

MASTER - Physique appliquée et ingénierie physique

Mécatronique et énergie (ME)

Master 1 - Mécatronique et énergie (ME)

Semestre 1 - ME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 1 - Project management and communication (Gestion de projet et communication)	3 ECTS	10 h		16 h			
Project management and communication (Gestion de projet et communication)		10 h		16 h			
UE 2 - Semestre 1 - Numerical resolution techniques for engineering (Techniques de résolution numérique pour l'Ingénierie)	6 ECTS	26 h		18 h	16 h		
Numerical resolution techniques (Techniques de résolution numérique)		18 h		18 h			
Practical work on numerical resolution techniques (TP de techniques de résolution numérique)		8 h			16 h		
UE 3 - Semestre 1 - Languages (Langues)	3 ECTS			16 h		60 h	
Anglais - S1 Master				16 h		60 h	
UE 4 - Semestre 1 - Electronique analogique pour systèmes mécatroniques	3 ECTS		18 h		8 h		
Electronique analogique pour systèmes mécatroniques			18 h		8 h		
UE 5 - Semestre 1 - Actionneurs électriques	3 ECTS		20 h		12 h		
Actionneurs électriques			20 h		12 h		
UE 6 - Semestre 1 - Electronique numérique - VHDL	3 ECTS	14 h			16 h		
VHDL		14 h					
TP VHDL					16 h		
UE 7 - Semestre 1 - Modelling of mechanical systems	3 ECTS	14 h		10 h	8 h		
Modelling of mechanical systems		14 h		10 h	8 h		
UE 8 - Semestre 1 - Dimensionnement des éléments mécaniques	3 ECTS		28 h				
Dimensionnement des éléments mécaniques			28 h				
UE 9 - Semestre 1 - Signaux et systèmes	3 ECTS	28 h			28 h		
Cibles d'implantation numérique							
Traitement du signal et commande							

Semestre 2 - ME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 2 - Introduction of simulation of Multiphysics (Introduction à la simulation multiphysique)	3 ECTS	10 h			20 h		
Simulation of Multiphysics (simulation multiphysique)		10 h					
Practical work of simulation of Multiphysics (TP de simulation multiphysique)					20 h		
UE 2 - Semestre 2 - Study and research work (Travail d'étude et de recherche)	6 ECTS				80 h		
Study and research work (Travail d'étude et de recherche)					80 h		
UE 3 - Semestre 2 - Finite elements for mechanical and thermal systems	3 ECTS	16 h			16 h		
Finite elements							
Thermal systems							
UE 4 - Semestre 2 - Instrumentation	3 ECTS		16 h		12 h		
Mesure et instrumentation		6 h					
Capteurs			10 h				
UE 5 - Semestre 2 - Automatisme et supervision	3 ECTS		12 h		16 h		
Automatisme et supervision			12 h		16 h		
UE 6 - Semestre 2 - Systèmes numériques embarqués	3 ECTS	6 h			24 h		
Systèmes numériques embarqués		6 h			24 h		
UE 7 - Semestre 2 - Energies renouvelables 1	3 ECTS		20 h		16 h		
Energies renouvelables 1			20 h		16 h		
UE 8 - Semestre 2 - Gestion et qualité de l'énergie électrique	3 ECTS		20 h		8 h		
Gestion et qualité de l'énergie électrique			20 h		8 h		
UE 9 - Semestre 2 - DAO et CAO de systèmes	3 ECTS				28 h		
DAO et CAO de systèmes					28 h		

Master 2 - Mécatronique et énergie (ME)

Semestre 3 - ME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 3 - Quality assurance (Assurance qualité)	3 ECTS	14 h		10 h			
Quality assurance (Assurance qualité)		14 h		10 h			
UE 2 - Semestre 3 - Language (Langues)	3 ECTS			16 h		60 h	

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
Anglais - S3 Master				16 h		60 h	
UE 3 - Semestre 3 - Mécanique systèmes flexibles et matériaux	3 ECTS		14 h		16 h		
Matériaux							
Mécanique des systèmes flexibles							
UE 4 - Semestre 3 - Commande industrielle	3 ECTS		16 h		16 h		
Commande industrielle			16 h		16 h		
UE 5 - Semestre 3 - Intelligence et réseaux	6 ECTS		30 h		48 h		
Optimisation de systèmes mécatroniques et énergétiques							
Intelligence artificielle et data mining							
Réseaux et systèmes connectés							
UE 6 - Semestre 3 - Processeurs embarqués	3 ECTS	22 h			8 h		
Architectures des processeurs		12 h					
Systèmes d'exploitation embarqués		10 h			8 h		
UE 7 - Semestre 3 - Conversion électromécanique	3 ECTS		16 h		8 h		
Conversion électromécanique			16 h		8 h		
UE 8 - Semestre 3 - Electronique de puissance et énergies renouvelables	3 ECTS		20 h		24 h		
Energies renouvelables 2							
Electronique de puissance							
UE 9 - Semestre 3 - Travail d'étude et de recherche 2	3 ECTS				80 h		
Travail d'étude et de recherche 2					80 h		

Semestre 4 - ME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 4 - Internship search and preparation (Recherche et préparation de stage)	3 ECTS				24 h		
Internship search and preparation (Recherche et préparation de stage)					24 h		
UE 2 - Semestre 4 - Internship (Stage)	24 ECTS						20 sem
Internship (Stage)							20 sem
UE 3 - Semestre 4 - Internship valorisation (Valorisation de stage)	3 ECTS				24 h		
Internship valorisation (Valorisation de stage)					24 h		

Semestre 1 - ME

UE 1 - Semestre 1 - Project management and communication (Gestion de projet et communication)

Description du contenu de l'enseignement

Content (Project management) (6h CM, 8 hTD) :

- Understanding the issues of a project organization for the implementation of change in the company.
- Inspiration from different project management methodologies and their specificity (PMI, Goal PLAN, Agile methods...).
- Knowing how to anticipate by relying on: the quality approach, the process approach, the risk analysis by the practice of the CIPE "horizon" project game, the construction of objectives.
- Documentation of a project, capitalization of knowledge.
- Identification and taking into account the key factors of success.

Content (communication) (4h CM, 8h TD) :

- Relations with the media (operating rules of the main media).
- External communication products (press release, press conference, interview).
- Scientific communication.
- Patent.
- Presentation (technical, scientific, general public...).
- Student work: bibliographic report.

Compétences à acquérir

Objectives:

- Understanding of the issues of a project organization for the implementation of changes in the company.
- Learning from different project management methodologies and their specificity (PMI, Goal PLAN, Agile methods...).
- Knowing how to anticipate by relying on: the quality approach, the process approach, the risk analysis by the practice of the CIPE "horizon" project game, the construction of objectives.
- Documentation of the project, capitalization of knowledge.
- Identification of key factors of success.

Skills to acquire:

- Know how to build a suitable project organization, by identifying the issues of the project, the actors and stakeholders, the risks, the constraints in terms of cost, quality and lead time, the key factors of success, the deliverables, the phases of the project, decision points, roles and functions of each, associated resources.
- Know how to plan identified activities and follow up using planning software (MS project 2010, GANTT).
- Experience with such a type of organization achieved during the team project.
- Oral presentation (using powerpoint) of the project, summarizing the work, reporting throughout the project and enhancing the experience of a project presentation.

Project management and communication (Gestion de projet et communication)

Description du contenu de l'enseignement

Project management :

- Issues of a project organization for the implementation of change in the company
- Project management methodologies and their specificities (PMI, Goal PLAN, Agile methods...).
- Know how to anticipate by relying on: the quality approach, the process approach, the risk analysis by the practice of the CIPE "horizon" project game, the construction of objectives.
- Documentation of a project, capitalization of knowledge.
- Key factors of success.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Being able to explain the issues associated to project management
- Being able to explain and use different project management methodologies (PMI, Goal, Agle method)
- Being able to use the quality approach and risk management
- Being able to document a project
- Being able to identify the key success factors

2. Transversales

- Being able to communicate in a team
- Being able to identify the strength and weakness a project
- Being able to attend a disciplinary lecture in English

UE 2 - Semestre 1 - Numerical resolution techniques for engineering (Techniques de résolution numérique pour l'Ingénierie)

Numerical resolution techniques (Techniques de résolution numérique)

Description du contenu de l'enseignement

Content (16h CM, 8h TD):

- Numerical resolution of linear systems of equations: direct methods (LU, Cholesky), iterative methods (Jacobi, Gauss-Seidel, relaxation, Krylov spaces, conjugate gradient). Sparse matrices.
- Numerical resolution of non-linear systems of equations : Picard's iterations, Newton and quasi Newton methods.
- Numerical resolution of differential equations. One-step methods (Runge-Kutta). Multi-step methods. Stability notions.
- Stiff problems, implicit methods.
- Programming language : C/C++ ; python.

Compétences à acquérir

Objectives:

- Being able to write a simple program.
- Being able to solve a system of linear equation.

Skills to acquire:

- choose the numerical resolution technique best suited to solve a given engineering problem.
- know how to use numerical techniques.
- understand how numerical tools work.

Practical work on numerical resolution techniques (TP de techniques de résolution numérique)

Description du contenu de l'enseignement

Content : (24h TP)

- Application case from the MNE domain;
- Application case from the ME domain;
- Application case from the MNI domain.

Compétences à acquérir

Objectives:

- Being able to write a simple program;
- Being able to solve a system of linear equations.

Skills to acquire:

- Choose the numerical resolution technique best suited to solve a given engineering problem
- Know how to use numerical techniques
- Understand how numerical tools work

UE 3 - Semestre 1 - Languages (Langues)

Description du contenu de l'enseignement

- Anglais pour les parcours SME et ME, une autre langue pour le parcours MNI.
- Le FLE est proposé aux étudiants MNI primo-arrivant non-francophones.

Pour SME et ME :

Pratique de la langue anglaise en utilisant les moyens mis à disposition au CRL :

- Ressources, outils et modalités de travail individualisé.
- Développement d'une démarche de travail active et autonome dans l'apprentissage des langues.
- Développement de la capacité à s'autoévaluer en référence au CECRL.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Être capable de lire et d'écrire un texte scientifique.
- Être capable de présenter un sujet à l'oral.
- Être capable de suivre des conférences en ligne et d'en retirer les principaux thèmes et points clés abordés.

2. Transversales

- Savoir s'exprimer en anglais de manière claire et synthétique

Anglais - S1 Master

Description du contenu de l'enseignement

Apprentissage et pratique de la langue anglaise générale et de spécialité.

Compétences à acquérir

En master, les cours de langues obligatoires visent l'acquisition du niveau B2 - **C1 du CECRL** (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues). Le niveau B2 correspond à un niveau intermédiaire tel que démontré par un utilisateur indépendant de la langue en question. Le niveau **C1** est intitulé **niveau autonome**. Ce niveau reprend les capacités qui caractérisent le niveau B2 précédent, avec plus d'aisance et de spontanéité.

L'utilisateur de niveau B2 peut :

- Comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un (con)texte complexe, y compris une discussion technique dans sa spécialité.
- Communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance tel qu'une conversation avec un locuteur natif ne comportant de tension ni pour l'un ni pour l'autre.
- S'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets, émettre un avis sur un sujet d'actualité et exposer les avantages et les inconvénients de différentes possibilités.

L'utilisateur de niveau **C1** peut :

- Comprendre une grande gamme de textes longs et exigeants, ainsi que saisir des significations implicites.
- S'exprimer spontanément et couramment sans trop devoir chercher ses mots.
- Utiliser la langue de façon efficace et souple dans sa vie sociale, professionnelle ou académique.

- S'exprimer sur des sujets complexes de façon claire et bien structurée et manifester son contrôle des outils d'organisation, d'articulation et de cohésion du discours.

L'accent est tout particulièrement mis sur la langue et la communication de spécialité.

L'apprentissage cible la pratique de l'anglais scientifique écrit et oral et débouche sur une présentation devant un public s'appuyant sur une recherche approfondie liée à une problématique du domaine de spécialité.

L'objectif est d'apprendre à communiquer avec des professionnels sur l'avancée des connaissances, sur des recherches réalisées en milieu professionnel ou sur des projets à mener.

Compétences développées

- Acquérir le lexique spécifique au domaine.
- Améliorer la maîtrise du système phonologique (prononciation, intonation, accentuation).
- Atteindre un niveau élevé de correction grammaticale.
- Comprendre des articles ou des conférences scientifiques.
- Présenter oralement des projets de recherche avec aisance, clarté et précision.
- Rédiger des textes clairs et structurés sur des sujets complexes du domaine de spécialité (synthèses, abstracts).

UE 4 - Semestre 1 - Electronique analogique pour systèmes mécatroniques

Description du contenu de l'enseignement

Filtres électrique :

- Caractéristiques principales d'un filtre électrique ;
- Architectures élémentaires des filtres ;
- Synthèse de filtres.

Oscillateurs :

- Principe de fonctionnement d'un oscillateur ;
- Oscillateurs harmoniques RC et LC ;
- Oscillateurs à quartz ;
- Oscillateurs non-harmoniques.

Modulations et démodulations d'amplitude et de fréquence :

- Généralités sur les transmissions hertziennes ;
- Modulations d'amplitude (caractéristiques, réalisations) ;
- Modulations de fréquence (caractéristiques, réalisations).

Compétences à acquérir

Objectifs :

- Acquérir les connaissances nécessaires pour le fonctionnement des dispositifs électroniques de base comme les amplificateurs, les oscillateurs et les modulateurs et les démodulateurs d'amplitudes et de fréquences.

Compétences développées :

- Comprendre le fonctionnement de ces dispositifs ;
- Connaître le choix de différentes architectures adaptées à l'application ;
- Maîtriser la réalisation et la caractérisation de ces dispositifs.

Electronique analogique pour systèmes mécatroniques

Description du contenu de l'enseignement

Filtres électrique :

- Caractéristiques principales d'un filtre électrique
- Architectures élémentaires des filtres
- Synthèse de filtres

Oscillateurs :

- Principe de fonctionnement d'un oscillateur
- Oscillateurs harmoniques RC et LC
- Oscillateurs à quartz

- Oscillateurs non-harmoniques

Modulations et démodulations d'amplitude et de fréquence :

- Généralités sur les transmissions hertziennes
- Modulations d'amplitude (caractéristiques, réalisations)
- Modulations de fréquence (caractéristiques, réalisations)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Comprendre le fonctionnement de ces dispositifs.
- Connaître le choix de différentes architectures adaptées à l'application.
- Maîtriser la réalisation et la caractérisation de ces dispositifs.

2. Transversales

- Savoir organiser et planifier son travail en pleine autonomie

UE 5 - Semestre 1 - Actionneurs électriques

Description du contenu de l'enseignement

Ce cours vise à poser les bases scientifiques des actionneurs électriques de faible puissance ($P < 100W$).

Pour ces puissances, l'objectif de conception n'est plus le rendement énergétique et le cours s'oriente donc sur des dispositifs sommaires permettant des réalisations de petit volume.

On traitera en premier des actionneurs « linéaires » fonctionnant en translation. Ces actionneurs permettront de mettre en place les équations des forces mécaniques en lien avec les grandeurs électriques et magnétiques.

Dans une seconde partie, on développera les équations des forces mécaniques dans les actionneurs en rotations basés sur la réluctance variable.

Avec l'introduction des aimants on pourra aborder les moteurs pas à pas.

Dans un dernier chapitre, on introduira la « CoEnergie » afin d'introduire un formalisme plus général et plus fécond pour le développement des actionneurs électriques

Compétences à acquérir

Objectifs :

Pouvoir calculer les forces en lien avec les grandeurs électriques pour une géométrie d'actionneur donnée. Ensuite déterminer si un tel actionneur est compatible avec une application industrielle. Enfin, être en mesure de faire une analyse critique de cette géométrie d'actionneur afin de le modifier pour répondre aux besoins de l'application

Compétences à acquérir :

Exprimer la force motrice d'un actionneur en fonction de sa géométrie, de sa matière et des grandeurs électriques qui lui sont imposées par les sources externes. En application du principe fondamental de la dynamique, analyser le mouvement induit par cette force motrice dans une application industrielle

Actionneurs électriques**Description du contenu de l'enseignement**

Ce cours vise à poser les bases scientifiques des actionneurs électriques de faible puissance ($P < 100W$).

Pour ces puissances, l'objectif de conception n'est plus le rendement énergétique et le cours s'oriente donc sur des dispositifs sommaires permettant des réalisations de petit volume.

On traitera en premier des actionneurs « linéaires » fonctionnant en translation. Ces actionneurs permettront de mettre en place les équations des forces mécaniques en lien avec les grandeurs électriques et magnétiques.

Dans une seconde partie, on développera les équations des forces mécaniques dans les actionneurs en rotations basés sur la réluctance variable.

Avec l'introduction des aimants on pourra aborder les moteurs pas à pas.

Dans un dernier chapitre, on introduira la « CoEnergie » afin d'introduire un formalisme plus général et plus fécond pour le développement des actionneurs électriques

Compétences à acquérir**1. Disciplinaires**

- savoir exprimer la force motrice d'un actionneur en fonction de sa géométrie, de sa matière et des grandeurs électriques qui lui sont imposées par les sources externes.

- savoir analyser le mouvement induit par cette force motrice dans une application industrielle en appliquant le principe fondamental de la dynamique.

2. Transversales

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

UE 6 - Semestre 1 - Electronique numérique - VHDL

VHDL

Description du contenu de l'enseignement

Étude du langage de description VHDL : présentation des concepts et méthodes de description de circuits et systèmes numériques à l'aide du langage de description matériel VHDL :

- Introduction des aspects fondamentaux de la modélisation des circuits et systèmes numériques
- Introduction des structures syntaxique du langage VHDL
- Simulation logique de circuits modélisés et décrits en VHDL

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire un circuit ou système numérique en VHDL
- Savoir valider son fonctionnement par simulation numérique
- Savoir utiliser l'environnement de simulation de circuits numériques Mentor Graphics (Modelsim et/ou QuestaSim)

2. Transversales

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

TP VHDL

Description du contenu de l'enseignement

Étude du langage de description VHDL : présentation des concepts et méthodes de description de circuits et systèmes numériques à l'aide du langage de description matériel VHDL :

- Introduction des aspects fondamentaux de la modélisation des circuits et systèmes numériques
- Introduction des structures syntaxique du langage VHDL
- Simulation logique de circuits modélisés et décrits en VHDL

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire un circuit ou système numérique en VHDL
- Savoir valider son fonctionnement par simulation numérique
- Savoir utiliser l'environnement de simulation de circuits numériques Mentor Graphics (Modelsim et/ou QuestaSim)

2. Transversales

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

UE 7 - Semestre 1 - Modelling of mechanical systems

Modelling of mechanical systems

Description du contenu de l'enseignement

- Review of the basics of mechanics of a rigid body;
- Inertia tensor of rigid body;
- Kinematics of rigid bodies (coordinate transformation, description of velocity and acceleration in relatively moving frames, Euler angles);
- Kinetics of rigid bodies;
- Dynamics of rigid bodies (Newton's laws, Kinetic energy theorem, equation of motion...);
- Friction - contact mechanics - tribological system;
- Application: gyroscopic stabilization, balancing of rotating bodies, wind turbine...

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Being able to analyze and to model a mechanical system

2. Transversales

- Being able to plan work autonomously
- Being able to attend a disciplinary lecture in English

UE 8 - Semestre 1 - Dimensionnement des éléments mécaniques

Description du contenu de l'enseignement

- Analyse et modélisation des systèmes mécaniques ;
- Structure des guidages /notion d'hyperstatisme ;
- Paramètres de choix technologiques ;
- Performances et critères de dimensionnement des éléments standards. Roulements, bagues de guidage, vis à bille, guidages linéaires ;
- Précision des liaisons : Jeux et déformations locales ;
- Dimensionnement des liaisons complètes.

Compétences à acquérir

Objectifs :

- Vérifier la tenue des éléments mécaniques ;
- Déterminer la précision du mécanisme.

Compétences à acquérir :

- Savoir analyser la structure d'un mécanisme ;
- Proposer une structure et dimensionner les éléments standards en fonction d'un cahier des charges.

Dimensionnement des éléments mécaniques

Description du contenu de l'enseignement

- Analyse et modélisation des systèmes mécaniques
- Structure des guidages /notion d'hyperstatisme.
- Paramètres de choix technologiques.
- Performances et critères de dimensionnement des éléments standards. Roulements, bagues de guidage, vis à bille, guidages linéaires.
- Précision des liaisons : Jeux et déformations locales
- Dimensionnement des liaisons complètes

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir analyser la structure d'un mécanisme.
- Proposer une structure et dimensionner les éléments standards en fonction d'un cahier des charges

2. Transversales

- Savoir organiser et planifier son travail en pleine autonomie

UE 9 - Semestre 1 - Signaux et systèmes

Description du contenu de l'enseignement

- En formation classique : les étudiants feront 20h de TP en présentiel et 8hTP en télé-travail.

Cibles d'implantation numérique

Description du contenu de l'enseignement

Introduction des différentes cibles d'implantation de fonctions numériques : ASIC, PLD, EPLD, CPLD, FPGA.

L'étude des différentes cibles d'implantation numérique permet d'en comprendre le fonctionnement et les limites, ainsi que leurs technologies de

programmation. Cela permet de choisir la cible d'implantation adéquate en fonction des applications et des objectifs fixés.

Les circuits reconfigurables FPGA seront plus particulièrement visés et seront utilisés en TP pour l'implantation de quelques fonctionnalités numériques permettant ainsi de se familiariser avec l'utilisation de ces circuits très répandus mais aussi de s'appropriier les outils de conceptions associés

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir choisir une cible d'implantation en fonction de l'objectif visé
- Savoir appliquer le flot de conception FPGA (simulation et implémentation de fonctions électroniques numériques sur cibles FPGA)

2. Transversales

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

Traitement du signal et commande

Description du contenu de l'enseignement

Traitement du signal :

- Rappel des transformées de Fourier, Laplace et en Z ;
- Transformées de Fourier discrète et analyse spectrale d'un signal échantillonné ;
- Synthèse de filtres analogiques et numériques (FIR et IIR).

Commande :

- Analyse des performances de systèmes asservis linéaires continus et discrets : stabilité, précision, lieu des racines ;
- Synthèse de correcteurs PID analogiques et numériques ;
- Initiation à l'espace d'état : modélisation de systèmes et commande par retour d'état par placement de pôles.

Les compétences acquises doivent contribuer à l'analyse et à l'amélioration de systèmes mécatroniques complexes dans leurs globalité (et non pas par sous-systèmes)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir analyser et filtrer un signal échantillonné
- Savoir faire la synthèse de correcteurs simples en analogique et en numérique

2. Transversales

- Savoir établir un cahier des charges du filtrage de signaux et d'asservissements industriels simples, et pouvoir les effectuer
- Etre capable de dialoguer avec des spécialistes ou des sous-traitants industriels en signaux / commande

Semestre 2 - ME

UE 1 - Semestre 2 - Introduction of simulation of Multiphysics (Introduction à la simulation multiphysique)

Simulation of Multiphysics (simulation multiphysique)

Description du contenu de l'enseignement

Content (10 h CM) :

- Introduction of weak formulation of FEM.
- Boundary and initial conditions.
- Spatial and temporal discretization.
- Examples of multiphysic problems.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Being able to explain the way a FEM solver works
- Being able to choose the domain to model and the associated physical processes
- Being to predict and understand Multiphysics problems

2. Transversales

- Being able to plan work autonomously
- Being able to attend a disciplinary lecture in English

Practical work of simulation of Multiphysics (TP de simulation multiphysique)

Description du contenu de l'enseignement

Content (20 h TP) :

- Application case from the MNE domain.
- Application case from the ME domain.
- Application case from the MNI domain.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Being able to implement a computer code to numerically simulate a multiphysics problem
- Being able to choose the domain to model and the associated physical processes
- Being able to predict and understand complex phenomena

2. Transversales

- Being able to plan work autonomously
- Being able to attend a disciplinary lecture in English

UE 2 - Semestre 2 - Study and research work (Travail d'étude et de recherche)

Description du contenu de l'enseignement

Content (80h TP):

Among a list of projects proposed by the lecturers of the teaching team of the master, the students choose a subject and realize the project in pairs,

supervised by the lecturers who proposed the project. Students can also propose a project and must then find a professor willing to supervise this project.

** En formation classique : les étudiants feront l'équivalent de 6-7 semaines à temps plein en présentiel*

Compétences à acquérir

Objectives :

- Be able to perform and assimilate a bibliographic search.
- Carry out a research project.

Skills to acquire :

- Better understand the research topic in engineering sciences, its problems and methods.
- Carry out a research project in a systematic and rigorous manner.
- Compare the acquired knowledge and obtained results with written and oral communication.

Study and research work (Travail d'étude et de recherche)

Description du contenu de l'enseignement

Parmi une liste de projets proposés par l'équipe pédagogique au sens large (enseignants, chercheurs, industriels), les étudiants choisissent un sujet et réalisent le projet, sous la tutelle d'un enseignant. Le travail estimé pour le projet TER est de 160h par étudiant.

- Pour les étudiants du master ME en formation initiale, le travail se déroule au hall de la technologie de la faculté de physique et ingénierie
- Pour les apprentis : les missions en entreprise sont évaluées au titre du TER
- Pour les étudiants CMI, le TER est considéré comme un projet intégrateur réalisé par monôme ou par binôme, et qui peut avoir lieu au sein du laboratoire d'adossement dudit CMI. Le sujet devrait avoir un lien avec la recherche et est covalidé par le responsable projet du master et le responsable du CMI.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

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

2. Transversales

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

UE 3 - Semestre 2 - Finite elements for mechanical and thermal systems

Finite elements

Description du contenu de l'enseignement

Le cours est donné en anglais. Il porte sur :

- Rappel de MMC (tenseurs des déformations et des contraintes ; loi de comportement ; Beltrami)
- Méthodes matricielles, matrice de rigidité
- Fonctions de formes et type d'éléments (focus sur les éléments ressort, barre, poutre)
- Résolution numérique par éléments fini
- Etude de cas (TP)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Connaître les notions de base et les paramètres à définir dans la résolution par EF
- Savoir utiliser un logiciel EF du type Abaqus
- Savoir traiter des exemples de base (TP)

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une certaine autonomie
- Développer une analyse critique (sur les résultats de simulation)

Thermal systems

Description du contenu de l'enseignement

Le cours est donné en anglais. Il porte sur :

- Lois de la thermique, modes de diffusion de la chaleur.
- Applications : murs simples, composites, conduits cylindriques
- Systèmes thermodynamiques et état d'équilibre
- Equations d'état du système et fonction d'état
- Les échanges d'énergie : travail, chaleur, énergie interne
- Premier et deuxième principes
- Equation d'état des gaz parfaits
- Systèmes fermés
- Cycle thermodynamiques usuels
- Machines thermiques, frigorifiques, pompes à chaleur. Rendements

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Comprendre les équations de base en thermique
- Savoir modéliser et simuler les systèmes thermiques
- Comprendre le fonctionnement des équipements classiques (machines thermiques, pompes à chaleur, ...)

2. Transversales

- Savoir chercher les informations utiles
- Savoir aborder les domaines multi-physiques

UE 4 - Semestre 2 - Instrumentation

Mesure et instrumentation

Description du contenu de l'enseignement

- Généralité sur Incertitudes de mesures ;
- Propagation des incertitudes de mesures ;
- Incertitudes aléatoires et analyse statistiques ;
- Distribution de Gauss ;
- Ajustement de points de mesures ;
- Composition de chaînes de mesures instrumentales ;
- Utilisation du logiciel Labview.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Connaître la notion de base en termes de résolution, perturbation, ... etc. pour une chaîne de mesure instrumentale
- Comprendre comment évaluer les résultats de mesure et améliorer la précision ... etc. pour une chaîne de mesure
- Maîtriser l'utilisation du logiciel Labview pour le traitement et l'acquisition de données.

2. Transversales

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

Capteurs

Description du contenu de l'enseignement

Cet enseignement comporte deux parties.

Dans la première partie, les étudiants développent leurs compétences techniques sur les limitations des capteurs (non-linéarité, offset, sensibilité aux perturbations, bande-passante, bruit de mesure, acquisition, hystérésis), notamment à travers des exercices illustratifs.

Dans un second temps, les étudiants travaillent en autonomie sur un type de capteur en lien avec un domaine applicatif.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Du point de vue scientifique, cet enseignement s'appuie sur des compétences préalables sur les systèmes dynamiques revisités dans le cadre des capteurs.
- Cet enseignement permettra de développer une culture scientifique et technique sur le domaine des capteurs et de leur utilisation dans l'industrie.
- La présentation orale fera l'objet d'une évaluation par les pairs qui permettra aux étudiants de développer leurs capacités d'évaluateurs.

2. Transversales

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

UE 5 - Semestre 2 - Automatisation et supervision

Description du contenu de l'enseignement

- L'automatisation des systèmes industriels, mise en oeuvre sur automate programmable industriel, cas combinatoires et séquentiels ;
- Différents langages des automates : à contacts, portes logiques, langage mnémonique, Grafset ;
- Réseaux d'automates programmables ;
- Supervision des systèmes automatisés ;
- Aspects économiques et technologiques dans le choix d'une solution.

Compétences à acquérir

Objectifs :

- Comprendre, choisir, participer à la conception, maintenir, améliorer une automatisation d'une production mécanisée, y compris les interactions entre machines, avec l'informatique de gestion, et plus généralement tous les outils numériques gérant la vie du produit (PLM) et l'environnement de production (usine 4.0).

Compétences à acquérir :

- Rigueur, modélisation, abstraction puis mise en œuvre

Automatisme et supervision

Description du contenu de l'enseignement

L'automatisation des systèmes industriels, mise en œuvre sur automate programmable industriel, cas combinatoires et séquentiels. Différents langages des automates : à contacts, portes logiques, langage mnémotechnique, Grafset. Réseaux d'automates programmables. Supervision des systèmes automatisés. Aspects économiques et technologiques dans le choix d'une solution.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Rigueur modélisation, abstraction puis mise en œuvre

2. Transversales

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

UE 6 - Semestre 2 - Systèmes numériques embarqués

Systèmes numériques embarqués

Description du contenu de l'enseignement

- Initiation à la conception conjointe matériel/logiciel de systèmes numériques embarqués et leur implantation sur circuits reconfigurables
- Étude des solutions de microprocesseurs embarqués sur FPGA (Processeurs Soft / Hard Core)
- Étude des périphériques embarqués et de leur système de communication (BUS) et mode d'accès

- Adéquation matériel/logiciel
- Développement de projets et de fonctions logicielles

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir concevoir de manière conjointe la partie matérielle et la partie logicielle d'un système embarqué sur cible FPGA
- Savoir définir et choisir les composants matériels en adéquation avec le système à concevoir (processeurs embarqués, contrôleur d'entrées/sorties...)

2. Transversales

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

UE 7 - Semestre 2 - Energies renouvelables 1

Description du contenu de l'enseignement

- Modélisation et simulation de systèmes photovoltaïques ;
- Modélisation et simulation de systèmes éoliens ;
- Dimensionnement d'un système photovoltaïque ou éolien, avec stockage sur batteries.

Compétences à acquérir

- Etre capable de choisir une solution en énergies renouvelables selon l'application proposée ;
- Etre capable de réaliser le dimensionnement d'un système photovoltaïque ou éolien et d'en évaluer la pertinence économique ;
- Etre capable de modéliser et de simuler un système photovoltaïque ou éolien à partir de logiciel dédié.

Energies renouvelables 1

Description du contenu de l'enseignement

- Modélisation et simulation de systèmes photovoltaïques
- Modélisation et simulation de systèmes éoliens
- Dimensionnement d'un système photovoltaïque ou éolien, avec stockage sur batteries

En formation classique : les étudiants feront 8h de TP en présentiel et 8hTP en télé-travail.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Etre capable de choisir une solution en énergies renouvelables selon l'application proposée
- Etre capable de réaliser le dimensionnement d'un système photovoltaïque ou éolien et d'en évaluer la pertinence économique
- Etre capable de modéliser et de simuler un système photovoltaïque ou éolien à partir de logiciel dédié

2. Transversales

- Avoir une approche multi-énergies
- Savoir adapter les approches développées en cours à d'autres applications (comme par exemple la gestion énergétique de voiture électrique)

UE 8 - Semestre 2 - Gestion et qualité de l'énergie électrique

Description du contenu de l'enseignement

- Redresseur monophasé et redresseur triphasé à diodes ;
- Hacheur abaisseur et hacheur survolteur ;
- Redresseur à absorption sinusoïdale ;
- Onduleur ;
- Chaîne de conversion de l'énergie d'une centrale photovoltaïque.

Compétences à acquérir

Objectifs :

Cet enseignement permettra aux étudiants d'appréhender la problématique de la qualité de l'énergie électrique en termes d'harmoniques et de facteur de puissance.

Ces problématiques sont particulièrement importantes pour les moteurs à vitesse variable et les centrales photovoltaïques.

Compétences à acquérir:

A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables d'analyser et de simuler les structures de l'électronique de puissance intervenant dans les problématiques de qualité de l'énergie : les redresseurs et les hacheurs (abaisseur et survolteur) utilisés en aval des redresseurs, ainsi que les redresseurs à absorption sinusoïdale composés d'un redresseur simple combiné à un redresseur ainsi que les systèmes inverses composés d'un hacheur et d'un onduleur qui sont utilisées dans les centrales photovoltaïques.

Ils seront capables d'expliquer le fonctionnement des boucles de régulation et de régler leurs correcteurs avec des méthodes simples.

Ils seront capables de réaliser une simulation dans un environnement dédiée à la simulation des systèmes électriques (PSIM).

Gestion et qualité de l'énergie électrique

Description du contenu de l'enseignement

- Redresseur monophasé et redresseur triphasé à diodes
- Hacheur abaisseur et hacheur survolteur
- Redresseur à absorption sinusoïdale
- Onduleur
- Chaîne de conversion de l'énergie d'une centrale photovoltaïque

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir analyser et simuler les structures de l'électronique de puissance intervenant dans les problématiques de qualité de l'énergie : les redresseurs et les hacheurs (abaisseur et survolteur) utilisés en aval des redresseurs, les redresseurs à absorption sinusoïdale composés d'un redresseur simple combiné à un redresseur ainsi que les systèmes inverses composés d'un hacheur et d'un onduleur qui sont utilisées dans les centrales photovoltaïques
- Savoir expliquer le fonctionnement des boucles de régulation et de régler leurs correcteurs avec des méthodes simples
- Savoir réaliser une simulation dans un environnement dédiée à la simulation des systèmes électriques (PSIM)

2. Transversales

- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

UE 9 - Semestre 2 - DAO et CAO de systèmes

Description du contenu de l'enseignement

- Modélisation 3D paramétrique des mécanismes ;
- Modélisation mécanique des maquettes numériques. Liaisons – contact- lois de transformation ;
- Simulations dynamiques ;
- Traitement et exploitation des résultats en vue du dimensionnement des éléments standards ;
- Export automatique des résultats dynamiques dans un logiciel éléments finis statique – Vérification de la structure ;
- Amélioration de la structure par une analyse multicritères.

Compétences à acquérir

Objectifs ;

- Concevoir et modéliser un système unitaire ;
- Vérifier la partie mécanique en simulation.

Compétences à acquérir :

- Savoir concevoir et modéliser un mécanisme en CAO en fonction d'un cahier des charges ;
- Savoir proposer une modélisation mécanique dans un logiciel CAO en fonction de l'objectif de l'étude ;
- Savoir analyser les résultats dynamiques et Eléments finis.

DAO et CAO de systèmes

Description du contenu de l'enseignement

- Modélisation 3D paramétrique des mécanismes.
- Modélisation mécanique des maquettes numériques. Liaisons – contact- lois de transformation.
- Simulations dynamiques.
- Traitement et exploitation des résultats en vue du dimensionnement des éléments standards.
- Export automatique des résultats dynamiques dans un logiciel éléments finis statique – Vérification de la structure.
- Amélioration de la structure par une analyse multicritères.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir concevoir et modéliser un mécanisme en CAO en fonction d'un cahier des charges.
- Savoir proposer une modélisation mécanique dans un logiciel CAO en fonction de l'objectif de l'étude.
- Savoir analyser les résultats dynamiques et Eléments finis.

2. Transversales

- Savoir organiser et planifier son travail en autonomie

Semestre 3 - ME

UE 1 - Semestre 3 - Quality assurance (Assurance qualité)

Description du contenu de l'enseignement

Content (14 CM, 10h TD):

- Concept of process, ISO certification, quality issues in the company, the certification process.
- Concept of product lifecycle: generic model for taking into account environmental aspects in the design and product development process.

Compétences à acquérir

Objectives:

- ISO standards.
- The certification audit: how to prepare it.
- How to value the certification.

Skills to acquire:

- Being able to conduct a quality audit.

- Being able to prepare an activity for certification.
- Being able to communicate on the certification.

Quality assurance (Assurance qualité)

Description du contenu de l'enseignement

- Notion de processus, les référentiels normatifs Qualité et leurs utilisations, Enjeux de la qualité en entreprise, la démarche de certification.
- Introduction, importance de la qualité : produit, processus, clients
- Les normes ISO 9001, ISO 14001
- Méthode statistique des procédés (MSP)
- Notion de cycle de vie produit : modèle générique de prise en compte des aspects environnementaux dans le processus de conception et de développement de produit. L'écoconception en tant que projet d'entreprise.
- L'analyse du cycle de vie (ACV selon Norme ISO 14040)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir reconnaître les principaux référentiels ISO
- Savoir utiliser les outils de la statistique des procédés
- Savoir mettre en place un système de management de la qualité (SMQ)
- Savoir réaliser une analyse du cycle de vie

2. Transversales

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

UE 2 - Semestre 3 - Language (Langues)

Description du contenu de l'enseignement

English (specialisation MNE and ME) ; other language than English for specialisation MNI

Pour MNE et ME :

Pratique de la langue anglaise en utilisant les moyens mis à disposition au CRL :

- Ressources, outils et modalités de travail individualisé.
- Développement d'une démarche de travail active et autonome dans l'apprentissage des langues.
- Développement de la capacité à s'autoévaluer en référence au CECRL.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Être capable de lire et d'écrire un texte scientifique.
- Être capable de présenter un sujet à l'oral.
- Être capable de suivre des conférences en ligne et d'en retirer les principaux thèmes et points clés abordés.

2. Transversales

- Savoir s'exprimer en anglais de manière claire et synthétique

Anglais - S3 Master

Description du contenu de l'enseignement

Apprentissage et pratique de la langue anglaise.

Compétences à acquérir

En master, les cours de langues obligatoires visent l'acquisition du niveau B2 - **C1 du CECRL** (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues).

Le niveau **B2** correspond à un **niveau intermédiaire** tel que démontré par un **utilisateur indépendant de la langue** en question.

Le niveau **C1** est intitulé **niveau autonome**. Ce niveau reprend les capacités qui caractérisent le niveau B2 précédent, avec plus d'aisance et de spontanéité.

¿

¿ L'utilisateur de niveau B2 peut :

- Comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un (con)texte complexe, y compris une discussion technique dans sa spécialité.

- Communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance tel qu'une conversation avec un locuteur natif ne comportant de tension ni pour l'un ni pour l'autre
- S'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets, émettre un avis sur un sujet d'actualité et exposer les avantages et les inconvénients de différentes possibilités.

L'utilisateur de niveau C1 peut :

- Comprendre une grande gamme de textes longs et exigeants, ainsi que saisir des significations implicites.
- S'exprimer spontanément et couramment sans trop avoir à chercher ses mots.
- Utiliser la langue de façon efficace et souple dans sa vie sociale, professionnelle ou académique.
- S'exprimer sur des sujets complexes de façon claire et bien structurée et manifester son contrôle des outils d'organisation, d'articulation et de cohésion du discours.

L'accent est tout particulièrement mis sur la langue et la communication de spécialité.

L'apprentissage cible la pratique de l'anglais scientifique écrit et oral et débouche sur une présentation devant un public s'appuyant sur une recherche approfondie liée à une problématique du domaine de spécialité.

L'objectif est d'apprendre à communiquer avec des professionnels sur l'avancée des connaissances, sur des recherches réalisées en milieu professionnel ou sur des projets à mener.

Compétences développées

- Acquérir le lexique spécifique au domaine
- Améliorer la maîtrise du système phonologique (prononciation, intonation, accentuation)
- Atteindre un niveau élevé de correction grammaticale
- Comprendre des articles ou des conférences scientifiques
- Présenter oralement des projets de recherche avec aisance, clarté et précision
- Rédiger des textes clairs et structurés sur des sujets complexes du domaine de spécialité (synthèses, abstracts)

UE 3 - Semestre 3 - Mécanique systèmes flexibles et matériaux

Matériaux

Description du contenu de l'enseignement

Ce cours présente :

1. les propriétés caractéristiques des grandes classes de matériaux (métaux, céramiques, polymères, composites) ;
2. des matériaux particuliers (piézoélectriques, ferromagnétiques, magnétostrictifs / fluides électro-rhéologiques et magnéto-rhéologiques) pouvant être intégrés dans des dispositifs de pilotage mécatronique.

La seconde partie de l'enseignement est un travail de groupe sur une thématique libre (photovoltaïque, stockage, biomédical...).

Le travail consiste à dresser un bilan sur les matériaux utilisés, déterminer les limites technologiques actuelles, découvrir quelles sont les évolutions / innovations en cours pour répondre à ce problème (en fonction d'un contexte économique, environnemental ou d'une problématique industrielle précise etc.).

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Connaître les principales classes de matériaux et leurs propriétés.
- Avoir des notions sur la structure de la matière et l'impact sur les propriétés mécaniques macroscopiques.
- Avoir des notions sur les innovations actuelles au regard des contraintes économiques et environnementales.

2. Transversales

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

Mécanique des systèmes flexibles

Description du contenu de l'enseignement

- Phénomènes dynamiques vibratoires et échange d'énergie ;
- Impédance mécanique et fonction de transfert mécaniques du résonateur élémentaire ;
- Modélisation à paramètres localisés, discrétisés et continus ;
- Ouverture vers les systèmes à n degrés de liberté et espace modal ;
- Simulation dynamique des corps flexibles ;
- Asservissement des systèmes flexibles.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir proposer une modélisation rigide/flexible d'un système en fonction du cahier des charges imposé.
- Savoir vérifier les caractéristiques dynamiques et la tenue du système.

2. Transversales

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

UE 4 - Semestre 3 - Commande industrielle

Description du contenu de l'enseignement

- En formation classique : les étudiants feront 8h de TP en présentiel et 8hTP en télé-travail.

Commande industrielle

Description du contenu de l'enseignement

- Synthèse de correcteurs dans l'espace d'états, commande optimale ;
- Commande robuste, commande multi-modèles ;
- Systèmes avec retard ;
- Calcul d'observateurs, filtrage de Kalman.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir synthétiser des commandes industrielles avancées (continues ou discrètes) pour des systèmes électromécaniques monovariables ou multivariables complexes ;
- Savoir synthétiser des observateurs linéaires (continus ou discrets) pour des systèmes complexes, et des observateurs linéaires (filtrage de Kalman).

2. Transversales

- Savoir travailler en équipe multidisciplinaire
- Savoir traduire un besoin industriel en cahier des charges mathématiques
- Savoir s'adapter aux réalités techniques du terrain

UE 5 - Semestre 3 - Intelligence et réseaux

Description du contenu de l'enseignement

- En formation classique : les étudiants feront 32h de TP en présentiel et 16h de TP en télé-travail.

Optimisation de systèmes mécatroniques et énergétiques

Description du contenu de l'enseignement

- Construction de critères à optimiser et des contraintes ;
- Simplex ;
- Méthodes de gradient ;
- Métaheuristiques ;
- Application aux systèmes mécatroniques et énergétiques.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir formuler et construire un cahier des charges en optimisation
- Savoir choisir les bonnes approches et algorithmes d'optimisation en fonction du système et des critères à optimiser.
- Etre capable d'optimiser un système énergétique complexe ainsi que la combinaison de systèmes énergétiques (mix énergétique, smart grids, production décentralisée)
- Etre capable de concevoir par optimisation un système énergétique

2. Transversales

- Savoir développer une approche multidisciplinaire et multi-outils de simulation
- Savoir dialoguer avec des spécialistes d'autres domaines

Intelligence artificielle et data mining

Description du contenu de l'enseignement

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

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir écrire le programme informatique permettant de faire de l'apprentissage non-supervisé et supervisé
- Savoir définir les features (caractéristiques) pour des systèmes mécatroniques industriels
- Savoir évaluer les résultats obtenus et améliorer les démarches

2. Transversales

- Savoir développer l'autonomie
- Dans un domaine qui évolue très vite, savoir-faire une veille scientifique et technologique, et savoir chercher les informations

Réseaux et systèmes connectés

Description du contenu de l'enseignement

Introduction aux bus de terrain :

- Rappel sur les structures des API ;
- Architecture de commande ;
- Principes de transmission de l'information.

Etude de bus de terrain industriels :

- Modbus RTU/ Modbus TCP ;
- Can et CanOpen ;
- Ethernet temps réel : Ethercat.

Mise en œuvre par TP :

- Mise en œuvre de socket de communication CAN sur cible Raspberry Pi ;
- Mise en application d'une communication ModBusTCP sur cible WAGO PFC200 ;
- Programmation d'une acquisition par Modbus TCP sur centrale de mesure Digiware ;
- Programmation d'une socket TCP/IP.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir mettre en œuvre les principaux bus de terrain dans l'environnement industriel

2. Transversales

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

UE 6 - Semestre 3 - Processeurs embarqués

Architectures des processeurs

Description du contenu de l'enseignement

- Architecture des processeurs d'usages généraux (historique, évolutions, RISC, multiprocesseurs)
- Spécificités des systèmes embarqués
- Architectures des processeurs embarqués (ARM, Nios..)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir analyser l'architecture d'un processeur et identifier les différentes fonctions secondaires.
- Savoir analyser le fonctionnement d'une hiérarchie mémoire, les contraintes du parallélisme et du pipeline

2. Transversales

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

Systemes d'exploitation embarqués

Description du contenu de l'enseignement

Ce cours intégré présente par la pratique des techniques permettant de déployer un OS temps réel sur un microcontrôleur et de le programmer.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir identifier les différents blocs fonctionnels de l'architecture des microcontrôleurs MSP430 et de ses principaux registres à partir de la documentation technique du composant.
- Savoir utiliser l'environnement de développement intégré (IDE) associé (Code Composer Studio)
- Savoir programmer en assembleur et savoir quand il est nécessaire d'y avoir recours
- Savoir déployer un OS temps réel (FreeRTOS) sur un microcontrôleur MSP430.
- Savoir comment programmer efficacement dans un tel environnement

2. Transversales

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

UE 7 - Semestre 3 - Conversion électromécanique

Conversion électromécanique

Description du contenu de l'enseignement

- Moteur à courant continu alimenté par hacheur ;
- Moteurs à courant alternatifs alimentés par onduleur ;
- Asservissement du courant et de la vitesse.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir identifier les différentes technologies de conversion électromécaniques utilisées pour l'actionnement
- Savoir en faire une description fonctionnelle, d'en expliquer le fonctionnement, de les simuler avec un environnement de calcul numérique (Matlab - Simulink) et de régler leurs lois de commande avec des méthodes fréquentielles.

2. Transversales

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

UE 8 - Semestre 3 - Electronique de puissance et énergies renouvelables

Description du contenu de l'enseignement

- En formation classique : les étudiants feront 16h de TP en présentiel et 8hTP en télé-travail.

Energies renouvelables 2

Description du contenu de l'enseignement

- Modélisation et pilotage de batteries ;
- Modélisation des systèmes photovoltaïque et d'éoliennes ;
- Modélisation et utilisation de la pile à combustible ;

- Gestion de la production énergétique avec stockage dans des batteries.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Etre capable d'exploiter les systèmes photovoltaïques et éoliens (installation, appareillages, normes, etc.)
- Etre capable d'exploiter et d'optimiser la production énergétique à partir de solutions photovoltaïques (diffus, ombrage, intégration systèmes), éoliennes et piles à combustible.

2. Transversales

- Avoir une approche multi-énergies
- Savoir innover (les problèmes énergétiques étant cruciaux)

Electronique de puissance

Description du contenu de l'enseignement

Introduction à la conversion de l'énergie électrique :

- Convertisseurs statiques
- Structures d'un convertisseur et interrupteurs

Conversion DC/DC: hacheurs et alimentations à découpage :

- Structures de convertisseurs 1 quadrant, 2 quadrants et 4 quadrants

Conversion AC/DC : convertisseurs de courant :

- Structure et fonctionnement des convertisseurs de courant

Conversion DC/AC : onduleurs de tension :

- Structures et fonctionnement des convertisseurs DC/AC.

Introduction aux onduleurs multiniveaux

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Méthodologie d'analyse et de synthèse
- Capacité à comprendre et mettre en œuvre des structures innovantes

2. Transversales

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

UE 9 - Semestre 3 - Travail d'étude et de recherche 2

Description du contenu de l'enseignement

- En formation classique : les étudiants feront l'équivalent de 5 semaines à temps plein en présentiel.

Travail d'étude et de recherche 2

Description du contenu de l'enseignement

Parmi une liste de projets proposés par l'équipe pédagogique au sens large (enseignants, chercheurs, industriels), les étudiants choisissent un sujet et réalisent le projet, sous la tutelle d'un enseignant. Le travail estimé pour le projet TER est de 160h par étudiant.

- Pour les étudiants du master ME en formation initiale, le travail se déroule au hall de la technologie de la faculté de physique et ingénierie
- Pour les apprentis : les missions en entreprise sont évaluées au titre du TER
- Pour les étudiants CMI, le TER est considéré comme un projet intégrateur réalisé par monôme ou par binôme, et qui peut avoir lieu au sein du laboratoire d'adossement dudit CMI. Le sujet devrait avoir un lien avec la recherche et est covalidé par le responsable projet du master et le responsable du CMI.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

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

2. Transversales

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

Semestre 4 - ME

UE 1 - Semestre 4 - Internship search and preparation (Recherche et préparation de stage)

Description du contenu de l'enseignement

Content (16h TP):

- Professional project;
- CV and cover letter;
- List of contacts;
- Operational preparation of the internship.

Compétences à acquérir

Objectives:

- Establishing a balance sheet and formulate a professional and personal project;

- Understanding the job market;
- Writing a cover letter and a CV, having an interview.

Skills to acquire:

- Application of job search techniques to the internship;
- How to increase the employability and thus promote the professional integration.

Internship search and preparation (Recherche et préparation de stage)

Description du contenu de l'enseignement

Partie 1 : Techniques de recherche d'emploi

Le marché de l'emploi - Le projet professionnel - Le bilan de compétences - CV et lettre de motivation – Entretien et relance – Web2.0 : réseaux sociaux professionnels

Partie 2 : Préparation opérationnelle du stage (Feuille de logistique, suivi, ePortfolio de compétences) - Organisation de l'entreprise et organisation du travail en entreprise : Intégration des facteurs financiers, technologiques, organisationnel dans son travail – prise en compte des paramètres et contextes environnementaux (fournisseurs, clients, concurrents...) – auto-évaluation de son travail et valorisation du stage.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir rédiger un CV et une lettre de motivation (apprendre les règles de rédaction)
- Savoir préparer et pratiquer un entretien de recrutement

2. Transversales

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

UE 2 - Semestre 4 - Internship (Stage)

Description du contenu de l'enseignement

- For at least 20 weeks, the student will join a company or laboratory to demonstrate that he/she has the skills required to perform the duties of an engineer or researcher;
- From mid-January to September (20 to 26 weeks).

Compétences à acquérir

Skills to acquire:

- Implementing the techniques of scientific investigation and documentary techniques;
- Determining the adapted methods;
- Participating in the carry out of research activities;
- Synthesizing and highlighting a professional/scientific activity.

Internship (Stage)

Description du contenu de l'enseignement

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

L'objectif de ce stage est d'acquérir une première expérience pleine et entière du métier d'ingénieur dans le domaine de spécialisation du master dans l'industrie ou de chercheur en laboratoire.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

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

2. Transversales

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

- Savoir présenter clairement ses résultats en s'adaptant à son public

UE 3 - Semestre 4 - Internship valorisation (Valorisation de stage)

Description du contenu de l'enseignement

Content (12h TP):

- Scientific, economic and strategic aspects of the internship;
- Management and communication of the research project (poster...);
- Resource management of the research laboratory /company;
- Skills assessment.

Compétences à acquérir

Objectives:

- Training of how to valorize research / professional experience based on technical, organizational, strategic and economic aspects;
- Realisation of a poster or an article summarizing the research / professional experience.

Skills to acquire:

- Feedback on the internship and preparation of the defense;
- Valuing research / professional experience and preparing specific steps for recruitment.

Internship valorisation (Valorisation de stage)

Description du contenu de l'enseignement

A l'issue du stage, les étudiants remettent un dossier de «valorisation de stage» et présente à l'oral ce que leur a apporté leur stage. Ce bilan des compétences est ensuite discuté en groupe pour permettre à l'étudiant de savoir mettre en avant ses compétences dans un entretien d'embauche.

L'objectif de cette étape importante est de :

- prendre du recul vis-à-vis de son stage et d'en extraire les valeurs les plus importantes ou prometteuses
- aborder non seulement les aspects techniques et scientifiques mais également les dimensions économiques et humaines

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Néant

2. Transversales

- Savoir développer une argumentation en faisant preuve d'esprit critique
- Savoir établir des stratégies de valorisation d'acquis, de résultats ou de projets
- Savoir s'adapter à différents contextes socio-professionnels au plan local, régional, national et international
- Savoir communiquer de façon claire et non ambiguë, dans un registre adapté à un public de spécialistes ou de non spécialistes en utilisant les supports appropriés