

La licence Électronique, Énergie électrique, Automatique (EEA) de Sorbonne Université propose une formation généraliste couvrant tous les domaines de l'électronique. Mais elle se veut aussi comme une formation pluridisciplinaire, car elle contient une part d'enseignements nécessaires en informatique, mathématiques et physique.

Cette formation de haut niveau apportera à chaque étudiant des compétences théoriques et pratiques au travers d'enseignements proposés sous diverses formes : cours, travaux dirigés, travaux pratiques, projets associant concepts théoriques, modélisations, simulations numériques, expérimentations et réalisations.

Au terme de la licence, le diplômé aura la capacité de mettre en œuvre et de réaliser un système électronique complet. Il s'intégrera naturellement dans un master ou une école d'ingénieur et sera armé pour contribuer aux prochaines évolutions technologiques.

### Parcours

L'objectif de cette formation est de construire un socle de fondamentaux dont la maîtrise est indispensable pour dans le cadre d'un cursus long qui mène à un diplôme Bac+5 : électronique, énergie électrique et automatique, mais aussi mathématiques, physique et informatique. Une place importante est accordée aux travaux pratiques (TP) et aux projets, afin que les étudiants s'approprient les notions théoriques vues en cours et développées en travaux dirigés (TD).

L'offre de formation est construite selon le schéma majeure-mineure commun à toutes les licences de Sorbonne Université, ce qui permet de construire son projet professionnel par le jeu des nombreuses combinaisons possibles :

- le parcours de licence mono-disciplinaire en EEA associant la majeure EEA avec une complémentaire d'EEA
- le parcours de licence bi-disciplinaire associant la majeure EEA avec une mineure d'une autre discipline ou une mineure transdisciplinaire thématique
- les doubles licences (ou parcours bi-disciplinaires intensifs), qui associent la majeure EEA avec une majeure en informatique, mathématiques, mécanique ou en physique dans le but d'obtenir les deux diplômes.

La licence EEA propose aussi une mineure qui peut être combinée avec la majeure de l'une des sept autres mentions de licence de la faculté des Sciences et Ingénierie.

## Conditions d'accès

### ● Condition pour candidater en L2

- Avoir validé le niveau L1 dans l'un des portails de la Faculté des Sciences et Ingénierie de Sorbonne Université : « Sciences de l'Ingénieur », « Sciences de la Matière » ou « Sciences Formelles » (l'admission est de droit si l'étudiant a suivi les UE d'électronique de L1).
- Avoir validé le niveau L1 d'une formation scientifique (correspondant aux pré-requis d'entrée en L2 E.E.A.) dans une autre université française, européenne ou hors Europe, au sein d'une CPGE (classe préparatoire aux écoles d'ingénieur), ou dans autre établissement d'enseignement supérieur (admission sur dossier).
- Être titulaire d'un DUT ou d'un BTS dans le domaine de l'électronique.

Les étudiants extérieurs à Sorbonne Université, inscrits dans un établissement français ou européen, souhaitant intégrer la Licence E.E.A. année L2 devront effectuer leur candidature via la procédure **ecandidat** (consulter le site de Sorbonne Université) en respectant les dates d'ouverture et de fermeture de la campagne de candidatures extérieures.

Les étudiants extérieurs à Sorbonne Université, inscrits dans un établissement hors Europe, souhaitant intégrer la Licence E.E.A. année L2 devront effectuer leur candidature via la plateforme nationale **Études en France** (ex Campus France).

*Pour les étudiants étrangers hors-Europe, inscrits dans un établissement étranger : Afin de favoriser l'intégration et la réussite des étudiants étrangers, il est recommandé à ceux-ci de candidater en L2 après avoir validé une année d'études supérieures (équivalent à une L1) et d'être inscrit en seconde année d'études supérieures (équivalent à une L2) au moment de leur candidature. Le recrutement en L2 d'étudiants inscrits au moment de leur candidature en première année d'études supérieures (L1) ou en troisième année d'études supérieures (L3) est possible mais reste exceptionnel. Seul le parcours mono-disciplinaire est accessible aux étudiants étrangers. Toutefois, ils auront la possibilité, s'ils ont de bons résultats en L2-S3, de postuler à un parcours bi-disciplinaire ou dans le parcours Complémentaire Métiers en L2-S4.*

Seuls les dossiers complets seront étudiés. Il faudra fournir au minimum un CV, une lettre de motivation, les notes du Bac et toutes les notes obtenues depuis le Bac.

Une remédiation (remise à niveau) en électronique analogique de 24h est prévue au début de la L2 pour les étudiants extérieurs.

### ● Condition pour candidater en L3

- Avoir validé le niveau L2 de la licence E.E.A. de Sorbonne Université (admission automatique).
- Avoir validé le niveau L2 d'une formation scientifique (correspondant aux pré-requis d'entrée en L3 E.E.A.) dans une autre université française, européenne ou hors Europe, au sein d'une CPGE (classe préparatoire aux écoles d'ingénieur), ou dans autre établissement d'enseignement supérieur (admission sur dossier).
- Être titulaire d'un bon DUT ou d'un très bon BTS dans le domaine de l'électronique avec de bons résultats.

Les étudiants extérieurs à Sorbonne Université, inscrits dans un établissement français ou européen, souhaitant intégrer la Licence E.E.A. année L3 devront effectuer leur candidature via la procédure **ecandidat** (consulter le site de Sorbonne Université) en respectant les dates d'ouverture et de fermeture de la campagne de candidatures extérieures.

Les étudiants extérieurs à Sorbonne Université, inscrits dans un établissement hors Europe, souhaitant intégrer la Licence E.E.A. année L3 devront effectuer leur candidature via la plateforme nationale **Études en France** (ex Campus France).

*Pour les étudiants étrangers hors-Europe, inscrits dans un établissement étranger : Afin de favoriser l'intégration et la réussite des étudiants étrangers, il est recommandé à ceux-ci de candidater en L3 après avoir validé deux années d'études supérieures (équivalent à une L2) et d'être inscrit en troisième année d'études supérieures (équivalent à une L3) au moment de leur candidature. Le recrutement en L3 d'étudiants inscrits au moment de leur candidature en deuxième année d'études supérieures (L2) ou en Master est possible mais reste exceptionnel. Seul le parcours mono-disciplinaire est accessible aux étudiants extérieurs.*

Seuls les dossiers complets seront étudiés. Il faudra fournir au minimum un CV, une lettre de motivation, les notes du Bac et toutes les notes obtenues depuis le Bac.

## Savoir-faire et compétences

- Maîtrise des fondamentaux de l'électronique analogique et numérique,
- Maîtrise des appareils de mesure et des techniques de mesure et d'analyse de circuits les plus courants en électronique, avec possibilité de réaliser des cartes électroniques,
- Compétences pour mettre en œuvre des fonctions électroniques simples ou complexes,
- Connaissances de base sur le fonctionnement des microprocesseurs et des systèmes informatiques,
- Programmation en langage C,
- Utilisation d'outils d'analyse numérique,
- Maîtrise des outils mathématiques de l'électronique,
- Maîtrise des fondamentaux en électromagnétisme, propagation et rayonnement,
- Connaissances de base en sciences des matériaux, application aux matériaux pour l'électronique et l'optoélectronique,
- Organiser et gérer son travail, s'adapter à un contexte nouveau,
- Utiliser des ressources documentaires et exploiter une documentation technique,
- Travailler en équipe,
- Présenter des résultats, rendre compte d'un travail par écrit ou par oral.

## 2. Structure de la formation

La structure de la formation est découpée en deux parties : la **majeure E.E.A.**, qui est commune à tous les étudiants inscrits dans la formation (à quelques petites exceptions près) et qui correspond à environ 2/3 des enseignements, et un second bloc correspondant à environ 1/3 des enseignements, qui peut être une **complémentaire E.E.A.** (parcours mono-disciplinaire), une **mineure** d'une autre discipline (parcours bi-disciplinaire) ou une **autre majeure** (parcours double-majeure).

La structure de la majeure est la même sur chaque semestre. L'étudiant suivra une UE correspondant à la thématique « Circuits électroniques » de 6 ECTS, une UE correspondant à la thématique « Traitement du signal et automatismes » de 6 ECTS et une UE d'électromagnétisme de 3 ECTS. Par ailleurs il suivra en L2-S4 une UE de programmation en C (initiation ou avancée) et en L3-S6 une UE de programmation de microcontrôleur. La majeure est complétée chaque année par une UE d'anglais et une UE d'OIP (Orientation

et insertion professionnelle) en L3, pour que l'étudiant prépare son projet professionnel dans de bonnes conditions.

Les enseignements de la complémentaire E.E.A. permettront d'ouvrir l'étudiant à certaines thématiques ou de développer et d'appliquer certains aspects vus en majeure, notamment dans le cadre des projets de fin d'année.

La licence E.E.A. propose également un cursus C.M.I. (Cursus Master en Ingénierie) qui propose un enseignement commun à environ 80% avec la licence E.E.A. mono-disciplinaire. Dans ce cursus exigeant, les étudiants suivent une option (informatique ou mécanique) et des UE de S.H.S. (Sciences Humaines et Sociales). Ils effectueront également des stages (stage métier et stage en laboratoire) et le dernier semestre L3-S6 se fera en mobilité externe dans une université étrangère.

Les fiches des UE sont disponibles en **Annexe**.

## 2.1 Parcours mono-disciplinaire, complémentaire E.E.A. :

S3	LU2EE100 Électronique 2.1 - Électronique analogique et numérique	LU2EE101 Analyse vectorielle et intégrales multiples	LU2EE110 Électromagnétisme 1 - Electrostatique et électrocinétique	Anglais	LU2EE105 Propriétés phys. des matériaux / LU2EE106 Introduction à l'IA	LU2EE11A Techniques microélec / LU2EE11B concept. et réal. de cartes élec	LU2EE104 Méthodes numériques et Matlab
S4	LU2EE20A Électronique 2.2 - Capteurs et interfaces ana/num	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux	LU2EE210 Électromagnétisme 2 - Magnétisme	LU2EE21A Initiation à la programmation en C / LU2EE21B Programmation en C		LU2EE202 Sources d'énergie électrique	LU2EE203 Initiation au projet en électronique et outils de simulation
S5	LU3EE100 Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués	LU3EE101 Signal et systèmes asservis	LU3EE110 Électromagnétisme 3 - Propagation	OIP	LU3EE106 Méthodes numériques en Python		LU3EE104 Réseaux électriques et électronique de puissance / LU3EE105 Introduction à l'analyse et au traitement des images et des sons
S6	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique	LU3EE201 Actionnement électrique	LU3EE210 Électromagnétisme 4 - Rayonnement	LU3EE204 Systèmes à base de microcontrôleurs	Anglais	LU3EE203 Traitement ana. du signal / LU3MEE01 Systèmes robotiques	LU3EE206 Projet en électronique

En L2-S3 les étudiants auront à choisir deux options de 3CTS : LU2EE105 ou LU2EE106 et LU2EE11A ou LU2EE11B.

En L2-S4 c'est en fonction de son niveau en programmation en C que l'étudiant sera inscrit en LU2EE21A (initiation au C) ou LU2EE21B (C avancé).

En L3-S5 les étudiants auront à choisir une option de 6CTS : LU3EE104 ou LU3EE105.

En L3-S6 les étudiants auront à choisir une option de 3CTS : LU3EE203 ou LU3MEE01.

## 2.2 Parcours mono-disciplinaire, complémentaire métiers :

S3	LU2EE100 Électronique 2.1 - Électronique analogique et numérique	LU2EE101 Analyse vectorielle et intégrales multiples	LU2EE110 Électromagnétisme 1 - Electrostatique et électrocinétique	Anglais	2EEP12 OIP et techniques recherche d'entreprise 1	LU2EE106 Introduction à l'IA	LU2EE11B Conception et réalisation de cartes électroniques	2EEP211 Programmation en Python
S4	LU2EE20A Électronique 2.2 - Capteurs et interfaces ana/num	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux	LU2EE210 Électromagnétisme 2 - Magnétisme	LU2EE21A Initiation à la programmation en C / LU2EE21B Programmation en C		2EEP23 OIP et techniques recherche d'entreprise 2	2EEP21 Automatismes & Robotique	2EEP22 Interfaces Matérielles / Logicielles
S5	LU3EE100 Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués	LU3EE101 Signal et systèmes asservis	LU3EE110 Électromagnétisme 3 - Propagation	3EEP10 Communication & Gestion de Projet	3EEP01 Stage métiers (fin L2)	3EEP12 Projet électronique en autonomie	3EEP11 Introduction aux Télécommunications	3EEP02 Mission professionnelle S5
S6	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique	LU3EE201 Actionnement électrique	LU3EE210 Électromagnétisme 4 - Rayonnement	LU3EE204 Systèmes à base de microcontrôleurs	Anglais	3EEP03 Mission professionnelle S6		

La complémentaire métiers est un parcours permettant à l'étudiant d'effectuer son année L3 comme apprenti (enseignement lundi-mardi-mercredi et entreprise jeudi-vendredi). Dans la partie « complémentaire métiers », les étudiants suivront en L2 des enseignements adaptés, afin d'acquérir compétences et connaissances, notamment pratiques, permettant une bonne intégration dans le secteur industriel. La signature d'un contrat d'apprentissage impose à l'étudiant d'être présent à tous ses enseignements.

### 2.3 Parcours bi-disciplinaire :

S3	LU2EE100 Électronique 2.1 - Électronique analogique et numérique	LU2EE101 Analyse vectorielle et intégrales multiples	LU2EE110 Électromagnétisme 1 - Electrostatique et électrocinétique	Anglais	Mineure XXX	Mineure XXX
S4	LU2EE20A Électronique 2.2 - Capteurs et interfaces ana/num	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux	LU2EE210 Électromagnétisme 2 - Magnétisme	LU2EE21A Initiation à la programmation en C / LU2EE21B Programmation en C	Mineure XXX	Mineure XXX
S5	LU3EE100 Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués	LU3EE101 Signal et systèmes asservis	LU3EE110 Électromagnétisme 3 - Propagation	OIP	Mineure XXX	Mineure XXX
S6	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique	LU3EE201 Actionnement électrique	LU3EE210 Électromagnétisme 4 - Rayonnement	LU3EE204 Systèmes à base de microcontrôleurs	Anglais	Mineure XXX

La mineure peut être une mineure scientifique choisie parmi les sept licences de la Faculté des Sciences & Ingénierie (Informatique, Mécanique, Physique, Mathématiques, Chimie, Sciences de la Terre, Sciences de la vie), ou une mineure TT (trans-thématique).

### 2.4 Parcours double-majeure :

Le parcours double-majeure est un parcours exigeant accessible uniquement après examen d'une commission intégrant des responsables pédagogiques des deux disciplines.

#### Parcours DM E.E.A.-Informatique

S3	LU2EE100 Électronique 2.1 - Électronique analogique et numérique	LU2EE101 SX Analyse vectorielle et intégrales multiples	LU2EE110 Émag1 - Electrostatique et électrocinétique	Anglais	LUZIN018 Prog C Av.	LUZIN019 Prog Fonctionnelle	LUZIN002 Programmation Objet	LUZIN005 Mathématiques discrètes
S4	LU2EE20A Électronique 2.2 - Capteurs et interfaces ana/num	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux	LU2EE210 SX Électromagnétisme 2 - Magnétisme	LU2EE202 SX Sources d'énergie électrique	LUZIN006 Structures de données		LUZIN009 Bases de données	LUZIN003 Algorithmique 1
S5	LU3EE100 Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués	LU3EE101 SX Signal et systèmes asservis	LU3EE110 Électromagnétisme 3 - Propagation	OIP	UE au choix (Stats et info, LUBIN003 Algo2, BD2, Prog Objet2, Prog Concurrente)		LU3IN029 Architecture des ordinateurs	LU3IN033 Réseaux
S6	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique	LU3EE206 SX Projet en électronique (ou LU3EE201 Actionnement électrique)	LU3EE210 SX Électromagnétisme 4 - Rayonnement	LU3EE204 SX Systèmes à base de microcontrôleurs	Anglais (Info)	LUZIN024 Logique	LU3IN010 Fondements des systèmes d'exploitation	UE au choix (Techno Web, Data Sciences IA et Jeux) ou LU3IN013 Projet - Initiation à la recherche

#### Parcours DM E.E.A.-Mécanique

S3	LU2ME001 Mécanique des solides rigides	LU2ME113 Conception, simulation de systèmes mécanique et robotique	SX: LU2ME114 Techniques expérimentales et propriétés de la matière / LU2ME005 Programmation pour le calcul scientifique / LU2ME006 Analyse vectorielle et intégrales multiples		LU2EE200 SX Sources d'énergie électrique et capteurs	LU2EE199 Fonctions élémentaires de l'électronique	LU2EE299 Électronique numérique combinatoire et séquentielle	
S4	LU2ME003 SX Méthodes mathématiques et numériques pour la mécanique 1	LU2ME002 Bases de la thermodynamique et thermique	LU2ME004 Statique et dynamique		Anglais	LU2EE298 Matlab	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux	LU2EE203 SX Initiation au projet en électronique et outils de simulation
S5	LU3ME005 SX Méthodes Numériques	Majeure XXX	OIP	Anglais	LU3EE199 Signaux et systèmes	LU3EE103 SX Méthodes numériques en C	LU3EE104 Réseaux électriques et électronique de puissance	
S6	LU3ME001 SX Thermo / thermique	Majeure XXX	Majeure XXX	Majeure XXX	LU3MEE01 Systèmes robotiques	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique	LU3EE110 SX Électromagnétisme 3 - Propagation	LU3EE210 SX Électromagnétisme 4 - Rayonnement

#### Parcours DM E.E.A.-Physique

S3	LU2PY003 Energie et Entropie / LU2PY004 Physique du mouvement (fonction de l'ancien L1)	LU2PY010 Méthodes mathématiques 1		LU2PY01P OIP	LU2EE200 SX Sources d'énergie électrique et capteurs	LU2EE199 Fonctions élémentaires de l'électronique	LU2EE299 Électronique numérique combinatoire et séquentielle	
S4	LU2PY021 Électromagnétisme et Electrocinétique	LU2PY011 Ondes		LU2PY023 Outils Maths 2	Anglais	LU2EE298 Matlab	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux	LU2EE203 SX Initiation au projet en électronique et outils de simulation
S5	Thermodynamique et thermostatique	Physique expérimentale 1	Outils maths 3	Anglais	LU3EE199 Signaux et systèmes	LU3EE103 SX Méthodes numériques en C	LU3EE104 Réseaux électriques et électronique de puissance	
S6	Électromagnétisme et Optique	Projet ou Stage		Physique Quantique	LU3EE204 Systèmes à base de microcontrôleurs	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique	LU3EE100 SX Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués	

## Parcours DM E.E.A.-Mathématiques

S3	LU2MA260 Séries de fonctions	LU2MA221 Algèbre linéaire 1	LU2MA216 Topologie Calcul Dif 1		LU2EE100 Électronique 2.1 - Électronique analogique et numérique		LU2EE200 Sources d'énergie électrique et capteurs	LU2EE105 SX Propriétés physiques des matériaux pour l'élec	LU2EE11A SX Techniques de microélectronique
S4	LU2MA211 Intégrale de Lebesgue	LU2MA241 Introduction aux probabilités	LU2MA212 Algèbre linéaire 2	LU2MA123 Algèbre linéaire 3 ou LU2PY215 Phys. Expérimentale	Anglais	LU2EE204 Interfaces ana-num (Syst. Elec.)	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux	LU2EE203 SX Initiation au projet en électronique et outils de simulation	
S5	LU3MA263 Théorie de la mesure et probabilités	LU3MA260 Topologie et Calcul Différentiel 2	LU3MA232 Analyse numérique		LU3EE100 Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués		LU3EE101 Signal et systèmes asservis	LU3EE110 SX Électromagnétisme 3 - Propagation	OIP (EEA) SX
S6	LU3MA210 Analyse fonctionnelle	LU3MA120 Éléments algébriques et Arithmétique	LU3MA261 Calcul différentiel et optimisation ou LU3MA290 Probabilités 2		Anglais (EEA)	LU3EE204 Systèmes à base de microcontrôleurs	LU3EE206 SX Projet en électronique (ou LU3EE210 + LU3EE203)	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique	

### 2.5 La mineure E.E.A.

La mineure E.E.A. propose des UE de la majeure (ou des adaptations des UE de la majeure ou de la complémentaire E.E.A.) qui permettront à l'étudiant de développer ses connaissances et compétences en électronique.

S3	Majeure XXX	Majeure XXX	Majeure XXX		LU2EE100 Électronique 2.1 - Électronique analogique et numérique		LU2EE200 Sources d'énergie électrique et capteurs		
S4	Majeure XXX	Majeure XXX	Majeure XXX		Anglais	LU2EE204 Interfaces ana-num (Syst. Elec.)	LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux		
S5	Majeure XXX	Majeure XXX	OIP	Anglais	LU3EE100 Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués		LU3EE101 Signal et systèmes asservis		
S6	Majeure XXX	Majeure XXX	Majeure XXX		Majeure XXX	LU3EE204 Systèmes à base de microcontrôleurs	LU3EE200 Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique		

## 3. Évaluations et validation

Les étudiants sont évalués par des épreuves qui peuvent avoir des modalités différentes : épreuves écrites de cohorte, interrogations, QCM, oraux, TP (travaux pratiques), contrôles de TP, soutenances, rapports, etc... Chaque UE possède ses propres MCC (Modalités de Contrôle des Connaissances).

L'étudiant valide son semestre s'il valide toutes les UE qui le composent, ou s'il obtient la moyenne sur le semestre.

L'étudiant valide son année s'il valide ses deux semestres ou s'il obtient la moyenne sur l'année.

L'étudiant obtient le diplôme de Licence s'il valide son année L3. La mention sera établie à partir de ses résultats de l'année L3.

## 4. L'électronique en L1

Des UE d'électronique sont proposées en L1.

L'UE **LU1EE001 Introduction à l'électronique** est une UE d'ouverture qui présente les différents aspects de l'électronique. Cette UE est proposée en L1-S1 dans les portails Sciences de l'Ingénieur et Sciences de la Matière, dans les parcours CMI E.E.A. et CMI Mécanique et dans le double-cursus Informatique et Lettres.

L'UE **LU2EE002 Fondements de l'électronique** est une UE qui présente les fondamentaux de l'électronique analogique et numérique. Cette UE est un pré-requis pour intégrer la L2 E.E.A. Elle est proposée en L1-S2 dans les portails Sciences de l'Ingénieur, Sciences de la Matière et Sciences Formelles et dans les parcours CMI E.E.A. et CMI Physique.

Un enseignement d'ouverture sur l'électronique est par ailleurs proposé en L1-S1 dans le portail Sciences Formelles dans l'UE **LU1IN021** Éléments de programmation 1.

## 5. Après la Licence

La poursuite d'études après la licence E.E.A. se fait dans Master en électronique, en France ou à l'étranger. Au sein de Sorbonne Université la poursuite naturelle d'études peut se faire dans les masters

- Automatique-Robotique (parcours « Ingénierie des Systèmes Intelligents » et « Systèmes Automatisés et Robotique »).
- E3A (parcours « Systèmes Communicants », « Capteurs Mesures et Instrumentation », et « Ingénierie pour la Santé »)
- Informatique (parcours « Systèmes Électroniques et Systèmes Informatiques »).

Les étudiants titulaires de deux diplômes après une DM peuvent accéder aux masters de leur second diplôme (Informatique, Mathématiques, mécanique, Physique). Par contre après une licence bi-disciplinaire E.E.A.-autre, l'accès à un Master de la discipline de la mineure n'est pas garanti.

Le diplôme de Licence permet également de candidater à une école d'ingénieur.

Deux ans après un Master, l'étudiant peut intégrer l'industrie ou la recherche académique en tant qu'ingénieur.



# **Annexe**

## **Fiches des UE**



## Liste des UE d'électronique proposées par la Licence E.E.A.

### L1

- LU1EE001 Introduction à l'Électronique
- LU1EE002 Électronique 1 - Fondements de l'Électronique

### L2

#### L2-S3 Majeure :

- LU2EE100 Électronique 2.1 - Électronique analogique et numérique
- LU2EE101 Analyse vectorielle et intégrales multiples
- LU2EE110 Électromagnétisme 1 - Électrostatique et électrocinétique

#### L2-S3 Complémentaire :

- LU2EE106 Introduction à l'Intelligence Artificielle
- LU2EE105 Propriétés physiques des matériaux
- LU2EE11A Techniques de microélectronique
- LU2EE11B Conception et réalisation de cartes électroniques
- LU2EE104 Méthodes numériques et Matlab

#### L2-S3 Mineure :

- LU2EE200 Sources d'énergie électrique et capteurs

#### L2-S4 Majeure :

- LU2EE20A Électronique 2.2 - Capteurs et Interfaces analogiques et numériques
- LU2EE201 Outils mathématiques pour le traitement des signaux
- LU2EE21A Initiation à la Programmation en C
- LU2EE21B Programmation en C
- LU2EE210 Électromagnétisme 2 – Magnétisme

#### L2-S4 Complémentaire :

- LU2EE202 Sources d'énergie électrique
- LU2EE203 Initiation au projet en électronique et outils de simulation

#### L2-S4 Mineure :

- LU2EE204 Interfaces analogiques et numériques (systèmes électroniques)

#### UE de complémentaire métiers :

- LU2EEP11 Programmation en Python
- LU2EEP21 Automatismes et robotique
- LU2EEP22 Interfaces matérielles-logicielles
- LU2EEP12 OIP et recherche d'entreprise 1
- LU2EEP23 OIP et recherche d'entreprise 2

### L3

#### L3-S5 Majeure :

- LU3EE100 Électronique 3 - Systèmes numériques et processeurs embarqués
- LU3EE101 Signal et systèmes asservis
- LU3EE110 Electromagnétisme 3 – Propagation

LU3EE0IP      Orientation et Insertion Professionnelle

**L3-S5 Complémentaire :**

LU3EE104      Réseaux électriques et électronique de puissance  
LU3EE105      Introduction à l'analyse et au traitement des images et des sons  
LU3EE106      Méthodes numériques en Python

**L3-S6 Majeure :**

LU3EE200      Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique  
LU3EE201      Actionnement électrique  
LU3EE210      Electromagnétisme 4 - Rayonnement  
LU3EE204      Systèmes à base de microcontrôleurs

**L3-S6 Complémentaire :**

LU3EE203      Traitement analogique du signal  
LU3MEE01      Introduction à la robotique  
LU3EE206      Projet en électronique

**UE de complémentaire métiers :**

LU3EEP10      Communication et Gestion de Projet  
LU3EEP11      Introduction aux télécommunications  
LU3EEP12      Projet électronique en autonomie  
LU3EEP01      Stage Métiers  
LU3EEP02      Mission professionnelle S5  
LU3EEP03      Mission professionnelle S6

**Code de l'U.E. : LU1EE001**

**Intitulé de l'U.E. : Introduction à l'Électronique**

**Année : L1**                      **Semestre : S1**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Farouk Vallette**

**Publics :** Portails Sciences de l'Ingénieur, Sciences de la Matière, CMI E.E.A., CMI Mécanique, DC Informatique et Lettres, PEIP2

**Volume horaire total par étudiant : 58h**

**Heures CM : 22h**                      **Heures TD : 20h**                      **Heures TP : 8h**

**Heures Projet : 0h**                      **Autres : 0h**

**Objectifs de l'U.E. :**

Même s'il est environné de dispositifs électroniques, le lycéen connaît mal cette discipline peu abordée pendant son cursus au lycée. Pourtant, au cours des dernières décennies du 20<sup>ème</sup> siècle une révolution technologique d'une ampleur inédite s'est produite au cours de laquelle l'électronique s'est développée et s'est imposée dans tous les domaines de la vie quotidienne. Ce mouvement va se poursuivre et s'amplifier encore dans les prochaines décennies.

Il est donc nécessaire de présenter à l'étudiant qui entre en L1 ce qu'est l'électronique en ce début de 21<sup>ème</sup> siècle. On insistera principalement sur la définition des grandeurs électriques, de quoi est constitué un circuit électrique et quelles sont les fonctions élémentaires qu'il peut réaliser. On montrera que la variation des grandeurs électriques peut être associée aux fluctuations d'une information appelée de signal et de l'importance de sa représentation dans le domaine temporel et dans le domaine fréquentiel (dualité temps-fréquence). On insistera sur le fait que le signal peut être représenté sous forme analogiques et sous forme numérique, et que le fait que la plupart des traitements actuels soient numériques nécessite de pouvoir faire de la conversion analogique-numérique ou numérique-analogique. On présentera les capteurs, qui permettent de convertir des grandeurs physiques en grandeurs électriques et dans un monde où les télécommunications sont essentielles ou présentera les techniques de télécommunications élémentaires, analogiques et numériques.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- Grandeurs électriques (tension, courant, puissance).
- Énergie et consommation des dispositifs électroniques.
- Les circuits électroniques : définition des dipôles actifs (sources de tension), présentation des composants élémentaires passifs (résistances, condensateurs) et actifs (transistors) et de leurs caractéristiques.
- Analyse de circuits électroniques et réalisation de fonctions élémentaires analogiques et numériques.
- Le signal : grandeurs analogiques et numériques, analyse temporelle, analyse fréquentielle, dualité temps-fréquence, conversion analogique-numérique et numérique analogique.

- Les capteurs : notion de sensibilité et de linéarité, caractéristiques, problématiques de bruit.
- Les télécommunications : nécessité de traiter l'information avant de la transmettre, télécommunications analogiques (AM, FM), télécommunications numériques (ASK, PSK, FSK), éléments d'une chaîne de transmission de l'information.
- Système électronique complet.

#### **Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Quatre TP permettront d'illustrer certains points vus en Cours et TD : utilisation des appareils électroniques, analyse du son, conversion numérique-analogique, modulation analogique et télécommunications.

#### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

L'étudiant sera capable de présenter les principaux aspects de l'électronique et d'identifier les principales fonctions de l'électronique. Il aura conscience de l'importance de l'analyse de l'information en temporel comme en fréquentiel et aura compris comment fonctionnent les systèmes de transmission de l'information.

#### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : 2 écrits, ER1 30% et ER2 40%
- Note de TP 30%

**Code de l'U.E. : LU1EE002****Intitulé de l'U.E. : Électronique 1 - Fondements de l'Électronique****Année : L1****Semestre : S2****Nombre d'ECTS : 9****Responsable de l'U.E. : Stéphane Holé****Publics : Portails Sciences de l'Ingénieur, Sciences Formelles et Sciences de la Matière, CMI EEA et CMI Physique****Volume horaire total par étudiant : 82h30****Heures CM : 34h****Heures TD : 28h30****Heures TP : 20h****Heures Projet : 0h****Autres : sans objet****Objectifs de l'U.E. :**

Cette unité d'enseignement présente les fondamentaux de l'électronique analogique et numérique. Après un rappel des notions d'espace continu et d'espace discret, ainsi que des grandeurs fondamentales, les théorèmes généraux de l'électronique et les composants de base sont présentés. Les étudiants pourront ainsi réaliser et analyser le comportement de fonctions analogiques élémentaires notamment de filtrage et d'amplification de tension. Les spécificités de l'électronique numérique sont ensuite abordées pour comprendre les principaux circuits combinatoires et séquentiels. Les étudiants pourront concevoir et réaliser des circuits numériques simples.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- Espace continu et espace discret, grandeurs fondamentales (tension, courant, puissance, valeur efficace), ordres de grandeur ;
- Dipôles passifs, dipôles actifs (sources de tension et de courant), composants (R, L, C), caractéristique I-V ;
- Théorèmes généraux (Kirchhoff, superposition, Millman, Thévenin, Norton, transformations Thévenin / Norton) ;
- Amplification (gain, impédance d'entrée, impédance de sortie, adaptation d'impédance en tension) ;
- Régimes de fonctionnement (transitoire, permanent, libre, forcé), réponse indicielle et régime harmonique des circuits du premier ordre, notation complexe ;
- Filtrage (premier ordre passe-bas, passe-haut et associations), représentation dans le diagramme de Bode (amplitude et phase) ;
- Représentation des nombres (bases 2, 10 et 16), codage (entier, virgule fixe, virgule flottante, ASCII, Gray), algèbre de Boole ;
- Portes logiques de base (NON, ET, OU, OU-Exclusif), fonctions combinatoires (comparateur, multiplexeur, décodeur, additionneur, multiplieur) ;
- Bascules (RS et D), fonctions séquentielles (registre, compteur, multifonctionnalité).

### **Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

- Poste d'électronique analogique (alimentation, multimètre, générateur basse fréquence, oscilloscope, plaque de test et composants) ;
- Poste d'électronique numérique (logiciel Deeds pour la saisie de schéma et Quartus pour le transfert vers une carte FPGA DE10-Lite).

### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

- Savoir analyser, concevoir et réaliser un circuit ou un assemblage de circuits du premier ordre ;
- Savoir faire le schéma équivalent d'un circuit ou d'un assemblage de circuits du premier ordre ;
- Savoir analyser un amplificateur et l'utiliser notamment pour isoler des parties d'un circuit ;
- Savoir calculer la réponse temporelle d'un circuit du premier ordre ;
- Savoir représenter la réponse fréquentielle d'un circuit ou d'un assemblage de circuits du premier ordre dans le diagramme de Bode ;
- Savoir concevoir un filtre composé d'un circuit ou d'un assemblage de circuits du premier ordre ;
- Savoir représenter des informations en binaire ;
- Savoir manipuler des informations binaires avec l'algèbre de Boole
- Savoir utiliser les portes numériques de base ;
- Savoir concevoir un circuit numérique combinatoire à l'aide de tables de vérité et de tableaux de Karnaugh ;
- Savoir concevoir un circuit numérique séquentiel, multifonction, composé de bascules D et de circuits combinatoires.

### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : contrôle des connaissances hebdomadaire par quiz (30%), examen réparti d'électronique d'analogique, (35%) examen réparti d'électronique numérique (35%) ;
- Contrôle de TP : évaluation pratique d'analogique (50%), évaluation pratique de numérique (50%) ;
- Soutenance de mini-projet : non

**Code de l'U.E. : LU2EE100**

**Intitulé de l'U.E. : Électronique 2 - Électronique analogique et numérique**

**Année : L2**

**Semestre : S3**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Bertrand Granado**

**Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure), Mineure E.E.A., Complémentaires Métiers, CMI E.E.A., CMI Physique**

**Volume horaire total par étudiant : 60h**

**Heures CM : 20h**

**Heures TD : 20h**

**Heures TP : 20h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif de cette UE est d'acquérir les connaissances nécessaires à la conception et la réalisation d'un système embarqué comprenant à la fois des parties analogiques et des parties numériques. Il s'agit ici d'appréhender des aspects méthodologiques et des notions indispensables à la réalisation de systèmes embarqués.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- Analyse Ascendante, Analyse Descendante
- Méthode de conception graphique (SysML)
- VHDL : langage de modélisation et de conception, méthodologie sous-jacente
- VHDL Simulation - VHDL Synthèse
- Présentation FPGA : principe, structure simplifiée, configuration, notion de synthèse
- Temps : temps de propagation, temps de pré-positionnement et de maintien, chemin critique, dualité temps/fréquence, métastabilité
- Composants Complexes : opérateurs arithmétiques rapides, opérateurs pipelinés
- Aspect temporel et énergétique
- Système d'ordre 1 : rappels sur le filtrage.
- Amplificateur Opérationnel : présentation du composant et modélisation de l'amplificateur opérationnel parfait.
- Fonctions linéaires à AOP : amplification, filtrage actif, intégration, dérivation
- Fonctions non-linéaires à AOP : comparateur simple, comparateur à hystérésis, oscillateurs simples, oscillateurs contrôlés en tension
- Diodes et applications : Fonctionnement, caractéristique, diode réelle/idéale, avec/sans seuil, modélisation

- Montages à diodes : redressement, détection de crête, diode de roue libre
- Autres diodes : LEDS, photodiodes, diodes Zener, diodes Schottky
- Fonctions logiques à diodes

#### **Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

- Poste d'électronique analogique (alimentation, multimètre, générateur basse fréquence, oscilloscope, plaque de test et composants). Une partie des étudiants pourront faire leur TP avec une carte Analog Discovery 2 et le logiciel WaveForms ;
- Poste d'électronique numérique (logiciel Vivado pour la saisie VHDL, la simulation et la synthèse. Carte Nexys4 pour l'expérimentation).

#### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

- Savoir modéliser un système dans une approche descendante en vue de sa conception.
- Identifier les entrées-sorties de composants numériques d'un système.
- Décrire l'interface de ces composants en VHDL.
- Décrire une version de base de l'architecture de ces composants en VHDL.
- Savoir décrire un testbench simple en VHDL en vue d'une simulation de ces composants.
- Comprendre la synthèse logique en VHDL
- Savoir réaliser un composant numérique complexe.
- Savoir décrire un composant numérique complexe en VHDL.
- Comprendre les aspects temporels dans les circuits électronique
- Être en mesure de faire le choix d'une architecture analogique, à partir d'un cahier des charges donné (fonction, caractéristiques, bande-passante, etc...)
- Connaître les montage à AOP de base pour la mise en forme de signaux
  - Montages linéaires
  - Montages non-linéaires
- Connaître les montages élémentaires à Diodes :
  - redressement mono et double alternance
  - notion de diode de roue libre, de protection

#### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : 65% - Trois examens répartis ER1, ER2 et ER3. Evaluation finale :
  - $ER = \text{Sup} \left( \frac{ER1+ER2+ER3}{3}, \frac{ER2+ER3}{2} \right)$
- Travaux Pratiques : 35%
  - $TP = 0,2 * \text{CompteRenduNum} + 0,3 * \text{ContrôleNum} + 0,5 * \text{ContrôleAnalogique}$

**Code de l'U.E. : LU2EE101**

**Intitulé de l'U.E. : Analyse vectorielle et intégrales multiples**

**Année : L2**

**Semestre : S3**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Guido VALERIO**

**Publics :** Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs E.E.A.-Informatique, CMI E.E.A.

**Volume horaire total par étudiant : 59h**

**Heures CM : 24h**

**Heures TD : 35h**

**Heures TP : 0h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

Utiliser les outils mathématiques de l'analyse multidimensionnelle pour formuler et résoudre des problèmes physiques, notamment dans les domaines de l'électrostatique, magnétostatiques, et électrodynamique.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Rappels sur les fonctions d'une variable réelle : continuité, dérivation, intégration. Rappels sur vecteurs dans l'espace : produit scalaire, vectoriel, déterminant de vecteurs.

Courbe du plan et de l'espace : représentation paramétrique, vecteur tangent, longueur.

Fonctions de plusieurs variables réelles : dérivées partielles, dérivée directionnelle, différentielle. Surfaces paramétrées : vecteurs tangents et vecteurs normaux.

Champs de vecteurs, gradients et lignes/surfaces de niveau. Intégration curviligne et circulation d'un champ. Champ de gradient et potentiel scalaire d'un champ de gradient.

Intégration multidimensionnelle : définitions, formules de Fubini en 2-D et 3-D, changement de coordonnées (polaires, cylindriques, sphériques, le cas général). Intégration sur une surface.

Flux d'un champ de vecteurs. Opérateurs divergence et rotationnel, opérateur de deuxième ordre. Théorèmes de la divergence et du rotationnel en 2-D et en 3-D. Définition locale de divergence et rotationnel. Champs irrotationnels et potentiels scalaires. Champs solénoïdaux et potentiels vecteurs.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Codes Matlab disponibles sur le site Moodle de l'UE pour visualiser les courbes et surfaces traitées en CM et en TD.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Formuler et résoudre des problèmes multi-variables à l'aide du calcul différentiel et intégrale. Donner une interprétation géométrique ou physique aux outils mathématiques de l'analyse multidimensionnelle. Calculer la circulation et le flux de vecteurs dans l'espace. Calculer les potentiels scalaires ou vecteurs de champs de vecteurs. Appliquer les notions

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- 90% Ecris : 40% ER1 (1h30 heure) + 50% ER2 (1h30, à la fin du cours)
- 10% contrôle de TD

**Code de l'U.E. : LU2EE110**

**Intitulé de l'U.E. : Electromagnétisme 1**

**Année : L2**                      **Semestre : S3**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Talleb Hakeim**

**Publics :** Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure), Complémentaires Métiers, CMI E.E.A.

**Volume horaire total par étudiant : 30h**

**Heures CM : 10.5h**              **Heures TD : 12h**              **Heures TP : 4h**

**Heures Projet : 0h**              **Autres : non**

**Objectifs de l'U.E. :**

Ce cours a pour objectif d'apprendre et de clarifier les notions et lois fondamentales concernant l'électrostatique et l'électrocinétique.

**Contenu détaillé de l'U.E. : Le cours aborde les**

Force de Coulomb (0,5h)

Champ Electrique , Principe de superposition (1h)

Potentiel scalaire (0,5h)

Modèle du dipôle (1h)

Polarisation et permittivité (0,5h)

Energie et travail + conservation du champs (0,5h)

Equilibre des charges (0,5h)

Loi de Gauss (1h)

Equation de Laplace/Poisson (0,5h)

Condensateur (1h)

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Les TP se feront avec Matlab ou éventuellement avec le logiciel CST MWS.

**Prérequis. :**

Maths : calcul vectoriel – calcul intégral , circuits électriques et Électrostatique

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

- Connaître les caractéristiques de l'interaction électrique
- Comprendre les concepts de champ et d'énergie électrique
- Savoir appliquer différentes techniques de calculs de champ électrique
- Comprendre le phénomène de la force d'interaction électrique et ce qu'est la capacité d'un composant

- Avoir des notions sur le comportement diélectrique des matériaux

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits

**Code de l'U.E. : LU2EE104****Intitulé de l'U.E. : Méthodes numériques et Matlab****Année : L2****Semestre : S3****Nombre d'ECTS : 6****Responsable de l'U.E. : Yannis Cuypers****Publics : Mono-disciplinaires****Volume horaire total par étudiant : 60h****Heures CM : 12h****Heures TD : 6h****Heures TP : 28h****Heures Projet : 0h****Autres : à préciser****Objectifs de l'U.E. :**

Aborder les méthodes numériques de résolutions problèmes physiques, comprendre les problèmes liés à la représentation des nombres en machine. Maitriser un logiciel de programmation et visualisation de haut niveau (Matlab) pour tester et mettre en œuvre ces méthodes sur des problèmes physique simples.

**Contenu détaillé de l'U.E. :****Méthodes numériques :**

Maitriser les différentes sources d'erreurs résultant de la représentation des nombres entiers et réels sur une machine : Les opérations sur les entiers, les opérations élémentaires en virgule flottante, déterminer le conditionnement d'un problème, aborder les opérations complexes.

Aborder les différentes méthodes de résolution des systèmes linéaires :

Les méthodes directes (Cholesky , factorisation LU)

Les méthodes indirectes (Méthodes de Jacobi, Gauss Seidel)

**Maitrise du logiciel Matlab et applications aux méthodes numériques**

Syntaxe du langage Matlab. Programmation en lignes de commandes, scripts et fonctions. Principales fonctions disponibles. Manipulation de tableaux : construction, opérations mathématiques, représentation des nombres et erreurs associées. Représentation graphique en 1D. Applications de la programmation Matlab pour l'étude de quelques systèmes physiques/mathématiques simples, filtres électroniques, oscillateur mécaniques, décomposition de Fourier, tester le conditionnement d'un problème. Implémenter des méthodes de résolution des systèmes linéaires, maitriser les fonctions avancées de Matlab pour la résolution des systèmes linéaires.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Poste informatique et Matlab

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Savoir appréhender les erreurs numériques associées à la représentation des nombres sur machine, vérifier le conditionnement d'un problème, savoir résoudre numériquement un système linéaire, maîtriser le logiciel Matlab pour la résolution et la représentation de solutions de problèmes physique et mathématiques de niveau L2.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits 90% (45% Matlab, 45% Méthodes numériques)
- Contrôle de TP 10%

**Code de l'U.E. : LU2EE105**

**Intitulé de l'U.E. : Propriétés physiques des matériaux pour l'électronique**

**Année : L2**

**Semestre : S3**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Annick Dégardin**

**Publics :** Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure), CMI EEA, CMI Mécanique

**Volume horaire total par étudiant :** 22h présentiel, 8h en autonomie

**Heures CM :** 12h

**Heures TD :** 10h

**Heures TP :** 0h

**Heures Projet :** 0h

**Autres :** MIM (Méthodes de l'ingénieur pour les matériaux) 8h en autonomie

### **Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif principal est de présenter le rôle central joué par les matériaux dans les composants électroniques et les systèmes électriques d'aujourd'hui. L'UE permet de faire découvrir quelques propriétés physiques macroscopiques (électriques, thermiques, mécaniques, optiques...) des matériaux. Elle permet ainsi de comprendre comment choisir le matériau adéquat vis-à-vis de l'application envisagée. Illustrée par de nombreux cas d'étude (*e.g.* problématique du *crosstalk* électrique dans les lignes d'interconnexion ou du budget thermique dans les circuits intégrés), l'UE se conclut sur une présentation des principes physiques régissant le fonctionnement d'un transistor commandé par un champ électrique (MOSFET, *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), composant phare de la microélectronique actuelle. L'UE s'appuie sur une activité en autonomie d'apprentissage progressif et régulier des méthodes de l'ingénieur pour les matériaux (activité MIM). Elle fait appel en particulier à l'utilisation de simulations des concepts physiques et de diagrammes de propriétés croisées pour la sélection des matériaux.

### **Contenu détaillé de l'U.E. :**

Introduction. Importance des matériaux en électronique. Quelles propriétés physiques ?  
Classification

**1. Cohésion de la matière à l'état solide.** Des atomes au cristal. Applications

**2. Conduction électrique.** Métaux. Supraconducteurs. Semi-conducteurs. Diélectriques. Influence de paramètres extérieurs (*e.g.* température, contrainte mécanique)

**3. Un exemple en microélectronique : le MOSFET à canal N.** Structure physique. Principe de fonctionnement

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :** Site Moodle de l'UE (ressources documentaires, quiz). Logiciels de simulation en accès libre

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure :

- d'établir des modèles physiques simples pour décrire les propriétés macroscopiques des matériaux ;
- d'amorcer une réflexion sur le choix du matériau le mieux adapté à une application donnée ;
- d'intégrer les connaissances acquises pour appréhender le fonctionnement de composants électroniques ;
- de se familiariser avec des méthodes et des outils d'ingénieur.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

Écrit (50%). Quiz (20%). TP MIM (30%)

**Code de l'U.E. :** 2EE106

**Intitulé de l'U.E. :** Introduction à l'Intelligence Artificielle

**Année :** L2

**Semestre :** S3

**Nombre d'ECTS :** 3

**Responsable de l'U.E. :** Alice Cohen-Hadria

**Publics :** Mono-disciplinaires, Complémentaires métiers

**Volume horaire total par étudiant :** 30h

**Heures CM :** 10h

**Heures TD :** 8h

**Heures TP :** 12h

**Heures Projet :** 0h

**Autres :** 0h

### **Objectifs de l'UE. :**

Introduction à la représentation et à la manipulation de données, de dimensions faibles ou importantes (séries temporelles, images). Connaître la notion de réduction de dimensions par extraction de caractéristiques statistiques. Mettre en œuvre des classifieurs simples pour une tâche (KPPV et réseaux de neurones).

### **Contenu détaillé de l'U.E. :**

#### 1) Manipulation de données :

- Visualisation de nuage de points 2D ou 3D
- Caractéristiques de nuage de points (espérance, écart-type)
- Outlier

#### 2) Réduction de dimension

- Matrice de covariance
- Analyse en Composantes Principales (ACP)

#### 3) Classification

- K Plus Proches voisins (KPPV)
- Réseaux de neurones simples (Perceptron, Perceptron multicouches).

### **Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Langage Python, utilisation de numpy, sklearn, keras.

### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Savoir représenter et extraire des caractéristiques des données en python. Utiliser les bibliothèques vues en cours pour mettre en place des classifieurs, et interpréter leurs résultats. Connaître les algorithmes d'apprentissages supervisés (descente de gradient, KPPV). Savoir réaliser une réduction de dimensionnalité de données.

### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits: ER1(20%) / ER2 (50%)
- Contrôle de TP: évaluation de chaque TP (sauf TP0) (30%)



**Code de l'U.E. : LU2EE11A**

**Intitulé de l'U.E. : Techniques de microélectronique**

**Année : L2**                      **Semestre : S3**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Guillaume PERRY**

**Publics : Mono-disciplinaires**

**Volume horaire total par étudiant : 28h**

**Heures CM : 10h**                      **Heures TD : 8h**                      **Heures TP : 8h**

**Heures Projet : 0h**                      **Autres : 2h séminaire**

**Objectifs de l'U.E. :**

Apprentissage des techniques de fabrication physico-chimique des transistors à effet de champ, de leurs conceptions et de leurs caractérisations électriques.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Après une introduction détaillée sur l'évolution de la microélectronique à partir de la loi de Moore et de la miniaturisation des composants qui en découlent, les techniques de fabrication d'un transistor MOS est détaillée. Pour cela, le cours focalise sur la photolithographie et les techniques physico-chimiques de micro et nanofabrication.

Dans une première partie, le circuit de base CMOS est détaillé, d'abord d'un point de vue électrique et logique puis d'un point de vue technologique avec l'apprentissage de toutes les étapes technologiques nécessaires. Les règles de la conception d'un MOSFET et d'une résistance intégrée sont également détaillées.

Dans une deuxième partie, une présentation des procédés technologiques pour intégrer de nouvelles fonctionnalités dans les circuits microélectroniques est réalisée. Les dispositifs de type MEMS, MOEMS, BioMEMS sont présentés aussi bien du point de vue théorique qu'applicatif notamment la présentation du transistor IS-FET qui fait le lien entre les deux parties.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

- Paillasse de chimie et de photolithographie en salle blanche professionnelle.
- Logiciel Cadence pour la conception de circuits MOS.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

**Théorique :** Transistor MOS, calcul de la propreté d'une salle blanche, calcul de la résolution d'une photolithographie, calcul d'une résistance de circuits intégrés. Bases de la conception d'un circuit intégré CMOS.

**Pratique :** Conception et simulation d'un amplificateur inverseur sous logiciel CADENCE, Réalisation d'une étape de photolithographie en environnement salle blanche.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

**Examen 70%**

**Evaluation en séance de TP Cadence 15%**

**Interrogation de TP salle blanche 10%**

**Evaluation en séance de TP salle blanche 5%**

**Code de l'U.E. : LU2EE11B**

**Intitulé de l'U.E. : Conception et réalisation de cartes électroniques**

**Année : L2**                      **Semestre : S3**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Aurélie Gensbittel**

**Publics : Mono-disciplinaires, CMI E.E.A, CMI Mécanique.**

**Volume horaire total par étudiant : 28h**

**Heures CM : 12h**                      **Heures TD : 0h**                      **Heures TP : 16h**

**Heures Projet : 0h**                      **Autres : à préciser**

**Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif de l'UE est de présenter les techniques de conception et de réalisation de cartes électroniques. L'étudiant sera familiarisé avec le logiciel de conception Eagle Autodesk et réalisera des circuits de fonctions électroniques étudiées par ailleurs dans les autres modules de Licence EEA. Par ailleurs il devra être capable de faire des mesures sur la carte et de détecter si elle est défectueuse.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Les intitulés des différents chapitres abordés dans cette UE sont :

- Technologies de réalisation de systèmes électroniques
- Matériaux et technologie pour la réalisation de cartes imprimés
- Initiation à la conception de cartes et présentation du logiciel
  - Conception de cartes imprimées
  - Techniques de placement-routage, compatibilité électromagnétique
- Couplages capacitifs entre les pistes d'un PCB
- Séminaire

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Les 4 séances de TP de 4h comprennent :

- Prise en main du logiciel de routage sur un exemple simple, prise en main du module de simulation du circuit
- Réalisation du schéma puis du routage d'une carte électronique (par exemple avec un circuit testeur de composants électroniques)
- Test des typons réalisés puis soudure des composants et test des cartes
- Étude des couplages capacitifs en basses fréquences entre les pistes d'un circuit imprimé

### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

A la fin de cette UE, les étudiants doivent être capables de concevoir et réaliser une carte électronique imprimée simple, de la saisie du schéma au test final de bon fonctionnement. Ils doivent également pouvoir comprendre différents problèmes de couplages existants dans les cartes électroniques et des solutions pour les éviter lors de la réalisation de leur routage.

Les pratiques expérimentales sont l'apprentissage et l'utilisation d'un logiciel de schéma électrique, simulation et routage de cartes imprimées électroniques, l'utilisation d'appareils de mesures électroniques et la soudure de composants.

Ils mettront en œuvre des connaissances scientifiques (électronique analogique, physique des matériaux, électrostatique et magnétostatique) acquises dans différents modules de Licence EEA dans le cadre de leurs travaux pratiques leur permettant d'interpréter les résultats obtenus. D'autres compétences développées sont le travail en binôme, l'autonomie, la prise d'initiatives et la rédaction de compte-rendu technique.

### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

Un écrit final (50%), Contrôle écrit de TP : 10%, Note de suivi de TP : 40%

**Code de l'U.E. : LU2EE200****Intitulé de l'U.E. : Sources d'énergie électrique et capteurs****Année : L2****Semestre : S3****Nombre d'ECTS : 6****Responsable de l'U.E. : Annick Dégardin****Publics : Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure), Mineure EEA, CMI Physique****Volume horaire total par étudiant : 55h + 4h en autonomie****Heures CM : 16h****Heures TD : 18h****Heures TP : 15h****Heures Micro-Projet : 4h (en autonomie)****Heures RP : 6h (résolution de problèmes)****Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif est de présenter des outils d'ingénierie pour analyser des systèmes de conversion d'énergie et utiliser des capteurs. Une chaîne de conversion d'énergie a besoin de convertisseurs pour fournir l'énergie électrique souhaitée, de capteurs pour surveiller ces convertisseurs ainsi que d'éléments de contrôle pour les piloter et les maintenir au point de fonctionnement optimum. Un capteur convertit, grâce à un ou plusieurs transducteurs, une grandeur physique (la température, par exemple) en un signal électrique utilisable à des fins de mesure ou de commande.

Dans ce contexte, l'UE se concentre d'abord sur la description et l'exploitation de principes de conversion d'une forme d'énergie en énergie électrique. La production d'électricité à partir de sources d'énergie fossile (nucléaire) et de sources d'énergie renouvelable (hydraulique, photovoltaïque et éolienne) est considérée en détail. Des séances de résolution de problèmes et de travaux pratiques permettent aux étudiants de développer une réflexion commune sur des aspects concrets. La problématique de la transition énergétique est introduite grâce à un micro-projet à effectuer en autonomie.

Puis, l'UE décrit les principes physiques de quelques capteurs (liés à la mesure de grandeurs thermodynamiques, mécaniques et optiques) ainsi que le traitement du signal électrique fourni en vue de son conditionnement pour une utilisation efficace, précise et fiable.

**Contenu détaillé de l'U.E. :****Partie Sources d'énergie électrique :****1. L'énergie dans le monde moderne**

- Contexte général de l'énergie dans le monde – Problématique de la transition énergétique
- Principes de conversion d'énergie
- Focus sur les sources d'énergie nucléaire et d'énergie hydraulique

**2. Énergie renouvelable : énergie solaire**

- Le Soleil comme source d'énergie : spectre solaire, position du Soleil dans le ciel
- Énergie solaire photovoltaïque : matériaux semi-conducteurs, des cellules aux panneaux photovoltaïques, introduction aux systèmes photovoltaïques

**3. Énergie renouvelable : énergie éolienne**

- Le vent comme source d'énergie : paramètres statistiques
- Les éoliennes : puissance, composants, production d'électricité, parcs éoliens

**4. De la production d'électricité à son utilisation**

- Notion de gestion intelligente des réseaux
- Étude d'une installation électrique domestique

### Partie Capteurs :

#### 1. Généralités

- Définition, classification, caractéristiques, notions de métrologie, importance économique
- Conditionneurs électroniques usuels

#### 2. Capteurs de température

- Thermocouples
- Thermomètres résistifs

#### 3. Capteurs liés à la mesure de grandeurs mécaniques

- Capteurs de position et de déplacement
- Capteurs de vitesse et d'accélération
- Capteurs de déformation et de force

#### 4. Autres capteurs et conditionneurs électroniques avancés

- Capteurs pour la photo-radiométrie
- Focus sur l'amplificateur d'instrumentation

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :** Site Moodle de l'UE. *Clickers* utilisés pendant les cours. TP sur l'énergie photovoltaïque (manipulation avec des coffrets spécifiques + simulation avec logiciel pour l'électronique de puissance). Micro-projet de simulation avec logiciel en ligne. TP de régulation de température (capteur thermistance). TP sur un opacimètre (capteur photodiode).

### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure :

- de développer des modèles simples fondés sur les équations fondamentales de la physique et permettant de décrire des systèmes ;
- d'identifier les paramètres de ces modèles à partir de documents techniques (notices constructeurs, abaques) ;
- d'utiliser ces modèles pour calculer des indices de performance en puissance ou en précision ;
- de prendre en main des logiciels de simulation ;
- de déterminer les grandeurs de commande d'une chaîne de conversion d'énergie pour satisfaire un point de fonctionnement déterminé ;
- d'intégrer un transducteur de manière réfléchie dans un circuit électronique ;
- d'amorcer une réflexion sur les solutions intersectorielles pour la transition climatique.

### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

Deux examens répartis (60%) + comptes rendus : TP (20%), RP (15%) et micro-projet (5%).

**Code de l'U.E. : LU2EE20A****Intitulé de l'U.E. : Capteurs et interfaces analogiques/numériques****Année : L2****Semestre : S4****Nombre d'ECTS : 6****Responsable de l'U.E. : Olivier Dubrunfaut****Publics :** Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs E.E.A.-Informatique, Complémentaires Métiers, CMI E.E.A., CMI Mécanique**Volume horaire total par étudiant : 60h****Heures CM : 20h****Heures TD : 20h****Heures TP : 10h****Heures Projet : 10h + libre-service****Objectifs de l'U.E. :**

Les capteurs électroniques transforment une grandeur physique en une grandeur électronique analogique. Vient généralement ensuite un circuit de conditionnement analogique pour, par exemple, améliorer le signal (filtrage, amplification, ...) ou le transformer (convertisseur courant-tension, ...). Enfin, très souvent, le signal analogique est converti en un signal numérique pour ensuite être traité (le traitement numérique ne faisant pas partie de l'UE). Après traitement numérique, certaines applications nécessitent l'opération inverse, c'est-à-dire une conversion numérique – analogique.

L'objectif de l'UE est d'étudier ce type de chaînes et ses composants. Un.e étudiant.e devra ainsi être capable à la fin de l'UE de répondre à un cahier des charges pour ce type de système, c'est-à-dire de le concevoir (principe, choix des composants, dimensionnement, ...), de le réaliser et de le tester.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- Généralité sur les capteurs et la métrologie (transducteur, étalonnage, incertitude, erreur, sensibilité, bande passante, ...).
- Exemples de capteurs (principe physique, technologie, domaine de validité) : éclairément, température, contrainte, ...
- Conditionnement analogique de capteurs (pont de Wheatstone, amplification différentielle, filtre, montage quatre fils, ...) et consommation.
- Conversion analogique – numérique et numérique – analogique : quantification, échantillonnage, codage, filtres anti-alias et de reconstruction, ...
- Etude de CAN (flash, à approximations successives, à rampe, ...) et de CNA (à résistances pondérées, R – 2R, PWM, ...).
- Introduction au transistor à jonctions bipolaires en commutation, application dans différents CAN.
- Etude de chaînes complètes : de la grandeur physique au signal numérique.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Générateur de tension DC, générateur basse fréquence de fonctions (GBF), multimètre, oscilloscope, plaquettes Labdec.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront en mesure de :

- comprendre et exploiter des notices techniques (datasheet) de composants (capteurs, diodes, CAN, CNA, ...),
- sélectionner un capteur et le conditionner pour une application donnée,
- concevoir un système électronique analogique-numérique à base de fonctions élémentaires (blocs filtrage, amplification, détecteur de crête, CAN, CNA, ...) : schéma de principe, dimensionnement, prise en compte de l'interaction de deux blocs, ...
- réaliser et tester un système électronique sur plaquette Labdec,
- rédiger la notice technique : schéma blocs, schématique, lay-out et caractéristiques du système.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits 60% : ER1 (30%) et ER2 (30%).
- TP 15% : contrôle en amphithéâtre.
- Mini-projet 25% : contrôle en amphithéâtre (5%), séances/démonstration/rapport (20%).

**Code de l'U.E. : LU2EE201**

**Intitulé de l'U.E. : Outils mathématiques pour le traitement des signaux**

**Année : L2**

**Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Guido Valerio**

**Publics :** Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs, Mineure E.E.A., CMI E.E.A., CMI Physique

**Volume horaire total par étudiant : 58h**

**Heures CM : 26h**

**Heures TD : 24h**

**Heures TP : 8h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

L'U.E. a pour objectifs l'introduction des outils mathématiques nécessaires pour le traitement des signaux temps-continus dans le domaine temporel (ou spatial) et dans le domaine spectral. La notion de filtrage est définie rigoureusement en partant de la réponse impulsionnelle du système (calculée en résolvant une équation différentielle au sens des distributions) et la fonction de transfert. Les outils permettent de démontrer le théorème de Shannon pour l'échantillonnage des signaux à énergie finie.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

**Introductions aux signaux.** Types de signaux, énergie et puissance, produits scalaires et signaux orthogonaux, convergence simple, uniforme et en énergie des signaux.

**Distributions.** Définitions, distributions régulières, impulsion de Dirac et peigne, Dirac comme limite de fonctions portes, opération sur les distributions, dérivation au sens des distributions

**Séries de Fourier.** Série trigonométrique, complexe. Convergence simple, uniforme et en énergie, propriétés (parité, translation, dérivation, intégration), vitesse de décroissance des coefficients. Séries de Fourier des distributions périodique (le peigne de Dirac)

**Transformée de Fourier.** Définition, transformées importantes, existence, transformée inverse, Propriétés (parité, dualité, dérivation, intégration, translation). La formule de Parseval-Plancherel. Le principe d'indétermination. La transformée des distributions (la constante, le Dirac, le sinus, l'échelon de Heaviside, le peigne de Dirac).

**Convolution et Filtres Linéaires.** Définition de convolution et réponse impulsionnelle, calcul, propriétés. Filtres linéaires : causalité et relations de Kramers-Kronig, stabilité, excitation monochromatique, filtre à retard, filtre idéal passe bas et passe haut, filtre RC passe bas et passe haut (réponses impulsionnelles et fonctions de transfert).

**L'échantillonnage.** Signal échantillonné et son spectre, théorème de Shannon, l'aliasing, la base d'interpolation des sinc, l'échantillonnage réel.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

TP sur ordinateur (codes Matlab à compléter)

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Utiliser sans difficulté la représentation temporelle ou fréquentielle des signaux périodique et à énergie finie. Interpréter les opérations sur les signaux en temporel et fréquentiel. Connaître les propriétés fondamentales des distributions. Choisir une stratégie d'échantillonnage selon la bande du signal et savoir reconstruire le signal originaire, et prévoir le phénomène de l'aliasing.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

85% Ecris : 35% ER1 (1 heure) + 50% ER2 (1h30, à la fin du cours)

15% TP (comptes rendus des TP2, TP3, TP4)

**Code de l'U.E. : LU2EE110**

**Intitulé de l'U.E. : Magnétisme**

**Année : L2**                      **Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Hakeim Talleb**

**Publics :** Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs E.E.A-Informatique, Complémentaires Métiers, CMI E.E.A.

**Volume horaire total par étudiant : 30h**

**Heures CM : 12h**                      **Heures TD : 12h**                      **Heures TP : 4h**

**Heures Projet : 0h**                      **Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

Ce cours a pour objectif d'apprendre et de clarifier les notions et lois fondamentales concernant le magnétisme autant du point de vue de la magnétostatique que de l'induction magnétique.

**Contenu détaillé de l'U.E. : Le cours aborde les**

Électrocinétique Loi d'Ohm locale

Équation de conservation du courant

Loi de Biot et Savart

Moment magnétique Dipôle magnétique et aimantation Perméabilité et aimantation

Matériaux ferromagnétiques

Théorème d'ampère

Conservation du flux

Notion de potentiel vecteur

Energie

Mutuelle et inductance

Induction magnétique (Loi de Lenz et Faraday)

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Les TP se feront avec Matlab ou éventuellement avec le logiciel CST MWS.

**Prérequis. :**

Maths : calcul vectoriel – calcul intégral , circuits électriques et Électrostatique

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

- Connaître les caractéristiques de l'interaction magnétique
- Comprendre les concepts de champ et d'énergie magnétique
- Savoir appliquer différentes techniques de calculs de champ magnétique
- Comprendre le phénomène d'induction et ce qu'est l'inductance d'un composant
- Avoir des notions sur le comportement magnétique des matériaux

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits



**Code de l'U.E. : LU2EE21A**

**Intitulé de l'U.E. : Introduction à la programmation en langage C**

**Année : L2**

**Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Xavier Clady**

**Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Complémentaires Métiers, CMI E.E.A.**

**Volume horaire total par étudiant : 58h**

**Heures CM : 16h**

**Heures TD : 19h**

**Heures TP : 22h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

Le C est l'un des langages de programmation les plus utilisés au monde. Il s'agit d'un langage impératif, modulaire et structuré. Il est très utilisé dans des domaines tels que la programmation embarquée sur micro-contrôleurs, les calculs intensifs et l'écriture de systèmes d'exploitation. Il constitue donc un langage de programmation indispensable dans la formation d'un étudiant en Sciences de l'Ingénieur. L'objectif de cet enseignement est d'introduire les notions essentielles de la programmation impérative en C.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Les cours magistraux structurés autour d'exemples commentés, permettront aux étudiants d'accéder concrètement aux notions essentielles. Des travaux dirigés ciblés familiariseront les étudiants à leur mise en œuvre et des travaux encadrés sur machine permettront d'acquérir l'expérience pratique nécessaire à la maîtrise de la programmation en langage C.

Les principales notions abordées en cours seront :

- La syntaxe du langage
- les variables et les constantes (déclaration et affectation)
- les opérateurs de calcul (arithmétiques, incrémentaux, de comparaison,...)
- les structures de contrôle (instructions conditionnelles, boucles...)
- Les tableaux
- La programmation modulaire par fonctions
- Les pointeurs pour le passage par adresse/référencement

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

TP sur ordinateur (Windows avec compilateur C et IDE).

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Cet enseignement doit permettre de développer les compétences suivantes : Analyser et modéliser un problème ; Imaginer et concevoir une solution algorithmique modulaire, utilisant des méthodes de programmation appropriées pour le problème étudié ; Traduire un algorithme

en langage C ; Spécifier rigoureusement les modules ou fonctions ; Évaluer, contrôler, valider des algorithmes et des programmes ; Communiquer à l'écrit ou à l'oral, une problématique, une solution ou un algorithme, une documentation.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- 70% Ecris : 30% ER1 (1h30) + 40% ER2 (2h)
- 30% TP : 20% Examen de TP (1 heure) + 10% (comptes rendus des TP9, TP10, TP11)

**Code de l'U.E. : LU2EE21B****Intitulé de l'U.E. : Programmation en C****Année : L2**                      **Semestre : S4****Nombre d'ECTS : 6****Responsable de l'U.E. : Xavier Clady****Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Complémentaires Métiers****Volume horaire total par étudiant : 58h****Heures CM : 12h**                      **Heures TD : 14h**                      **Heures TP : 34h****Heures Projet : 0h**                      **Autres : à préciser****Objectifs de l'U.E. :**

Le C est l'un des langages de programmation les plus utilisés au monde. Il s'agit d'un langage impératif, modulaire et structuré. Il est très utilisé dans des domaines tels que la programmation embarquée sur micro-contrôleurs, les calculs intensifs et l'écriture de systèmes d'exploitation. Il constitue donc un langage de programmation indispensable dans la formation d'un étudiant en Sciences de l'Ingénieur.

Les objectifs de cette UE sont :

- de leur faire acquérir la maîtrise des structures de données et de leurs mécanismes associés, qui leur permettront d'écrire des programmes structurés ;
- d'introduire par la pratique, l'utilisation de bibliothèques en C et la notion de compilation séparée, afin de les préparer au développement de logiciels élaborés en ingénierie système et électronique.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Les cours magistraux structurés autour d'exemples commentés, permettront aux étudiants d'accéder concrètement aux notions essentielles. Des travaux dirigés ciblés familiariseront les étudiants à leur mise en œuvre et des travaux encadrés sur machine permettront d'acquérir l'expérience pratique nécessaire à leur maîtrise. Enfin un mini-projet individuel et encadré offre aux étudiants, l'occasion de mettre en pratique de manière approfondie leurs connaissances (voire de les compléter en se documentant de manière autonome).

Les principales notions abordées en cours, TD et TP seront :

- pointeurs (pointeurs typés, pointeurs et tableaux, passage de paramètres, allocation dynamique),
- algorithmes (notion et représentations d'algorithme; analyse et complexité, récursivité, algorithmes de tri, gestion de pile/file dans un tableau),
- structures (type synonyme, pointeurs sur structure, structures récursives) et autres objets composés (tableaux de tableaux, tableaux de pointeurs, double pointeurs),
- listes chaînées (simplement et doublement chaînées, circulaires, manipulation de listes, pile/liste),

- gestion de fichiers (écriture, lecture, etc.),
- compilation séparée, et
- quelques notions d'interface graphique

Ces notions sont mises en pratique dans le cadre d'un projet en fin d'UE : développement logiciel de type ludique (avec utilisation d'une bibliothèque graphique et requérant notamment une structuration et une gestion des données et des fonctions élaborées appropriées), aux enjeux similaires à ceux de logiciels en ingénierie système et électronique.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

TP sur ordinateur (Windows avec compilateur C et IDE).

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Cet enseignement doit permettre de développer les compétences suivantes : Analyser et modéliser un problème ; Imaginer et concevoir une solution algorithmique modulaire et structurée, utilisant des méthodes de programmation et des structures de données appropriées pour le problème étudié ; Traduire un algorithme et ses structures de données en langage C ; Spécifier rigoureusement les modules, les structures ou fonctions ; Évaluer, contrôler, valider des programmes et des logiciels élaborés ; Communiquer à l'écrit ou à l'oral, une problématique, une solution ou un algorithme, une documentation.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- 40% Ecrit : 1 épreuve (2h)
- 60% Projet : remise + présentation orale du projet

**Code de l'U.E. : LU2EE202**

**Intitulé de l'U.E. : Sources d'énergie électrique**

**Année : L2**                      **Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Olivier Béthoux**

**Publics : Mono-disciplinaires**

**Volume horaire total par étudiant : 28h**

**Heures CM : 10h**                      **Heures TD : 8h**                      **Heures TP : 10h**

**Heures Projet : 0h**                      **Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

La maîtrise progressive de la conversion de l'énergie sous toutes ses formes a permis le développement de l'humanité et est un des socles de sa prospérité. De par sa souplesse d'utilisation et de réglage, son absence de pollutions locales, son obtention par moult convertisseurs, le vecteur électricité est en passe de devenir la clef de voûte des énergies finales. Au niveau mondial, la part de l'électricité dans les utilisations a cru de 3% en 1945 à 20% en 2022 et plans de développement et prévisions tablent sur 50% en 2050.

Dans ce contexte, cette unité d'enseignement a pour objectif de donner, à des étudiants de L2 EEA, des outils d'ingénierie pour analyser des systèmes de conversion d'énergie. Afin d'être en cohérence avec le public visé, la plupart des illustrations se concentreront sur la conversion de grandeurs non électriques vers des grandeurs électriques.

Les trois points focaux visés sont :

- 1) la description et l'exploitation des principes de conversion d'une forme d'énergie à une autre.
- 2) la compréhension de la chaîne de conversion complète liée à l'exploitation de l'énergie photovoltaïque.
- 3) la compréhension de la chaîne de conversion complète liée à l'exploitation de l'énergie éolienne.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Cette unité d'enseignement propose une démarche allant des principes physiques à l'analyse des principaux enjeux et leviers pour constituer des systèmes sobres en énergie et en matériaux. Pour cela, le contenu s'articule autour des points suivants.

- 1) Clefs de compréhension de l'énergie et de ses multiples conversions. Seront abordés :
  - a. les lois fondamentales de l'énergie (travail, chaleur, principe d'équivalence, énergie interne et premier principe, entropie  $S$  et principe de non conservation de  $S$ , etc),
  - b. la puissance et l'impact de la puissance nominale sur les convertisseurs
  - c. les rendements en puissance et en énergie,
  - d. situation mondiale : rôle de l'énergie, ressources et soutenabilité des usages.
- 2) Conversion photovoltaïque : de la ressource solaire à son utilisation finale dans le réseau électrique. Seront abordés :
  - a. Ressource solaire : paramètres déterminant le flux solaire que peut capter un panneau à un instant donné.
  - b. Principe de la conversion photovoltaïque.

- c. Conception d'un système photovoltaïque.
- 3) Conversion éolienne : de la ressource solaire à son utilisation finale dans le réseau électrique. Seront abordés :
  - a. Principe de la conversion éolienne : des principes physiques aux leviers pour une filière éolienne performante.
  - b. Ressource éolienne : éléments de choix d'un site adapté à cette conversion et caractérisation de la ressource d'un site.
  - c. Conception d'un système éolien.
- 4) Réseau électrique
  - a. Conversions de stock et conversions de flux
  - b. Problématique de l'intermittence et du moindre pilotage des sources
  - c. Dimensionnement d'un stockeur technologique

### **Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Des travaux pratiques permettront d'illustrer

- la conversion photo-électrique à l'échelle d'une cellule ou d'un module de cellules ;
- la conversion de la puissance éolienne en puissance électrique ;
- la nécessaire synchronisation de l'offre à la demande sur un réseau électrique et le dimensionnement d'un stockage pour lever les contraintes d'utilisation.

Parmi les matériels mis en œuvre, les étudiants auront à leur disposition

- des panneaux solaires de différentes technologies, des éclairages variables, des charges dissipatives réglables ;
- des micro-éoliennes, des ventilateurs réglables, des charges dissipatives réglables.
- des plaquettes Labdec et différents appareils de mesure (anémomètres, fluxmètres, ampèremètres, voltmètres, etc) ;
- le logiciel MATLAB – Simulink.

### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront en mesure de :

- 1) déterminer les flux de puissance associés à un convertisseur d'énergie, de définir et déterminer son rendement.
- 2) concevoir des modèles statiques décrivant des systèmes de conversion d'énergie et fondés sur les équations fondamentales de la physique.
- 3) utiliser ces modèles pour calculer des indices de performance en puissance ou en énergie ainsi que déterminer les grandeurs de commande nécessaires pour satisfaire un point de fonctionnement déterminé.
- 4) formaliser le problème du dimensionnement d'un stockeur sur un réseau électrique élémentaire et déterminer ses caractéristiques principales.
- 5) de concevoir un argumentaire sur un sujet traitant d'une problématique énergétique et de justifier un point de vue en se fondant sur l'analyse de ressources scientifiques fiables.

### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : Examen réparti n°1 /60
- Contrôle de TP : contrôle de TP /40 constitué par l'analyse des comptes-rendus remis et du travail fourni en séance.
- Soutenance de mini-projet : NON

**Code de l'U.E. : LU2EE203**

**Intitulé de l'U.E. : Outil de Simulation et Projet en électronique**

**Année : L2**

**Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsables de l'U.E. : Cyril Dahon et Sylvain Feruglio**

**Publics : Mono-disciplinaire, Bi-Disciplinaires intensifs**

**Volume horaire total par étudiant : 58h**

**Heures CM : 12h**

**Heures TD : 0h**

**Heures TP : 22h**

**Heures Projet : 24h**

**Autres : à préciser**

### **Objectifs de l'U.E. :**

Cette UE se divise en deux parties, une partie simulation et une partie réalisation pratique. L'objectif visé est de mettre en pratique les enseignements reçus jusqu'au S4 en montrant aux étudiants la complémentarité entre simulation et câblage, lors de la réalisation d'un circuit électronique.

La première partie de cette UE a pour objectif d'initier les étudiants à l'utilisation de logiciels de simulation de circuits électroniques, de type SPICE. Aussi, il comporte une grande partie de travaux pratiques qui seront réalisés à partir des outils développés par la société Cadence, leader dans l'industrie.

Cette première phase doit permettre aussi aux étudiants d'acquérir les bases de la simulation de composants et de circuits analogiques et numériques, de faciliter la compréhension des circuits à étudier, de développer leur esprit critique sur les performances de ces circuits et aussi de percevoir les limites des logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Pour la suite de leur cursus, cet enseignement donnera aux étudiants les prérequis nécessaires à une modélisation et à une simulation réalistes. Cela leur permettra notamment d'acquérir la méthodologie indispensable pour la réalisation d'ASIC (Application Specific Integrated Circuits) et de systèmes hétérogènes.

La seconde partie de cette UE consiste en la réalisation d'un circuit électronique traitant un signal physiologique réel (les pulsations cardiaques) de manière à pouvoir compter et afficher en temps réel le rythme cardiaque d'une personne. Ce circuit se distingue par une partie de mise en forme du signal analogique et un traitement numérique permettant le comptage de ces pulsations.

Ce projet clôture le L2 avec l'ambition de faire appel aux diverses connaissances théoriques et pratiques acquises par les étudiants durant cette année, en électronique analogique et numérique.

Au niveau de la licence, cette UE permettra aux étudiants de se familiariser avec un outil de simulation employé dans l'industrie, puis de l'utiliser pour préparer un projet d'électronique qu'ils auront à concevoir. Afin d'assurer la jonction entre simulation et réalisation, deux TPs de 4h de simulation seront entièrement dédiés au projet. Ceci permettra de mettre l'accent sur la préparation du projet et sur l'importance de l'outil de simulation à chaque étape du processus de réalisation du circuit (vérification de calculs théoriques, des fonctions électroniques réalisées, etc.).

### **Contenu détaillé de l'U.E. :**

#### **Partie 1 : Initiation à la simulation**

- ✓ COURS MAGISTRAL (8h = 4x2h) :
  1. Introduction à la simulation et la modélisation en électronique
  2. Différents types de simulations
  3. Fichier d'entrée, simulations et visualisation des résultats sous OrCAD
  4. Limitations de la simulation

- ✓ TP (14h = 7x2h) :
  0. Prise en main du logiciel (2x2h)
    - a. Familiarisation avec l'environnement et les différents modules du logiciel,
    - b. Réalisation d'un circuit sous la forme d'un fichier d'entrée (netlist) et d'un schéma (schematic),
    - c. Visualisation des résultats.
  1. Analyses du point de fonctionnement et en courant continu (2h)
    - a. Pont diviseur et analyse paramétriques,
    - b. Caractéristique courant-tension de composants analogiques (résistance, diode, ...).
  2. Analyse temporelle 1 (2h)
    - a. Circuits élémentaires (RC, RLC, à diode)
    - b. FFT
  3. Analyse temporelle 2 (2h)
    - a. Simulation de blocs élémentaires (inverseur simple, bascule D, fonction logique « complexe »),
    - b. Introduction aux notions de temps de montée, de descente, d'établissement et de propagation dans les circuits logiques.
  4. Analyse en AC 1 (2h)
    - a. Notion de point de polarisation et de schéma équivalent petit signal,
    - b. Fonctions amplification et filtrage.
  5. Analyse AC 2 (2h)
    - a. Fonction amplification et filtrage (suite),
    - b. Lien avec l'analyse temporelle.
- ✓ PREPARATION AUX PROJET (8h = 2x4h) : Deux séances de TP en autonomie poussée sont consacrées à la réalisation de simulations de circuits directement en lien avec le projet d'électronique qui suit.

## Partie 2 : Projet

- ✓ COURS MAGISTRAL (4h = 2x2h) :
  - Présentation du projet
  - 1. Partie analogique
  - 2. Partie numérique
- ✓ TP de Projet (24h = 6x4h)

## Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :

Logiciel : Orcad-Spice

Matériel : composants discrets, plaques labdec, générateurs, oscilloscopes

## Compétences attendues en fin d'U.E. :

Autonomie accrue des étudiants face à un projet d'électronique : conception, simulation, réalisation.

## Contrôle des connaissances de l'U.E. :

### Partie 1 :

- ✓ 40% Examen de TP (Examen sur machine où les documents de cours sont autorisés).

### Partie 2 :

- ✓ 20% 2 Préparations théoriques
- ✓ 40% Réalisation du circuit

**Code de l'U.E. : LU2EE204**

**Intitulé de l'U.E. : Interfaces analogiques/numériques**

**Année : L2**                      **Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Olivier Dubrunfaut**

**Publics : Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure), CMI Physique**

**Volume horaire total par étudiant : 30h**

**Heures CM : 10h**                      **Heures TD : 10h**                      **Heures TP : 6h**

**Heures Projet : 4h + libre-service**

**Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif de l'UE est d'étudier la conversion analogique – numérique et numérique – analogique et de l'associer aux connaissances en électronique vues précédemment. Un.e étudiant.e devra ainsi être capable à la fin de l'UE de répondre à un cahier des charges pour un système analogique – numérique, par exemple fondé sur un capteur : le concevoir (principe, choix des composants, dimensionnement, ...), le réaliser et le tester.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- Principes de la conversion analogique – numérique et numérique – analogique : quantification, échantillonnage, codage, filtres anti-alias et de reconstruction, ...
- Etude de CAN (flash, à approximations successives, à rampe, ...) et de CNA (à résistances pondérées, R – 2R, PWM, ...).
- Introduction au transistor à jonctions bipolaires en commutation, application dans différents CAN.
- Etude de chaînes complètes : de la grandeur physique analogique au signal numérique.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Générateur de tension DC, générateur basse fréquence de fonctions (GBF), multimètre, oscilloscope, plaquettes Labdec.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront en mesure de :

- comprendre et exploiter des notices techniques (datasheet) de CAN et de CNA,
- utiliser un CAN ou un CNA pour une application donnée,
- concevoir un système électronique analogique-numérique à base de fonctions élémentaires (blocs filtrage, amplification, détecteur de crête, CAN, CNA, ...) : schéma de principe, dimensionnement, prise en compte de l'interaction de deux blocs, ...
- réaliser et tester un système électronique analogique - numérique sur plaquette Labdec,
- rédiger la notice technique : schéma blocs, schématique, lay-out et caractéristiques du système.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Un examen écrit 60%.
- TP 15% : contrôle en amphithéâtre.
- Mini-projet 25% : contrôle en amphithéâtre (5%), séances/démonstration/rapport (20%).



- Programmer cette architecture en langage assembleur, en particulier pour faire interagir le processeur avec un composant périphérique

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- 2 Examens écrits (60%)
- Contrôle de TP (20%)
- Soutenance de mini-projet (20%)

**Code de l'U.E. : LU3EE101****Intitulé de l'U.E. : Signaux et Systèmes Asservis****Année : L3****Semestre : S5****Nombre d'ECTS : 6****Responsable(s) de l'U.E. : Mohamed Chetouani et Pascal Morin****Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs, Mineure E.E.A., CMI E.E.A., CMI Mécanique, CMI Physique****Volume horaire total par étudiant : 56h****Heures CM : 22h****Heures TD : 22h****Heures TP : 12h****Heures Projet : 0h****Autres :****Objectifs de l'U.E. :**

Cette UE décrit les notions élémentaires de l'analyse et la modélisation de systèmes du premier ordre, second ordre asservis ou non. Nous introduirons les outils de la modélisation des systèmes linéaires, continus et causaux : représentations temporelles/fréquentielles, produit de convolution et théorème de Plancherel, réponses impulsionnelle/indicielle/fréquentielle et Transformée de Laplace. Nous passerons en revue la modélisation des systèmes du premier et second ordre. Cette UE fera une introduction aux systèmes numériques : rappel sur l'échantillonnage, équation de récurrence et Transformée en Z. Cette UE décrit les concepts généraux propres à l'automatique (boucle fermée, erreur, précision, rapidité d'un système). Une attention particulière est ensuite portée à la synthèse des correcteurs analogiques, effectuée à partir d'exemples de systèmes physiques concrets

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

1. Introduction (CM= 2h, TD=2h, TP=0h)
  - a. Rappel sur la représentation et l'analyse des signaux : temps, fréquence
  - b. Rappel sur le produit de convolution, Théorème de Plancherel
  - c. Représentation de systèmes : entrée, sortie, réponse impulsionnelle
2. Transformée de Laplace (CM= 2h, TD=2h, TP=0h)
  - a. Introduction à la Transformée de Laplace.
  - b. Transformée de Laplace de fonctions usuelles
  - c. Transformée de Laplace inverse
3. Systèmes 1<sup>er</sup> ordre (CM= 2h, TD=2h, TP=2h)
  - a. Représentation de systèmes : équation différentielle du premier ordre, constante de temps, notion de pôle
  - b. Réponses temporelles (impulsionnelle, indicielle), temps de réponse
  - c. Réponse fréquentielle (Bode), bande passante
4. Systèmes 2<sup>ème</sup> ordre (CM= 4h, TD=4h, TP=2h)
  - a. Modélisation des systèmes du second ordre : équation différentielle du second ordre, nature des pôles, zéro.
  - b. Réponses temporelles et fréquentielle des systèmes d'ordre 2 à pôles réels et doubles

- c. Réponses temporelles et fréquentielle des systèmes d'ordre 2 à pôles complexes
- 5. Introduction au numérique (CM= 2h, TD= 2h, TP= 2h)
  - a. Rappel sur l'échantillonnage
  - b. Equation de récurrence
  - c. Transformée en Z
- 6. Principe et formalisation de la boucle fermée (CM=2h, TD= 2h, TP=0h)
  - a. Comparaison entre Boucle Ouverte et Boucle Fermée
  - b. Modèle d'une boucle de régulation avec chaîne directe et chaîne de retour
  - c. Réduction et analyse des schémas blocs (calcul de fonctions de transfert)
- 7. Propriétés d'un système asservi (CM =4h, TD= 4h, TP= 2h)
  - a. Stabilité
  - b. Précision
  - c. Rapidité
  - d. Amortissement/Dépassement
  - e. Marges de stabilité
- 8. Synthèse de correcteurs (CM= 4h, TD= 4h, TP= 4h)
  - a. Cahier des charges d'un asservissement
  - b. Structures de correction
  - c. Actions de correction élémentaires (P, I, D)
  - d. Calcul des gains pour répondre à un cahier des charges

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Matlab - Simulink

**Compétences et connaissances attendues en fin d'U.E. :**

Analyser, modéliser et corriger des systèmes du premier ordre, second ordre asservis ou non.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

2 Ecrits répartis + notes de TP

**Code de l'U.E. : LU3EE110**

**Intitulé de l'U.E. : Electromagnétisme 3 : Propagation**

**Année : L3**

**Semestre : S5**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Hélène Roussel**

**Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs, CMI E.E.A.**

**Volume horaire total par étudiant : 28.5h**

**Heures CM : 12.5h**

**Heures TD : 14h**

**Heures TP : 2h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

Cette UE constitue une première approche à l'étude de la propagation des champs électromagnétiques dans différents types de milieux tels que les matériaux diélectriques, conducteurs et magnétiques ainsi que les milieux naturels. Elle permet de poser les bases de l'étude de la propagation en introduisant notamment les notions d'absorption et de dispersion.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Les intitulés des différents chapitres abordés dans cette UE sont :

- ✓ Introduction aux équations de Maxwell
- ✓ Equations de d'Alembert et de Helmholtz et leurs solutions : Ondes planes élémentaires
- ✓ Milieux diélectriques, magnétiques, conducteurs
- ✓ Effet de peau et conditions de passage
- ✓ Théorème de Poynting
- ✓ Réflexion, réfraction et transmission (Coefficients de Fresnel)

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

La séance de TP se fait avec le logiciel Matlab et permet aux étudiants de visualiser les différents effets des milieux sur la propagation des ondes planes (atténuation, effet de peau, etc.). Nous étudions également la réflexion sur un plan infini.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

A la fin de cette UE les étudiants doivent être capables de traiter des problèmes liés à la propagation des ondes dans un milieu LHI (Linéaire Homogène et Isotrope) quelconque. Ils doivent également connaître les équations de Maxwell et l'équation de propagation dans un milieu quelconque. A cela s'ajoute le problème d'interface plan et de condition de passage.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

Deux écrits de cohorte.



**Code de l'U.E. : LU3EE0IP****Intitulé de l'U.E. : Orientation et Insertion Professionnelle****Année : L3****Semestre : S5****Nombre d'ECTS : 3****Responsable de l'U.E. : Guillaume Perry****Publics : Mono-disciplinaire, Bi-disciplinaires intensifs****Volume horaire total par étudiant : 20h****Heures CM : 0h****Heures TD : 20h****Heures TP : 0h****Heures Projet : 0h****Autres : 20h travail personnel****Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif de ce module est de favoriser la projection de l'étudiant dans son cursus universitaire et dans le monde du travail. L'accent sera mis en particulier sur le choix de l'orientation en master des étudiants après un travail de recherche et d'analyse d'informations sur les métiers et les secteurs de l'EEA ainsi que sur les différentes formations de master correspondantes. Les étudiants devront réaliser une interview d'un professionnel en lien avec leur projet professionnel.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Informations sur les métiers et les secteurs de l'EEA

Informations sur les différentes formations de master

Travail sur les CV et Lettres de motivation à adapter pour la recherche d'un stage ou la candidature en Master.

Recherches d'entreprises dans un secteur déterminé par l'étudiant selon ses aspirations

Interview d'un professionnel à réaliser dans une entreprise ou un laboratoire

Réflexion sur le projet professionnel

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Documents pour les différents ateliers sur les CV, lettres de motivation, Documents sur les entreprises, sur les Master de Sorbonne Université

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Réfléchir à son projet professionnel,

Développer son réseau professionnel.

Rédiger un CV et une lettre de motivation adaptés à une candidature pour une formation ou à une offre de stage.

Réaliser une interview et rédiger un CR

Présenter à l'oral son travail

Travailler en autonomie

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

Dossier écrit (CV et lettre de motivation) 60%

Présentation orale de l'interview d'un ingénieur 40%

**Code de l'U.E. : LUXEE104****Intitulé de l'U.E. : Réseaux électriques et électronique de puissance****Année : L3****Semestre : S5****Nombre d'ECTS : 6****Responsable de l'U.E. : Florence Ossart****Publics : Mono-disciplinaires****Volume horaire total par étudiant : 60h****Heures CM : 24h****Heures TD : 24h****Heures TP : 12h****Heures Projet : 0h****Autres : non****Objectifs de l'U.E. :**

▪ Un premier objectif de cette UE est l'acquisition de connaissances générales sur les réseaux électriques et les problématiques associées afin d'être en mesure de comprendre les évolutions et les enjeux technico-économiques actuels des réseaux : ouverture des marchés de l'électricité, multiplication des acteurs au sein du système, intégration des énergies d'origine renouvelable, exploitation des technologies de l'information et de la communication pour aller vers des réseaux électriques intelligents, c'est-à-dire vers une gestion de plus en plus décentralisée et optimisée de ces systèmes très complexes.

▪ Le deuxième objectif est l'acquisition de connaissances sur les convertisseurs électroniques de puissance et leurs évolutions actuelles. Ces composants matériels sont développés pour permettre la mise en forme et le contrôle des flux de puissance dans les systèmes électriques, et en particulier dans les réseaux électriques. Au-delà des secteurs traditionnels de la traction électrique et des entraînements industriels, on montrera que les applications de l'électronique de puissance sont en très forte progression, du fait de la multiplication des usages de l'énergie électrique et grâce aux progrès technologiques dans le domaine des interrupteurs électroniques.

▪ Le troisième objectif est l'acquisition de savoir-faire pratiques :

- mesure et interprétation de grandeurs électriques,
- programmation de modèles numériques et analyse de résultats.

Pré-requis : Circuits électriques – Nombres complexes – Résolution d'équations différentielles linéaires d'ordre 1 et 2

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Partie « réseaux électriques » :

- Circuits électriques monophasés et triphasés
- Généralités sur les réseaux électriques et la production d'énergie électrique.
- Fondamentaux sur les réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique : équilibre production/consommation, qualité de l'énergie, protection, conduite ...
- Le marché de l'électricité et son évolution : du monopole d'EdF au marché SPOT
- Problématique de l'intégration des énergies renouvelables : comment gérer la variabilité ?

- Les réseaux électriques de demain : vers les microgrids et le smart grid

Partie « Electronique de puissance » :

- Généralités sur les convertisseurs à découpage et les interrupteurs électroniques : règles d'association des sources d'énergie, notion de cellule de commutation, structure de base des convertisseurs
- Conversion continu/continu : principes des hacheurs et principales architectures
- Conversion continu/alternatif : principe des onduleurs et de la modulation de largeur d'impulsion
- Conversion alternatif/continu : diodes et redressement
- Dissipation thermique dans les convertisseurs

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits
- Contrôle de TP
- Soutenance de mini-projet

**Code de l'U.E. : LU3EE105**

**Intitulé de l'U.E. : Introduction à l'analyse et au traitement des images et des sons**

**Année : L3**

**Semestre : S5**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsables de l'U.E. : Catherine Achard et Henri Boutin**

**Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs, CMI E.E.A.**

**Volume horaire total par étudiant : 60h**

**Heures CM : 26h**

**Heures TD : 4h**

**Heures TP : 30h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres : à préciser**

**Objectifs de l'U.E. :**

Cette unité d'enseignement a pour objectif d'initier les étudiants à l'acquisition et au traitement numérique des images et du son. Pour ce faire, l'ensemble de la chaîne d'acquisition de l'information sera étudié, partant du capteur (caméra et microphones), en passant par son traitement (traitements d'image élémentaires, analyse et traitements de base en audio), jusqu'à la restitution (haut-parleur). L'UE se déroulera par ailleurs en partie sous la forme d'ateliers-problèmes au cours desquels les étudiants seront répartis en petits groupes travaillant en autonomie sur des problématiques ciblées. Les connaissances acquises seront utilisées au cours d'un projet en audio mettant en œuvre une chaîne d'acquisition/traitement/restitution temps réel. A l'issue de cette UE, les étudiants seront capables d'acquérir une image et un son (réglages de l'acquisition), d'en interpréter son contenu, et d'appliquer un traitement simple à l'information acquise.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

**Image :**

- Présentation des différents types de systèmes optiques simple (dioptries, lentilles, miroirs). Application au fonctionnement d'un objectif pour caméra couleur ou monochrome. Présentation des paramètres qui influencent l'acquisition d'une image.
- Capteur : Présentation de la géométrie d'une cellule MOS. Explication du principe de conversion photons-électron (signal utile à la base de la formation d'une image numérique. Présentation des différents types de bruits qui entachent la qualité de conversion du signal au sein des capteurs optiques (CCD ou CMOS).
- Du signal à l'image : codage et représentation d'une image.
- Initiation au traitement des images : niveaux de gris, couleurs, histogramme, renforcement de contraste, suppression du bruit (filtrage linéaire et non linéaire), extraction de contours, notions élémentaires de morphologie mathématique.

**Son :**

- Notion de perception et de psychoacoustique : courbe de réponse de l'oreille, définition du dBA, bande audible, courbes isosoniques, risques liés au bruit.
- Notions de base sur le son et sa mesure : ondes de pression acoustique, propagation et captation (principe du microphone électrodynamique et électrostatique, directivité, sensibilité, impédance de sortie).
- Acquisition : amplification, filtrage, échantillonnage (théorème de Shannon, repliement spectral), quantification (rapport signal sur bruit, facteur de bruit).

- Traitement audio numérique : analyse temps-fréquence (transformées de Fourier des signaux discrets, spectrogramme), filtrage numérique, effets sonores.
- Restitution : conversion numérique-analogique (bloqueur d'ordre 0), amplification de puissance, haut-parleur.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Matlab/Simulink

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Être capable de mettre en œuvre des algorithmes simples de traitement d'images et du son en connaissant le principe de toute la chaîne de traitement.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

Contrôle continu :

Image : Ecrit 1 : /17.5, Ecrit2 : /17.5, TP : /15 => total /50

Son : Ecrit1 Audio : /10, Ecrit 2 Audio:/20, TP : rapport + soutenance + démo /20 => total /50

**Code de l'U.E. : LU3EE106**

**Intitulé de l'U.E. : Méthodes Numériques en Python**

**Année : L3**

**Semestre : S5**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Thomas Dietenbeck**

**Publics : Mono-disciplinaires, CMI E.E.A.**

**Volume horaire total par étudiant : 58h**

**Heures CM : 16h**

**Heures TD : 14h**

**Heures TP : 12h**

**Heures Projet : 16h**

**Autres : à préciser**

**Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif de l'UE est d'étudier des méthodes numériques pour résoudre des problèmes d'interpolation, d'intégration ou des systèmes d'équations différentielles ordinaires à l'aide de bibliothèques Python. À la fin de l'UE, l'étudiant.e sera ainsi capable, à partir de la description d'un problème, de réaliser les développements mathématiques permettant l'utilisation de méthodes numériques connues puis d'écrire un programme Python pour le résoudre.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- Programmation en Python
  - Syntaxe de base en Python (boucles, conditionnelles, fonctions)
  - Manipulation de fichiers (texte ou binaire)
  - Création et utilisation de bibliothèques, utilisation de bibliothèques « standards » pour le calcul numérique (numpy, matplotlib)
  - Définition de *dataclass*
  - Manipulation de listes chaînées
- Méthodes numériques
  - Interpolation polynomiale (polynôme de Lagrange, de Newton)
  - Intégration (méthodes classiques ou de quadrature gaussienne)
  - Equations différentielles ordinaires (méthode d'Euler, de Runge-Kutta ou différences finies).

Une partie Projet complète l'UE pour permettre aux étudiant.e.s de mettre en œuvre les notions enseignées dans le cadre d'une problématique plus large.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

PC, Python 3.X, IDE Spyder ou Jupyter Notebook

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

À l'issue de l'UE, les étudiant.e.s seront en mesure de

- résoudre un problème mathématique (intégration, interpolation, équations différentielles) à l'aide de méthodes numériques,
- programmer en Python ces méthodes numériques en utilisant des bibliothèques « standards » (numpy) et en regroupant des données dans des *dataclass*,

- visualiser et analyser de manière critique les résultats obtenus

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- 2 examens écrits (60%)
- Mini-projet (40%)

**Code de l'U.E. : LU3EE200****Intitulé de l'U.E. : Électronique 4 - Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique et numérique****Année : L3****Semestre : S6****Nombre d'ECTS : 6****Responsable de l'U.E. : Farouk Vallette****Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure), Mineure E.E.A., Complémentaires Métiers, CMI E.E.A., CMI Physique****Volume horaire total par étudiant : 60h****Heures CM : 24h****Heures TD : 24h****Heures TP : 12h****Heures Projet : 0h****Autres : 0h****Objectifs de l'U.E. :**

L'UE a pour objectif de présenter les techniques et dispositifs de l'électronique par une approche Top/Down qui part du circuit intégré et descend jusqu'à la physique du composant.

Les circuits intégrés permettent de réaliser les fonctions analogiques et numériques de l'électronique. Les caractéristiques présentes dans les documentations techniques des circuits intégrés de type AOP ou circuits numériques seront présentées et comparées avec les caractéristiques idéales utilisées jusqu'alors par les étudiants, à charge pour eux désormais de tenir compte ou pas de ces caractéristiques dans l'utilisation de ces composants.

L'architecture des circuits intégrés étant à base de transistors, le fonctionnement des transistors sera analysé et les fonctions élémentaires analogiques et numériques à transistors seront ensuite présentées.

Enfin, on montrera comment les composants élémentaires de la micro-électronique et de la photonique sont réalisés et on s'attachera à comprendre pourquoi les semi-conducteurs sont l'essence même de la micro-électronique. On partira des propriétés physiques des matériaux, en s'attardant sur la théorie des bandes. On définira les porteurs de charges et comment ils sont à la base des phénomènes de conduction électrique. On montrera ensuite comment le dopage peut permettre de donner à ces matériaux des propriétés électriques utiles pour la réalisation des composants électroniques élémentaires (diodes, transistors) présents dans les circuits intégrés.

Afin de développer un esprit d'analyse, de critique et d'initiative des étudiants, le cours s'accompagne de travaux dirigés, ainsi que de travaux pratiques.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- Circuits intégrés
  - AOP réel vs AOP idéal : comparaison des caractéristiques techniques et définitions (gain différentiel fini, influence de la fréquence, tension de décalage, courants de polarisation, saturation, slew-rate, temps de montée/descente, temps de propagation).
  - Mono-alimentation des montages à AOP
  - Montages élémentaires linéaires et non-linéaires à AOP en mono-alimentation
- Transistor MOS
  - Structure, fonctionnement, régime ohmique et régime saturé, caractéristiques  $ID(VGS)$ ,  $ID(VDS)$
  - Effets capacitifs
  - Schéma équivalent en courant alternatif

- Autres transistors, JFET, BJT
- Circuits analogiques à Transistors MOS
- Analyse en courant continu / courant alternatif
- Amplification source commune (Gain, Impédances d'entrée et de sortie), Montage drain-commun
- Circuits numériques à transistors MOS
- Inverseur, Portes logiques, Interrupteur NMOS PMOS CMOS, Bascule, notion de consommation
- Semi-conducteurs
- Matière, conduction électrique, liaison covalente, Semi-conducteur intrinsèque, Dopage et Semi-conducteur extrinsèque, Influence de la température extérieure
- Résistance dans les CI
- Jonction PN, structure physique, caractéristique  $I(V)$ , résistance différentielle, capacité de jonction, diode
- Composants photoniques
- Principe de photodétection
- LEDs, Photodiode
- Schéma équivalent, Consommation
- Notion de rendement
- Evolution des Composants passé-présent-futur. MOS canal court. Après le MOS ... 1h

### **Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

L'étudiant réalisera ses travaux pratiques sur un poste électronique classique (Alimentations, Générateur Basses Fréquences, Oscilloscope, Multimètre + Plaquette Labdec et composants) ou avec une carte Analog Discovery 2 connectée à un ordinateur et utilisée avec le logiciel WaveForms. La carte sera prêtée à l'étudiant pour le semestre.

### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Comprendre le fonctionnement d'un composant électronique à partir de sa documentation technique et évaluer ses limites de fonctionnement.

Analyser le fonctionnement d'un circuit électronique à base de transistors et d'AOP et donner ses caractéristiques générales (fonction de transfert, gain, impédances d'entrée et de sortie...).

Comprendre le fonctionnement d'un composant électronique à partir de ses caractéristiques courant/tension.

Lier les propriétés physiques des matériaux aux performances et aux caractéristiques des composants électroniques. Connaitre les principales étapes de son processus de fabrication.

Les compétences pratiques des étudiants seront développées. On attend des étudiants des capacités à réaliser un montage câblé proprement, et une méthodologie de détection des erreurs sur un circuit. L'étudiant devra être capable d'effectuer des mesures en courant continu et en courant alternatif. Il devra ensuite savoir exploiter ces mesures afin de déterminer les paramètres électriques des composants (tension de seuil, effets capacitifs internes) et des circuits (caractéristiques d'amplification, bande passante, caractéristiques temporelles, fonctions).

### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : 2 épreuves de cohorte dont la moyenne pondérée correspond à 75% de la note finale de l'UE.
- Contrôle de TP : 25% de la note finale de l'UE

**Code de l'U.E. : LU3EE201****Intitulé de l'U.E. : Actionnement électrique****Année : L3****Semestre : S6****Nombre d'ECTS : 6****Responsable de l'U.E. : Olivier Béthoux****Publics :** Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure), Complémentaires Métiers, CMI E.E.A.**Volume horaire total par étudiant : 52h00****Heures CM : 20h****Heures TD : 20h****Heures TP : 12h****Heures Projet : 0h****Autres :****Objectifs de l'U.E. :**

Entraîner des charges mécaniques à vitesse variable, tout en contrôlant la vitesse ou le couple, est un aspect omniprésent dans les systèmes modernes et ce dans toutes les gammes de puissance (de quelques watts à des mégawatts) : robots de toutes tailles, électroménager, transports (terrestre, maritime et aérien) tant pour les fonctions auxiliaires que la fonction principale de déplacement, etc.

Dans ce contexte, cette unité d'enseignement a pour objectif de donner

- 1) une compréhension de tels systèmes,
- 2) des moyens de les concevoir,
- 3) ainsi que des outils pour leur mise au point.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Cette UE s'inscrit en cohérence avec l'UE de S4 LU2EE210 « Électromagnétisme 2 – Magnétisme », ainsi que de l'UE de S5 LU3EE101 « Signal et systèmes asservis ». Les prérequis sont donc :

- Outils mathématiques pour l'ingénieur : calculs vectoriel et matriciel – algèbre linéaire ;
- Outils de base de l'automatique linéaire : fonctions de transfert, réglage de correcteur PI(D) ;
- Lois fondamentales de l'électromagnétisme.

En se fondant sur ces éléments, cette unité d'enseignement propose une démarche allant des principes physiques des machines électriques fondées sur la conversion électromagnétique jusqu'à leur intégration dans des systèmes électromécaniques complets. Pour cela, le contenu s'articule autour des points suivants :

- Constitution d'une chaîne de traction
  - Structure d'une motorisation : alimentation, convertisseur, moteur, réducteur, charge
  - Modélisation de la chaîne et caractéristiques des constituants
  - Capteurs et boucles de régulation engendrant la commande du convertisseur
- Dimensionnement et réglages de la chaîne de motorisation complète
  - Analyse du cycle de fonctionnement
  - Choix des constituants : moteur, réducteur, convertisseur
  - Commande en vitesse et commande en position
- Energie électromagnétique
  - Lois de Maxwell-Faraday, loi de comportement des matériaux, loi de Lenz-Faraday, théorème d'Ampère, force magnétomotrice
  - Inductances propre et mutuelle
  - Energie magnétique, force magnétique

- Effet transformateur, transformateur idéal, transformateur réel
- Dimensionnement d'une inductance
- Modélisation pour la commande de la machine synchrone
  - Modèle orienté commande de la machine synchrone
  - Transformations de Concordia et de Park
  - Modèle de la machine équivalente
  - Généralisation du concept de machines virtuelles à des machines synchrones polyphasées
- Architecture de la commande en couple de la machine synchrone
  - Découplage des axes virtuels
  - Correcteurs des axes virtuels découplés
  - Réglage des correcteurs
  - Vitesse de base et fonctionnement au-delà de la vitesse de base
- Onduleurs de tension et association onduleur - machine
  - Modulation de largeur d'impulsion : MLI intersective
  - Modulation de largeur d'impulsion : MLI vectorielle
  - Mise en œuvre de la MLI vectorielle
- Pilotage en mode dégradé
  - Architectures permettant le fonctionnement lors de la perte d'une phase
  - Reconfiguration de la commande pour assurer ce fonctionnement en mode dégradé
  - Estimation de la position sans (ou lors de la perte du) capteur de position

### **Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Des travaux pratiques permettront d'illustrer

- la définition des efforts mécaniques exigés par l'application et le contrôle permettant de superviser la chaîne de traction afin que celle-ci assure, en temps réel, le suivi de la consigne fournie par l'opérateur ;
- la conversion d'énergie passant par une énergie électromagnétique intermédiaire ;
- les techniques de contrôle d'une machine synchrone au travers d'une électronique de puissance.

Parmi les matériels mis en œuvre, les étudiants auront à leur disposition

- le logiciel Matlab/Simulink,
- des bancs moteurs.

### **Compétences attendues en fin d'U.E. :**

A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront en mesure de :

- formaliser le problème du dimensionnement d'une chaîne de motorisation au regard d'un cahier des charges,
- modéliser une chaîne de motorisation à partir des lois de la physique,
- prédire les grandeurs magnétiques au sein d'une machine en fonction de ses caractéristiques (géométrie, matériaux) et des variables électriques,
- définir les modèles pour la conception des lois de commande,
- concevoir les lois de commande,
- mettre en place les procédures permettant de valider les performances dynamiques attendues.

### **Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : Examen réparti n°1 /40, examen réparti n°2 /40, la note retenue est obtenue selon la formule :  $\max (ER2 ; \text{moyenne} (ER1,ER2) )$
- Contrôle de TP : contrôle de TP /20 constitué par l'analyse des comptes-rendus remis et du travail fourni en séance.









**Code de l'U.E. : LU3EE206**

**Intitulé de l'U.E. : Projet en électronique**

**Année : L3**

**Semestre : S6**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsables de l'U.E. : Francis Bras, Olivier Meyer**

**Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs (Double Majeure) EEA/Informatique, CMI E.E.A.**

**Volume horaire total par étudiant : 76h**

**Heures CM : 10h**

**Heures TD : 0h**

**Heures TP : 2h**

**Heures Projet : 64h**

**Autres :**

### **Objectifs de l'U.E. :**

Cette UE fait la synthèse des enseignements de licence d'électronique et ouvre vers les spécialités de Master accessibles aux étudiants. Elle est fait appel aux connaissances en électronique analogique et numérique, traitement du signal, systèmes asservis, programmation de microcontrôleurs, ainsi que quelques notions de physique (électrostatique, induction magnétique, propagation...). Le projet permet l'acquisition d'un savoir-faire principalement pratique, à acquérir les fondements du travail en équipe, la gestion de projet sur cahier des charges. Les thèmes abordés dans cette UE sont multiples et variés : télécommunications, instrumentation, captation d'informations (image, capteurs divers...), pilotage d'actionneurs et robotique, traitement des signaux et des images et décision (programmation de microcontrôleurs, programmation langage C). L'ensemble confronte les étudiants à la réalisation d'un système électronique complet et multifonctions et leur permet de réfléchir à leur projet professionnel et à leur orientation en master.

### **Contenu détaillé de l'U.E. :**

Séance de préparation : encadrement 2h

La préparation du projet en amont se fait en grande partie par des recherches personnelles (travail de recherche documentaire en électronique et physique, et préparation en amont en programmation du microcontrôleur sur simulateur, discussion par email ou sur un forum dédié avec les enseignants). Un lien est fait avec les enseignements concernés (électronique numérique et analogique, microcontrôleur, physique, signaux et systèmes, systèmes asservis...). Un pré rapport est demandé avant le début du projet dans le but de vérifier la bonne compréhension du sujet et du cahier des charges.

Partie projet : 64 heures en salle de TP + 10 heures de CM

Le projet intégrateur permet à l'étudiant de mettre en œuvre ses connaissances théoriques en concevant et en réalisant un dispositif électronique complet à partir d'un cahier des charges. Le projet est mené en équipe de 5 à 6 étudiants. Au cours de ce projet, les étudiants apprennent en particulier à réfléchir face à un cahier des charges, à travailler en équipe, puis à présenter et à valoriser leurs résultats. Le sujet du projet est choisi de manière à faire apparaître les spécialisations ultérieures possibles à Sorbonne Université, en particulier en rapport avec les

spécialités du master E3A et AR. Les séances de projets (encadrées) sont réalisées en fin de semestre sur une période restreinte à temps plein (2 semaines consécutives à raison de 8h par jour).

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

L'étudiant réalisera ses travaux pratiques sur un poste électronique classique (Alimentations, Générateur Basses Fréquences, Oscilloscope, Multimètre + Plaquette Labdec et composants), cartes FPGA, Microcontrôleur (type ARM7) programmé en C...

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Savoir travailler en autonomie et en équipe ; Comprendre et exploiter un cahier des charges précis ; Concevoir en équipe un projet complet dans son intégralité sur la base du cahier des charge ; Concevoir un système électronique complet contrôlé par un microcontrôleur ; utiliser l'ensemble des connaissances acquises en électronique, informatique et physique tout au long du cycle de la licence EEA ; Synthétiser pour restituer oralement le travail réalisé pendant le projet en temps limité.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : 30%
- Rendus & Réalisations : 60 %,
- Soutenance de projet : 10%

**Code de l'U.E. : LU3EE203**

**Intitulé de l'U.E. : Traitement analogiques des signaux**

**Année : L3**

**Semestre : S5**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Thierry Ditchi**

**Publics : Mono-disciplinaires, Bi-disciplinaires intensifs, CMI E.E.A**

**Volume horaire total par étudiant : XXh**

**Heures CM : 8h**

**Heures TD : 12h**

**Heures TP : 8h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres : à préciser**

**Objectifs de l'U.E. :**

Etude du traitement analogique du signal illustré par l'étude d'une tête d'émission-réception. Filtrage analogique, transposition de fréquence, modulation-démodulation IQ. Détection synchrone

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Introduction, architecture d'un système d'émission réception. Décomposition en fonctions analogiques de base : filtrage, multiplieur, déphaseur, etc...

Filtre parfait, causalité, gabarit, normalisation des fréquences et des impédances, transposition de fréquence. Calcul de la fonction de transfert à partir de la forme désiré du gain, stabilité. Filtres prototypes, buts et propriétés, Synthèse des filtres passifs et actifs. Filtres à intégrateur, synthèse de Sallen-Key

Mélangeurs, transposition de fréquence, modulation AM, FM, de phase. Modulation IQ. Architecture d'un émetteur-récepteur, principe de la PLL et applications. Extraction d'un signal noyé dans le bruit par détection synchrone.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Synthèse d'un filtre à intégrateur et à capa com. Réalisation sur plaquette de câblage, banc d'électronique.

Extraction d'un signal caché dans le bruit par détection synchrone sous le logiciel SIMULINK.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Être capable d'identifier dans une chaîne de traitement analogique les fonctions élémentaires, leur finalité, les méthodes utilisées. Pouvoir synthétiser certaines de ces fonctions.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- 2 Examens écrits (2h). Pratique : évaluation en TP et par écrit





Les enseignements seront illustrés à l'aide d'un projet robotique expérimental, organisé autour de 4 séances de TP, et portant sur la modélisation et la mise en œuvre d'un système robotique réel. Il s'agira de programmer et commander un système robotique Dynamixel en utilisant MATLAB.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Compréhension des différents aspects d'un système robotique : Comment générer un mouvement, comment le commander, quelles sont les méthodes et techniques pour l'actionnement et la capture, comment synthétiser une commande en boucle fermée. Des notions de commande de trajectoire, position, vitesse et effort.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examen écrit
- Contrôle de TP

**Code de l'U.E. : LU2EEP11**

**Intitulé de l'U.E. : Programmation en Python**

**Année : L2**

**Semestre : S3**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Gilles Chagnon**

**Publics : Complémentaires Métiers**

**Volume horaire total par étudiant : 30h**

**Heures CM : 0h**

**Heures TD : 30h**

**Heures TP : 0h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres : à préciser**

**Objectifs de l'U.E. :**

Initier à la programmation avec le langage Python, et apprendre à visualiser rapidement des jeux de données.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Cette UE aborde les bases de la programmation en Python : variables, listes, boucles, tests et fonctions ; modularisation avec l'import et l'export ; initiation à la programmation orientée objet. Il s'agit ensuite d'apprendre à gérer lecture et écriture de fichier, puis de manipuler la bibliothèque Matplotlib.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Ordinateurs fixes, langage de programmation Python, éditeur de texte.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Savoir encoder un algorithme simple à base de tests et de boucles ; savoir factoriser du code en recourant à des fonctions ; savoir implémenter une classe simple, et utiliser à bon escient méthodes et propriétés publiques et privées ; savoir gérer écriture et lecture de fichier texte ; savoir afficher une ou plusieurs courbes  $y=f(x)$  en gérant les options d'affichage.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Le contrôle des connaissances passe par l'attribution de trois notes :
- Une évaluation intermédiaire sur machine
  - Une évaluation finale sur machine
  - Un projet à rendre par binôme



**Code de l'U.E. : LU2EEP21**

**Intitulé de l'U.E. : Automatisation et robotique**

**Année : L2    Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Fabien Vérité**

**Publics : Complémentaires Métiers**

**Volume horaire total par étudiant : 30h**

**Heures CM : 6h    Heures TD : 0    Heures TP : 21h**

**Heures Projet : 0h    Autres : à préciser**

**Objectifs de l'U.E. :**

Cette UE vise à introduire les grands concepts de robotique. Elle apportera de plus des bases sur le choix des actionneurs et des capteurs associés pour la réalisation de tâches robotiques simples (manipulation, déplacement...) ainsi qu'une introduction aux problématiques de commande et d'asservissement.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

Un cours d'introduction présente les grands concepts de la robotique et de ses domaines d'application. Un focus particulier sera fait sur les critères de performance des bras manipulateurs et sur les architectures fréquemment rencontrées. Lors d'un second cours, les grandes familles d'actionneurs et de capteurs utilisés dans des solutions robotisées seront présentés afin d'apporter aux étudiants une culture technologique à propos des systèmes robotisés (actionneurs, capteurs et acquisition de données, systèmes de transformation/adaptation de mouvement, commande et contrôle des actionneurs...).

Ces thèmes seront ensuite étudiés lors d'une série 6 séances de travaux pratiques :

TP1-2 : Lecture d'une information capteur (conversion analogique/numérique), commande de moteur (conversion numérique/analogique + électronique de puissance)

TP3 : Boucle de commande via rétroaction et découverte expérimentale (sur le simulateur Webot) des principes d'un correcteur PID.

TP4-5 : Commande d'un bras manipulateur sur le simulateur Webot. Concept de modèle géométrique direct et inverse. Création d'une trajectoire du bras robotisé pour saisir puis déplacer un objet.

TP 5 : Commande d'un robot mobile et introduction aux concepts d'odométrie.

TP6 : Examen de travaux pratiques

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Autodesk Circuit, Webot

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Connaissances générales en robotique permettant de justifier/choisir un bras manipulateur en fonction d'un cahier des charges

Comprendre la boucle de commande d'un actionneur de système robotisé

Comprendre les concepts de modèle géométrique direct et inverse

Mettre en place une commande de plateforme mobile en utilisant son odométrie.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Rapport de TP
- Examen de travaux pratiques

**Code de l'U.E. : LU2EEP22**

**Intitulé de l'U.E. : Interfaces matérielles-logicielles**

**Année : L2**

**Semestre : S4**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Khalil Hachicha**

**Publics : Complémentaires Métiers**

**Volume horaire total par étudiant : 30h**

**Heures CM : 6 h**

**Heures TP : 24 h**

**Objectifs de l'U.E. :**

Cette UE permettra d'appréhender le potentiel des cartes Raspberry Pi avec à la clé de petits programmes/projets à réaliser. L'étudiant sera amené à coder en Python, à manipuler des sons et des images, à communiquer via les broches d'entrées-sorties, à intégrer des périphériques et à communiquer en utilisant les interfaces Ethernet, WiFi, SPI, I<sup>2</sup>C.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

1. La plateforme Raspberry PI : Architecture, Périphériques, GPIO.
2. OS GNU/Linux – Git : Introduction générale, installer linux, Git, commandes shell.
3. Connexion Raspberry Pi – PC : installation de Linux sur la carte, configuration d'un réseau local Rpi – PC, Port série, établissement d'une connexion VNC , SSH , WIFI, interface SPI pour écran tactile.
4. IDE PyCharm : installation de PyCharm, configuration pour faire du «remote developpement», développement logiciel en Python, bibliothèque RPI.GPIO API, déploiement et test sur la carte.
5. Micro projets en python : contrôle de LED, chenillard, interruption, polling, PWM, encodeur rotatif, timer, bipeur, ...

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés : Raspberry PI, IDE Pycharm.**

**Compétences attendues en fin d'U.E. : Accéder et contrôler des périphériques d'un système embarqué à partir de divers API, connecter ces plateformes avec le monde extérieur.**

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- QCM (50 %).
- Entretien oral, compte rendu TP (50 %).



**Code de l'U.E. : LU3EEP10**

**Intitulé de l'U.E. : Communication et Gestion de Projet**

**Année : L3                                  Semestre : S5**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Cathy MOROT**

**Publics : Complémentaires Métiers**

**Volume horaire total par étudiant : 28h**

**Heures en présentiel : 28h**

**Heures Projet :                          Autres :**

**Objectifs de l'U.E. :**

Permettre aux apprentis de maîtriser la méthodologie et les outils de la conduite de projet, de l'expression du besoin client à la clôture du projet et sa valorisation. La pédagogie active de ce module doit leur permettre un déploiement des connaissances et compétences acquises au fil des sessions théoriques, sur un projet réel et évaluable.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

- 1-Introduction : La démarche projet et ses acteurs
- 2-L'expression des besoin-Le Cahier des Charges Fonctionnel : CDCF
- 3-Réponse au Cahier Des Charges - Le Cahier des Charges Technique : CDCT
- 4-L'organisation du projet et sa communication- Le Plan de Management de Projet : PMP  
Outils : PBS/WBS/OBS/RACI
- 5-La planification et la budgétisation
- 6-La gestion des risques : AMDEC
- 7-Le pilotage : déploiement et communication
- 8-La clôture : Bilan et REX

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Logiciels EE et GANTT Project

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

L'apprenti doit maîtriser les différentes phases d'une gestion de projet :

- Rédaction de cahiers des charges (Fonctionnel et Technique)
- Elaboration du PMP complet et gestion des risques
- Planification des tâches
- Budgétisation de base par poste de dépenses
- Pilotage du projet et sa communication (interne/externe)
- Bilan et Retour sur Expérience

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Plan de Management de Projet
- Soutenance de projet



**Code de l'U.E. : 3EEP11**

**Intitulé de l'U.E. : Introduction aux télécommunications**

**Année : L3**

**Semestre : S5**

**Nombre d'ECTS : 6**

**Responsable de l'U.E. : Aziz BENLARBI-DELAI**

**Publics : Complémentaires Métiers, Mono-disciplinaires**

**Volume horaire total par étudiant : 30h**

**Heures CM : 10h**

**Heures TD : 10h**

**Heures TP : 8h**

**Heures Projet : 0h**

**Autres : 2h évaluations (Ecrit et TP)**

**Objectifs de l'U.E. :**

Ce cours, dédié principalement aux communications numériques avec ou sans fil, se veut introductif des concepts de base sous tendant l'analyse et la conception des systèmes de communications modernes.

Comprendre le fonctionnement des systèmes de communication et leur comportement en présence de bruit, maîtriser l'analyse du signal déterministe et des processus aléatoires, apprendre différents schémas de modulations numériques.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

En cherchant à décrire comment ces systèmes fonctionnent et quel est leur comportement en présence de bruit, il est nécessaire de maîtriser au préalable des connaissances mathématiques fondamentales requises pour l'analyse du signal déterministe et des processus aléatoires (analyse de Fourier, distribution et probabilités)

Une fois ces fondamentaux acquis, il est alors possible de passer en revue quelques une des modulations phares opérées aussi bien dans le domaine analogique que dans le domaine numérique.

Après un bref rappel historique, on dresse une vue panoramique d'un système de communication (analogique ou numérique), et on décrit brièvement les principaux blocs. On évoque les deux modes de fonctionnement « analogique » et « numériques » et on aborde qualitativement des grandeurs importantes des télécommunications qui caractérisent la notion de quantité d'information.

On rappelle les notions centrales que sont la « taille » d'un signal décrit au travers des concepts d'énergie et de puissance. Son analyse, élargie notamment au domaine spectral, permet d'aborder les notions de densité spectrale d'énergie et de puissance ainsi que de corrélation.

A travers les mathématiques de la modulation et du filtrage, on aborde l'aspect fonctionnel d'une communication (essentiellement numérique), puis on présente brièvement l'aspect bilan de liaison à travers les notions importantes de canal, d'antenne, et de propagation.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Essentiellement Matlab avec les Toolbox Télécom

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Être capable de dimensionner une communication numérique en appréciant l'impact des briques essentielles sur la qualité de la communication.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits (2h)
- Contrôle de TP (2h)

**Code de l'U.E. : LU3EEP12**

**Intitulé de l'U.E. : Projet d'électronique en autonomie**

**Année : L3**

**Semestre : S5**

**Nombre d'ECTS : 3**

**Responsable de l'U.E. : Dimitri Galayko**

**Publics : Complémentaires Métiers**

**Volume horaire total par étudiant : 28 h**

**Heures CM : 0 h**

**Heures TD : 0 h**

**Heures TP : 0 h**

**Heures Projet : 14 h**

**Autres : Travail en autonomie : 14h**

**Objectifs de l'U.E. :**

L'objectif de l'UE est l'acquisition des compétences de conception et de réalisation d'une chaîne de mesure d'une grandeur analogique issue d'un capteur physique. Cette chaîne inclut typiquement des éléments de pré-traitement analogique (filtrage, amplification), de pré-sélection des informations utiles par des moyens analogiques et un module de conversion de l'information sous format numérique.

Ce projet est une opportunité pour les étudiants de mettre en pratique l'essentiel des savoirs acquis lors des UE d'électronique analogique et numérique enseignée en L2.

**Contenu détaillé de l'U.E. :**

L'application choisie pour ce projet consiste à mesurer le pouls par méthode d'oxymétrie. Un capteur optique (un couple « photodiode - phototransistor NPN ») est interfacé avec une chaîne analogique incluant un filtre passe-bande, un amplificateur, un détecteur de seuil et un générateur d'impulsion (un monostable). Le traitement numérique, réalisé par un circuit dédié, compte les impulsions et affiche le résultat de comptage sur un afficheur à 7 segments. Un circuit numérique plus au moins complexe, selon l'option choisie, permet de gérer le temps de la mesure.

Le circuit que les étudiants devront assembler, régler et faire fonctionner inclut 6-7 composants intégrés, une dizaine de condensateurs et autant de résistances, en plus du capteur et des afficheurs à 7 segments.

**Matériel pratique et/ou logiciels utilisés :**

Ce projet s'appuie sur les instruments offerts par la plate-forme Analog Discovery 2 qui est un laboratoire électronique portable et, interfacé avec un ordinateur, réalise un oscilloscope, un générateur de tension DC, un générateur de forme d'onde, etc. Une telle portabilité permet aux étudiants de réaliser une partie de ce projet à domicile.

Le prototype du circuit est monté sur une plaque de prototypage Labdec. Les composants utilisés sont standard : des amplificateurs opérationnels, des comparateurs, des monostables, des circuits logiques (compteur, porte NOR et NAND, des afficheurs à 7 segments, un timer 555), de faible coût et facilement disponibles dans un laboratoire d'électronique.

**Compétences attendues en fin d'U.E. :**

Les compétences visées par cette UE incluent l'établissement des spécifications d'un chaîne de traitement de signal analogique au niveau système, d'un dimensionnement de chaque bloc et d'une réalisation pratique d'un circuit relativement complexe analogique-numérique. Aussi, au travers ce projet, les étudiants acquèrent une expérience de conditionnement électrique d'un capteur pour maximisation de sa sensibilité et découvrent en pratique comment mesurer des signaux de très faibles amplitudes.

**Contrôle des connaissances de l'U.E. :**

- Examens écrits : 30%
- Démonstration du système fonctionnel (effectuée lors de la séance finale) : 40%
- Rapport : 30%