

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2016 / 2021

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

---

# SYLLABUS MASTER

Mention Electronique, énergie électrique,  
automatique

M2 énergie électrique : conversion, matériaux,  
développement durable

---

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>  
<http://www.eea.ups-tlse.fr>

2019 / 2020

20 JANVIER 2020

# SOMMAIRE

---

PRÉSENTATION . . . . .	3
PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS . . . . .	3
Mention Electronique, énergie électrique, automatique . . . . .	3
Parcours . . . . .	3
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 énergie électrique : conversion, matériaux, développement durable . . . . .	3
Liste des formations donnant accès de droit : . . . . .	5
RUBRIQUE CONTACTS . . . . .	6
CONTACTS PARCOURS . . . . .	6
CONTACTS MENTION . . . . .	6
CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.EEA . . . . .	6
Tableau Synthétique des UE de la formation . . . . .	7
LISTE DES UE . . . . .	11
GLOSSAIRE . . . . .	34
TERMES GÉNÉRAUX . . . . .	34
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES . . . . .	34
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS . . . . .	34

# PRÉSENTATION

---

## PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

### MENTION ELECTRONIQUE, ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, AUTOMATIQUE

L'objectif du Master, **labélisé CMI**, est de former des cadres spécialistes en Electronique, Energie électrique, Automatique, Informatique industrielle et/ou Traitement du signal, capables d'intégrer les secteurs de l'Aéronautique, de l'Espace, de l'Energie, des Télécommunications et de la Santé. La structure indifférenciée des parcours permet une insertion professionnelle (2 mois de durée moyenne de recherche d'emploi) dans l'industrie ou une poursuite en doctorat.

Cette mention est composée de 8 parcours types :

- Electronique des Systèmes Embarqués et Télécommunications (ESET)
- **Systèmes et Microsystèmes Embarqués** (SME)
- **Ingénierie des Systèmes Temps Réel**(ISTR)
- **Robotique : Décision et Commande**(RODECO)
- Signal Imagerie et Applications Audio-vidéo Médicales et Spatiales (SIA-AMS)
- Radiophysique Médicale et **Génie BioMédical**(RM-GBM)
- **Energie Electrique : Conversion, Matériaux, Développement durable**(E2-CMD) - *M2 commun avec l'INP/ENSEEIH de Toulouse*
- Sciences et Technologies des Plasmas (STP) *bi-diplomation avec l'université de Montréal (Québec)*

Les parcours **en gras** peuvent être suivis **en alternance en M2, via des contrats de professionnalisation**, ou de façon classique.

### PARCOURS

Le parcours est au carrefour des savoirs et compétences en électronique de puissance, électrotechnique, matériaux et commande des systèmes. L'énergie en est le dénominateur commun, avec la prise en compte des exigences de développement durable, d'économie et d'énergie propre. L'objectif est de former des cadres spécialistes de l'énergie électrique, des systèmes de conversion associés et de leurs utilisations. Développé en partenariat et co-accrédité avec l'INP/ENSEEIH, il propose 3 blocs de spécialisation en 2<sup>o</sup> année :

- Electronique de Puissance, Actionneurs et Commande (EPAC) ;
- Gestion Durable de l'Energie Electrique (GD2E) ;
- Intégration de Puissance et Matériaux (IPM).

A l'issue du stage de fin d'études, l'étudiant peut intégrer le milieu professionnel en tant qu'ingénieur ou préparer un doctorat sur une grande variété de domaines, tant dans les grands groupes industriels (EDF, ERDF, Cegelec, Schneider, Nexter Electronics, Veolia, Areva, ON Semiconductor, ACTIA automotive, Continental, Valeo, Alstom, Airbus, Liebherr-Aerospace, Safran, Eurocopter, Technofan, Thales, PSA, Renault, ..) que dans de très nombreuses PME, ainsi que dans l'enseignement et la recherche.

## PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 ÉNERGIE ÉLECTRIQUE : CONVERSION, MATÉRIAUX, DÉVELOPPEMENT DURABLE

### — Objectifs de la seconde année (M2) du Master E2-CMD :

Dans la continuité des enseignements dispensés dans la 1<sup>ere</sup> année du Master, cette seconde année permet

de conforter les connaissances acquises dans une approche tournée vers le milieu professionnel. Les différents thèmes sont approfondis et inscrits dans les différents domaines applicatifs. De nombreux projets et bureaux d'étude placent l'étudiant en situation décisionnelle dans le cadre d'une approche transversale. L'intégration des connaissances et le développement des compétences sont ainsi privilégiés ; le stage de fin d'étude ayant pour objectif de placer l'étudiant en situation réelle de cadre débutant.

— **Organisation :**

Cette seconde année comporte 60 ECTS découpés en deux semestres de 30 ECTS. Sur les 28 ECTS relatifs aux unités de tronc commun, 22 sont scientifiques et/ou techniques, et développent ou approfondissent :

- Les convertisseurs statiques et les composants de puissance ;
- L'intégration de puissance (technologies, thermique et CEM) ;
- Les réseaux électriques (terrestres et embarqués) avec une préparation à l'habilitation électrique (suivant la norme de l'UTE NF C18-510 pour les niveaux « H0, B2, BR, BC ») ;
- Le travail en mode projet (Synthèse d'une alimentation à découpage, étude d'un système photovoltaïque, étude d'une alimentation sans interruption, commandes d'actionneurs électriques).

Ce tronc commun disciplinaire est complété par 6 ECTS correspondant à l'ouverture vers le milieu professionnel et aux langues :

- Gestion et management (Marketing, finance, boîte à outil du manager, Business Plan, ...);
- Préparation CV et entretien ;
- Anglais ou autres.

En plus de ce socle commun, l'étudiant doit choisir un bloc de spécialisation parmi 3.

— **Bloc "Electronique de Puissance, Actionneurs et Commande (EPAC)" :**

Afin de pouvoir synthétiser et réaliser les systèmes de commande des convertisseurs statiques et actionneurs électromécaniques, mais aussi plus largement contrôler des systèmes électriques, des compléments d'automatique et d'informatique industrielle sont dispensés pour 7 ECTS (Commande des actionneurs électriques et Informatique de commande). Deux BE spécifiques sont proposés (Systèmes temps réel et commande dans l'espace d'état d'un système électromécanique).

— **Bloc " Gestion Durable de l'Energie Electrique (GD2E)" :**

3 ECTS sont dédiés aux techniques de récupération, de stockage et de gestion de l'énergie disponible qui permettent de garantir l'autonomie des systèmes fixes ou mobiles, ainsi qu'aux méthodes d'éco-conception. 4 ECTS s'intéressent aux challenges technologiques en termes d'autonomie et de réduction de consommation énergétique dans l'habitat. Un BE spécifique est proposé (Récupération d'énergie à partir d'une pastille piézoélectrique).

Les blocs EPAC et GD2E ont par ailleurs en commun 10 ECTS, regroupant des compléments sur les systèmes asservis, la synthèse et la commande des alimentations à découpage et un miniprojet sur la commande numérique d'un actionneur électrique.

— **Bloc "Intégration de Puissance et Matériaux (IPM)" :**

Cette spécialisation comporte 2 volets complémentaires. Le premier concerne la modélisation, l'élaboration et la caractérisation des matériaux diélectriques et magnétiques pour le génie électrique (6 ECTS) et la fiabilité des systèmes associés (3 ECTS, ouvert à la Formation Tout au Long de la Vie (FTLV)). Un miniprojet "Isolation et systèmes" permet de mettre en œuvre les approches et techniques présentées. Le second volet focalise sur la conception pour l'intégration de puissance (5 ECTS), dans le cadre du développement de convertisseurs statiques toujours plus compacts et performants. L'intégration des composants passifs et de la commande rapprochée des transistors de puissances sont présentées et illustrées à travers des bureaux d'étude.

— **Poursuite d'étude :**

Les étudiants ayant validé la seconde année du master peuvent intégrer directement le milieu professionnel ou poursuivre en doctorat.

## LISTE DES FORMATIONS DONNANT ACCÈS DE DROIT :

### M1 ENERGIE ELECTRIQUE : CONVERSION, MATERIAUX, DEVELOPPEMENT (EMEAGE)

Pour les étudiants ayant suivi une autre formation que l'année précédente du parcours, l'accès est sur dossier. Il est très fortement conseillé de se rapprocher du responsable de la formation envisagée pour en connaître les modalités d'accès.

# RUBRIQUE CONTACTS

---

## CONTACTS PARCOURS

### RESPONSABLE M2 ÉNERGIE ÉLECTRIQUE : CONVERSION, MATÉRIAUX, DÉVELOPPEMENT DURABLE

BIDAN Pierre  
Email : [pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr](mailto:pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr)

### SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

LOPES D'ANDRADE Marilyne  
Email : [marilyne.lopes-dandrade@univ-tlse3.fr](mailto:marilyne.lopes-dandrade@univ-tlse3.fr)

## CONTACTS MENTION

### RESPONSABLE DE MENTION ELECTRONIQUE, ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, AUTOMATIQUE

BIDAN Pierre  
Email : [pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr](mailto:pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr)  
CAMBRONNE Jean-Pascal  
Email : [jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr](mailto:jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr)

## CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.EEA

### DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

CAMBRONNE Jean-Pascal  
Email : [jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr](mailto:jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr)

### SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

LAURENT Marie-Odile  
Email : [molaurent@adm.ups-tlse.fr](mailto:molaurent@adm.ups-tlse.fr)

Téléphone : 0561557621

Université Paul Sabatier  
3R1  
118 route de Narbonne  
31062 TOULOUSE cedex 9

# TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

parcours epac (60 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	TP DE	Stage
<b>Premier semestre</b>									
13	EIEAG3AM	CONVERTISSEURS STATIQUES ET COMPOSANTS DE PUISSANCE	3	O	28				
14	EIEAG3BM	CONVERTISSEURS STATIQUES : INTÉGRATION ET CONTRAINTES	3	O	28				
15	EIEAG3CM	RÉSEAUX ÉLECTRIQUES	3	O	28				
16	EIEAG3DM	ÉTUDE DE SYSTÈMES 1 ( BE)	3	O			18	18	
17	EIEAG3EM	MINIPROJET ALIMENTATION À DÉCOUPAGE	3	O				30	
18	EIEAG3FM	MINIPROJET SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE	3	O			30		
19	EIEAG3GM	SYNTHÈSE ET COMMANDE DES ALIMENTATIONS À DÉCOUPAGE	3	O	22	6			
20	EIEAG3HM	MINIPROJET COMMANDE NUMÉRIQUE D'UN ACTIONNEUR ÉLECTRIQUE	3	O				30	
22	EIEAG3KM	OUVERTURE VERS LE MILIEU PROFESSIONNEL	3	O	34		6		
23	EIEAG3VM	ANGLAIS	3	O		24			
<b>Second semestre</b>									
25	EIEAG4BM	SYSTÈMES ASSERVIS	4	O	20	6	12		
33	EIEAG4JM	STAGE	15	O					6
26	EIEAG4CM	COMMANDE DES ACTIONNEURS ÉLECTRIQUES	3	O	28				
27	EIEAG4DM	INFORMATIQUE DE COMMANDE	4	O	20	6	12		
24	EIEAG4AM	ETUDE DE SYSTÈMES 2 ( BE)	4	O				44	

## parcours gd2e (60 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	TP DE	Stage
<b>Premier semestre</b>									
23	EIEAG3VM	ANGLAIS	3	O		24			
13	EIEAG3AM	CONVERTISSEURS STATIQUES ET COMPOSANTS DE PUISSANCE	3	O	28				
14	EIEAG3BM	CONVERTISSEURS STATIQUES : INTÉGRATION ET CONTRAINTES	3	O	28				
15	EIEAG3CM	RÉSEAUX ÉLECTRIQUES	3	O	28				
16	EIEAG3DM	ÉTUDE DE SYSTÈMES 1 ( BE)	3	O			18	18	
17	EIEAG3EM	MINIPROJET ALIMENTATION À DÉCOUPAGE	3	O				30	
18	EIEAG3FM	MINIPROJET SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE	3	O			30		
19	EIEAG3GM	SYNTHÈSE ET COMMANDE DES ALIMENTATIONS À DÉCOUPAGE	3	O	22	6			
20	EIEAG3HM	MINIPROJET COMMANDE NUMÉRIQUE D'UN ACTIONNEUR ÉLECTRIQUE	3	O				30	
22	EIEAG3KM	OUVERTURE VERS LE MILIEU PROFESSIONNEL	3	O	34		6		
<b>Second semestre</b>									
25	EIEAG4BM	SYSTÈMES ASSERVIS	4	O	20	6	12		
33	EIEAG4JM	STAGE	15	O					6
24	EIEAG4AM	ETUDE DE SYSTÈMES 2 ( BE)	4	O				44	
28	EIEAG4EM	SYSTÈMES AUTONOMES ET ÉCO-CONCEPTION	3	O	24		12		
29	EIEAG4FM	BÂTIMENT ÉCONOME ET INTELLIGENT	4	O	30		6		

## parcours ipm (60 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	TP DE	Stage
<b>Premier semestre</b>									



page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	TP DE	Stage
13	EIEAG3AM	CONVERTISSEURS STATIQUES ET COMPOSANTS DE PUISSANCE	3	O	28				
14	EIEAG3BM	CONVERTISSEURS STATIQUES : INTÉGRATION ET CONTRAINTES	3	O	28				
15	EIEAG3CM	RÉSEAUX ÉLECTRIQUES	3	O	28				
16	EIEAG3DM	ÉTUDE DE SYSTÈMES 1 ( BE)	3	O			18	18	
17	EIEAG3EM	MINIPROJET ALIMENTATION À DÉCOUPAGE	3	O				30	
18	EIEAG3FM	MINIPROJET SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE	3	O			30		
22	EIEAG3KM	OUVERTURE VERS LE MILIEU PROFESSIONNEL	3	O	34		6		
23	EIEAG3VM	ANGLAIS	3	O		24			
21	EIEAG3IM	MATÉRIAUX : MODÉLISATION, ÉLABORATION ET CARACTÉRISATION	6	O	43	12	12		
<b>Second semestre</b>									
12	EIEAG4KM	MATÉRIAUX DIÉLECTRIQUES ET FIABILITÉ	3	O	17		3		
33	EIEAG4JM	STAGE	15	O					6
24	EIEAG4AM	ETUDE DE SYSTÈMES 2 ( BE)	4	O				44	
30	EIEAG4HM	MINIPROJET ISOLATION ET SYSTÈMES	3	O	8		22		
31	EIEAG4IM	CONCEPTION POUR L'INTÉGRATION DE PUISSANCE	5	O	21		24		



---

## LISTE DES UE

---

<b>UE</b>	<b>MATÉRIAUX DIÉLECTRIQUES ET FIABILITÉ</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>Annuel</b>
<b>EIEAG4KM</b>	Cours : 17h , TP : 3h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MALEC David

Email : [david.malec@laplace.univ-tlse.fr](mailto:david.malec@laplace.univ-tlse.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE focalise sur la tenue des isolants électriques dans les systèmes du Génie Electrique. Il s'agit d'abord de comprendre la complexité du phénomène de rupture diélectrique dans les isolants solides, sous forts champs électriques (continus ou variables). Les différents mécanismes physiques pouvant être à l'origine de cette rupture à court terme (rigidité diélectrique) et à long terme (durée de vie) sont présentés. L'incidence du procédé de mise en œuvre du matériau et de son environnement applicatif (paramètres électriques, climatiques,...) sur sa durée de vie est détaillée. La rupture dans les gaz, avec en particulier la problématique des décharges partielles, est aussi abordée. Un accent particulier sera donné aux systèmes électriques embarqués.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Phénomènes apparaissant sous fort champ électrique :

- continu : polarisation, conduction, charge d'espace.
- variable : pertes diélectriques, décharges partielles, arborescences.

Aspects expérimentaux : mesures de conduction, de pertes diélectriques, de charges d'espace et de décharges partielles.

Rupture diélectrique dans les isolants solides : effet des dimensions et des conditions environnementales, champs électriques homogènes et divergents, effet des charges d'espace, scénarii de vieillissement. Modèles physiques de rupture diélectrique : électronique, thermique et électromécanique. Mécanismes de rupture dans les gaz, application aux décharges partielles. Solutions pour augmenter cette durée de vie.

Aspects expérimentaux : échantillons tests, bancs de mesure, normes.

— Compétences :

Réaliser des mesures de conduction électrique et de pertes sur isolants solides.

Choisir la méthode de mesure de charges d'espace.

Réaliser des mesures de rigidité diélectrique et de durée de vie d'isolants solides.

Appliquer les normes relatives aux mesures de rupture diélectrique, de conduction électrique et de décharges partielles.

Identifier les modèles de rupture diélectrique et de conduction électrique.

### PRÉ-REQUIS

Notions de base en physique des solides.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Electrical Degradation and Breakdown in Polymers, L.A. Dissado and J.C. Fothergill, IEE Materials & Devices, 1992.

Dielectric breakdown in solids, J.J. O'DWYER, Advances in Physics, Vol. 7 Issue 27, 1958.

### MOTS-CLÉS

Isolation électrique solide, Conduction électrique, Pertes diélectriques, Charge d'espace, Rigidité diélectrique, Décharges partielles, Durée de vie.

<b>UE</b>	<b>CONVERTISSEURS STATIQUES ET COMPOSANTS DE PUISSANCE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3AM</b>	Cours : 28h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

PIQUET Hubert

Email : [hubert.piquet@laplace.univ-tlse.fr](mailto:hubert.piquet@laplace.univ-tlse.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ces enseignements apportent aux étudiants les outils théoriques et méthodologiques de conception des convertisseurs statiques. Les composants semi-conducteurs sont au cœur des convertisseurs à découpage. Leur connaissance et maîtrise sont indispensables pour concevoir et mettre en œuvre ces systèmes. La première partie de ce module de cours présente une modélisation comportementale des composants semi-conducteurs basée sur la compréhension des phénomènes physiques. Dans la seconde partie, la synthèse des convertisseurs et leurs associations en fonction d'un cahier des charges sont détaillées.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Part. 1 : Composants de puissance - mécanismes de commutation :

Modélisation des composants de puissance (Diode, Transistors, Thyristors, ...)

Caractéristiques statiques et dynamiques

Analyse des commutations dans les cellules hacheur, onduleur, redresseur

— Part. 2 : Propriétés fondamentales, Synthèse et Associations des convertisseurs :

Cellule de commutation, fonction de connexion

Synthèse des semi-conducteurs de la cellule de commutation

Création des fonctions de l'électronique de puissance par assemblages de cellules de commutation

Associations de convertisseurs statiques

— Compétences :

Analyser le fonctionnement, réaliser la modélisation et simuler un convertisseur statique.

Dimensionner un convertisseur statique et choisir les composants de puissance.

Analyser les transferts de puissance d'une chaîne de conversion et en déduire les caractéristiques des cellules de commutation à mettre en œuvre.

Réaliser des associations de convertisseurs.

### PRÉ-REQUIS

Circuits électriques et convertisseurs statiques de niveau licence. Fonctions de l'électronique de puissance.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Composants à semi-conducteur pour l'électronique de puissance, S. LEFEBVRE Tec & Doc Lavoisier, 2004.

Techniques de l'Ingénieur : TI D3075, TI D3076, TI D3077, TI D3168, TI D3178, TI D3176, TI D3177.

### MOTS-CLÉS

Convertisseurs statiques, associations, composants de puissance, synthèse, dimensionnement.

<b>UE</b>	<b>CONVERTISSEURS STATIQUES INTÉGRATION ET CONTRAINTES</b>	:	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3BM</b>	Cours : 28h			

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BLEY Vincent

Email : [vincent.bley@laplace.univ-tlse.fr](mailto:vincent.bley@laplace.univ-tlse.fr)

Téléphone : 05 61 55 89 38

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Découvrir les principales technologies pour obtenir des convertisseurs plus intégrés : impact de la topologie et de la fréquence de commutation, nouvelles voies d'intégration avec prise en compte des contraintes en terme de compatibilité technologique et de flux de chaleur à extraire. Rappels de thermique et application au dimensionnement de solutions de refroidissement adaptées et optimisées.

Introduction à la Compatibilité Electromagnétique (CEM). Les commutations dans les convertisseurs génèrent des perturbations électromagnétiques, qui se propagent vers la source d'alimentation et vers la charge, et dont une petite partie est rayonnée. Après une description des modes et types de propagation, les méthodes de mesure des perturbations sont présentées ainsi que les pistes pour les réduire.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Partie Intégration et thermique :

Présentation des contraintes liées à l'intégration de puissance, masse et volume des composants passifs.

Assemblage des actifs : métallisations, brasures, collage, frittage.

Technologies pour la 3D, avantages et inconvénients.

Impact de la topologie sur les performances d'intégration.

Performances des solutions de refroidissement (convection naturelle et forcée, refroidissement liquide monophasique et diphasique).

— Partie CEM :

Problématique, perturbations conduites et rayonnées, sources, couplage.

Méthode de mesure de l'intensité du champ, des perturbations conduites et de la susceptibilité.

Normes et spécifications CEM.

Conception de l'équipement : minimiser la sensibilité et la générations de perturbations, filtres, blindage.

Décharges électrostatiques.

— Compétences :

Orienter ses choix technologiques pour l'intégration en fonction d'un cahier des charges et de la prise en compte des contraintes spécifiques. Dimensionner un système de refroidissement.

Identifier les sources et la sensibilité aux perturbations électromagnétiques et proposer des solutions pour les réduire.

### PRÉ-REQUIS

Circuits électriques et convertisseurs statiques de niveau L3 EEA, principe de calcul de champs magnétiques dans les circuits élémentaires, propagation d'ondes

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Modules et boîtiers de puissance, Tech. de l'Ing. D3116

Heat and Mass Transfer : Fundamentals & Applications, A. Cengel et al., McGraw-Hill Prof.

CEM en électronique de puissance - Sources de perturbations, couplages, SEM, Tech. de l'Ing. D3290

### MOTS-CLÉS

Intégration 3D, contraintes thermomécanique, matériaux, interfaces, assemblages, management thermique, refroidissement, perturbations, CEM, normes

<b>UE</b>	<b>RÉSEAUX ÉLECTRIQUES</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3CM</b>	Cours : 28h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DEDIEU Joel

Email : [joel.dedieu@univ-tlse3.fr](mailto:joel.dedieu@univ-tlse3.fr)

Téléphone : 0561558341

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Identifier et comprendre les différents éléments d'une installation électrique haute tension ; analyser et utiliser les éléments de la norme nécessaires aux études des installations électriques haute tension ; mettre en œuvre un logiciel industriel agréé par l'UTE permettant de dimensionner une installation électrique haute tension ; analyser et comprendre un réseau électrique embarqué sur avion de ligne.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Poste de livraison haute tension - Les différentes structures des réseaux HTA - Présentation de la norme NFC 13-200 - Fonctions et caractéristiques de l'appareillage électrique - Schémas des liaisons à la terre et leur choix (régimes de neutre) - Démarche d'étude dans le calcul des installations HTA - Etudes de cas pour choisir les cellules HTA, déterminer les canalisations et leurs protections en prenant en compte les paramètres : surcharges, courts-circuits, contraintes thermiques - Plan de protection et sélectivité, protection des transformateurs et des moteurs HTA - Analyse d'un réseau électrique embarqué type avion de ligne.

Visite du poste de livraison HTA de l'Université Paul Sabatier,

Conférence concernant les réseaux électriques embarqués sur avions de ligne animée par un ingénieur expert de chez AIRBUS GROUP,

Conférence concernant le réseau de transport français animée par un ingénieur de chez RTE.

— Compétences :

Comprendre un schéma de distribution HTA ; dimensionner et choisir des cellules HTA, un transformateur de distribution ; dimensionner et choisir des canalisations électriques HTA et leurs dispositifs de protection ; assurer les réglages des dispositifs de protection.

### PRÉ-REQUIS

Relations générales de l'électrotechnique en monophasé et triphasé.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les cahiers techniques Schneider

Norme NFC 13-100 et NFC 13-200 (Union Technique de l'Electricité)

### MOTS-CLÉS

Réseaux électriques haute tension, réseaux électriques embarqués, plan de protection.

<b>UE</b>	<b>ÉTUDE DE SYSTÈMES 1 ( BE)</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3DM</b>	TP : 18h , TP DE : 18h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

RISALETTO Damien

Email : [damien.risaletto@laplace.univ-tlse.fr](mailto:damien.risaletto@laplace.univ-tlse.fr)

Téléphone : 05 34 32 24 12

COUSINEAU Marc

Email : [Marc.Cousineau@laplace.univ-tlse.fr](mailto:Marc.Cousineau@laplace.univ-tlse.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La première partie de cette UE concerne l'analyse de la structure et du fonctionnement d'une ASI (Alimentation Sans Interruption) pour des charges informatiques : Dimensionner les composants de puissance et les boucles de commande à partir d'un cahier des charges. Chaque groupe d'étudiants prend en charge l'étude d'un sous-ensemble, les différents groupes doivent collaborer pour conduire l'étude du dispositif complet.

La deuxième partie concerne l'étude et la mise en œuvre, dans l'environnement de simulation SABER, de la commande à flux rotorique orienté d'une machine asynchrone. En prenant pour support le moteur d'un véhicule électrique, les étudiants devront définir la forme des différents correcteurs nécessaires pour, à terme, obtenir une parfaite régulation de la vitesse du système.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Alimentation sans interruption :

Détermination de la tension du bus continu et dimensionnement des composants de puissance (actif et passif),

Choix du type de commande et conception du circuit de commande en boucle fermée,

Détermination de la fonction de transfert et calcul des paramètres des correcteurs,

Test de la régulation sur un impact de charge et des perturbations du réseau,

Validation du respect du cahier des charges et raccordement des différentes parties de l'ASI.

— Commande des actionneurs :

Détermination des correcteurs sous Matlab,

Agencement dans l'environnement SABER des transformées de Park et de Concordia,

Mise en œuvre des régulations du courant statorique, du flux statorique et de la vitesse,

Simulation et validation de la réponse du système à un profil de charges.

— Compétences :

Travailler en équipe en mode projet.

Concevoir un convertisseur ou un système de commande de machine à partir d'un cahier des charges.

Utiliser les logiciels de simulation PSIM et SABER.

### PRÉ-REQUIS

Convertisseurs statiques, machines électriques et automatique de niveau L3 et M1. Logiciel MatLab.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alimentations à découpage convertisseurs à résonance, J-P. Ferrieux, F. Forest, Dunod, 2006.

Electronique de puissance, G. Séguier, F. Labrique, P. Delarue, Dunod.

Actionneurs électriques, G. Grellet, G. Clerc, Eyrolles, 1996.

### MOTS-CLÉS

Conception - cahier des charges - simulation PSIM et SABER - alimentation sans interruption - machine électrique  
- régulation de tension, courant et vitesse



<b>UE</b>	<b>MINIPROJET ALIMENTATION À DÉCOUPAGE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3EM</b>	TP DE : 30h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DEDIEU Joel

Email : [joel.dedieu@univ-tlse3.fr](mailto:joel.dedieu@univ-tlse3.fr)

Téléphone : 0561558341

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE a pour vocation principale d'assurer la transition entre le savoir académique et le monde professionnel au plan technique et technologique à travers la conception, la réalisation et la caractérisation d'une alimentation à découpage de type Forward répondant à un cahier des charges.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Sélection et caractérisation du transistor MOSFET.
- Mise en œuvre du circuit intégré de commande UC2844.
- Dimensionnement et réalisation du transformateur.
- Choix des condensateurs de filtrage d'entrée et de sortie.
- Elaboration de l'asservissement de courant par une commande en courant maximum (MC2).
- Conception de la régulation de tension.
- Mesure des performances de l'alimentation (rendement, ondulation de tension, régulation de tension, ...) et de ses constituants (rapport, inductance magnétisante et de fuite du transformateur ; imperfection des condensateurs de filtrage ; capacités d'entrée et de sortie du MOSFET ; valeur de l'inductance de lissage ...).

Compétences :

Dimensionner, réaliser puis caractériser les éléments constitutifs d'une alimentation à découpage à partir d'un cahier des charges.

Lire et comprendre un schéma électronique industriel et des DataSheets.

Concevoir un circuit de régulation de tension et de courant, avec protection contre le court-circuit.

Placer/souder les composants sur un circuit imprimé.

Travailler en équipe en mode projet.

### PRÉ-REQUIS

Electronique de puissance et automatique niveau Master 1 EEA, logiciel MatLab.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alimentations à découpage et convertisseurs à résonance, J-P. Ferrieux, F. Forest, Dunod, 2006.

Composants à semi-conducteur pour l'électronique de puissance, S. Lefebvre, F. Miserey, Lavoisier, 2004.

### MOTS-CLÉS

Alimentation Forward, cahier des charges, dimensionnement, réalisation, mesures des performances, régulation de tension, limitation de courant.

<b>UE</b>	<b>MINIPROJET SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3FM</b>	TP : 30h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BOITIER Vincent  
 Email : [vboitier@laas.fr](mailto:vboitier@laas.fr)

Téléphone : 05 61 55 86 89 // 05 61  
 33 62 31

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La production d'énergie photovoltaïque continue à se développer en petite, moyenne et forte puissance. Pour tous ces systèmes de production, il importe d'une part de pouvoir faire une prévision de la production et d'autre part de maximiser la production. L'objectif de ce bureau d'étude est d'apporter une formation sur ces deux aspects mais aussi d'apprendre à travailler avec efficacité et avec des outils appropriés (planification du travail sur plusieurs séances, prise de notes, rapport de synthèse...).

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Mise en place d'une commande MPPT :

Il s'agit d'une commande extrême, adaptée pour maximiser la puissance de sortie d'un panneau solaire. Après une synthèse bibliographique, la découverte du convertisseur fourni et du logiciel de travail (mikroC), les étudiants réalisent l'algorithme, implémentent la commande, testent les performances et réalisent des essais comparatifs avec des produits commerciaux.

— Apprentissage d'outils d'estimation de la production PV :

PVsyst et Archelios sont des outils utilisés dans le milieu professionnel pour dimensionner le gisement solaire quel que soit le lieu géographique. A travers plusieurs exemples de systèmes PV (connecté réseau ou isolé, système de pompage au fil de l'eau), les étudiants apprennent à dimensionner et optimiser des systèmes complets comprenant les modules PV, les convertisseurs, les batteries et les protections.

— Compétences :

Dimensionner les éléments d'une installation photovoltaïque isolée ou connectée au réseau.

Réaliser un prévisionnel de performances pour une installation photovoltaïque

Synthétiser une recherche bibliographique

Mettre en place le pilotage d'un système via un microcontrôleur

Travailler en groupe et en mode projet

## PRÉ-REQUIS

Bases de L3 et M1 sur l'énergie photovoltaïque. Bases d'électronique de puissance et sur le langage C. Connaissances sur le stockage électrochimique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Photovoltaïque pour tous , A. Falk , Ed. Le Moniteur, 2010.

Installations photovoltaïques, Conception et dimensionnement d'installations raccordées au réseau, A. Labouret, M.P. Viloz, Dunod, 2012

Techniques de l'ingénieur D3360

## MOTS-CLÉS

Photovoltaïque, production d'électricité, électronique de puissance, système couplé, réseau électrique, système isolé, commande MPPT, algorithmique.

<b>UE</b>	<b>SYNTHÈSE ET COMMANDE DES ALIMENTATIONS À DÉCOUPAGE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3GM</b>	Cours : 22h , TD : 6h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BIDAN Pierre

Email : [pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr](mailto:pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Une première partie a pour but de synthétiser des savoirs acquis antérieurement pour effectuer un choix pertinent d'alimentation en fonction d'un cahier des charges. L'utilisation d'un transformateur, l'origine des pertes et le choix de la structure sont discutés et illustrés par quelques exemples de convertisseurs optimisés pour fonctionner en basse tension et par les associations possibles selon l'application. La seconde partie concerne la modélisation dynamique et la commande des alimentations. Les modèles d'état et les principales fonctions de transfert " petit signal" des convertisseurs les plus courants sont développés. Différents principes de commande sont ensuite proposés. Ces approches seront illustrées dans l'UE EIEAG3EM "Miniprojet alimentation à découpage".

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

I - Méthodes de choix de structures d'alimentations en fonction de cahiers des charges :

Sources et variables d'état - Composants actifs, rôle des éléments passifs - Critère de choix, exemples de cahiers des charges - Transformateurs dans les alimentations à découpage - Rendement, origine des pertes et méthodes d'optimisation - Exemples d'alimentations basse tension et d'associations

II - Modélisation dynamique et commande :

Modèle d'état en variables instantanées - Commande en durée (Modulation de Largeur d'Impulsion) : modèle moyen et principes de commande en boucle fermée, mode tension - Commande en amplitude (hystérésis et en valeur maximale) : modèle, principes de commande, mode courant - Circuits intégrés spécialisés pour la commande

— Compétences :

- Synthétiser une alimentation à découpage à partir d'un cahier des charges
- Dimensionner les éléments passifs (bobine, condensateur, transformateur)
- Optimiser le rendement
- Modéliser une alimentation en régime transitoire
- Synthèse une loi de commande en boucle fermée
- Choisir un circuit intégré spécialisé pour réaliser la commande

### PRÉ-REQUIS

Conversion statique (niveau master 1). Automatique de niveau licence (asservissements linéaires). Représentation d'état.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alimentations à découpage, M. Girard, Dunod, 2003.

Alimentations à découpage et Convertisseurs à résonance, J.P. Ferrieux, F. Forest, Dunod, 2006.

Switch-Mode Power Supplies, Second Edition. C.P. Basso, McGraw-Hill Education, 2014.

### MOTS-CLÉS

Alimentations Flyback et Forward, modèles d'état et modèles petit signal, commande en durée, commande en courant maximum, régulation de tension

<b>UE</b>	<b>MINIPROJET COMMANDE NUMÉRIQUE D'UN ACTIONNEUR ÉLECTRIQUE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3HM</b>	TP DE : 30h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

PIQUET Hubert

Email : [hubert.piquet@laplace.univ-tlse.fr](mailto:hubert.piquet@laplace.univ-tlse.fr)

TOURNIER Eric

Email : [tournier@laas.fr](mailto:tournier@laas.fr)

Téléphone : 05 61 33 69 17

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de ce miniprojet est de réaliser l'asservissement de la vitesse d'un moteur synchrone sans balai autopiloté, par commande numérique depuis une carte de développement à base de système sur puce reprogrammable (« System on Programmable Chip » ou SoPC : FPGA+CPU softcore). Pour en traiter les différentes parties, les étudiants doivent mobiliser leurs connaissances en électronique, électronique de puissance, électrotechnique, automatique, informatique et informatique industrielle. Autrement dit, ce miniprojet leur permet de montrer à l'issue de leur dernière année de master qu'ils maîtrisent le large spectre de connaissances du domaine de l'EEA. Un rapport écrit ainsi qu'une présentation orale sont demandés en fin de miniprojet.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les différentes étapes du miniprojet abordent :

- La modélisation du moteur et la simulation de l'autopilotage et de la commande PWM sur PSIM ;
- La réalisation de la commande PWM et du capteur de vitesse par programmation VHDL sur une carte DE0-nano à base de FPGA Altera Cyclone IV, via l'environnement Quartus ;
- L'identification des paramètres du moteur par des relevés expérimentaux à partir d'une commande en boucle ouverte ;
- Le calcul d'une loi de commande analogique sous MATLAB/Octave, et sa numérisation sous forme d'équation récurrente ;
- La configuration du CPU NIOS II implémenté dans le FPGA, via l'environnement Qsys ;
- L'implémentation de la loi de commande numérisée par programmation en langage C (par interruptions) dans le CPU NIOS II du FPGA, via l'environnement Eclipse ;
- La validation expérimentale finale de l'asservissement de la vitesse du moteur.

— Compétences :

Implémenter des régulations sur calculateur numérique moderne.

Adapter facilement ces techniques à l'asservissement de n'importe quel autre système électrique.

Travailler en équipe et en mode projet.

### PRÉ-REQUIS

Commande des machines électriques, simulation électrique, bases de VHDL, calcul de régulations, programmation en C, interruptions.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

M. W. Naouar, É. Monmasson, I. Slama Belkhodja, et A. A. Naassani, « Introduction à la commande numérique des machines électriques », *Techniques de l'ingénieur D2900*, 2009.

### MOTS-CLÉS

BLDC, autopilotage, capteurs à effet hall, PWM, FPGA, softcore, interruptions, C, JTAG, VHDL.

<b>UE</b>	<b>MATÉRIAUX : MODÉLISATION, ÉLABORATION ET CARACTÉRISATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3IM</b>	Cours : 43h , TD : 12h , TP : 12h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DIAHAM Sombel

Email : [sombel.diaham@laplace.univ-tlse.fr](mailto:sombel.diaham@laplace.univ-tlse.fr)

Téléphone : 83.87

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les objectifs de cette UE sont :

- de connaître les propriétés des matériaux diélectriques et magnétiques et de maîtriser les connaissances théoriques pour comprendre les phénomènes physiques associés.
- de connaître les différents procédés d'élaboration des matériaux tels que les polymères, céramiques, polymères nano-composites, gels silicones, structures multicouches utilisés dans les domaines du génie électrique. Les propriétés de ces matériaux sont en étroite relation avec leur procédé de synthèse et/ou de mise en œuvre qui seront étudiés.
- de connaître et d'utiliser les techniques de mesure des propriétés des matériaux : spectroscopie diélectrique, courant de conduction et courant thermostimulés, mesure de charges d'espace, tension de claquage, décharges partielles, analyse thermique.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

I. Matériaux diélectriques

II. Matériaux magnétiques

III. Procédés d'élaboration des matériaux

IV. Techniques de caractérisations : électriques, thermiques et physico-chimiques

- Compétences :

Connaître les propriétés des matériaux diélectriques et magnétiques utilisés en Génie Electrique.

Connaître les différents procédés d'élaboration des isolants solides et l'impact sur leurs propriétés Savoir choisir un diagnostic adapté à la grandeur physique à mesurer.

Connaître les principales techniques de caractérisation d'un isolant solide.

### PRÉ-REQUIS

UE Composants passifs et matériaux du Master 1 EEA E2-CMD

UE Propriétés des matériaux du Master 1 EEA E2-CMD

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Techniques de l'Ingénieur : Polymères et composites pour l'électrotech, D2335 - Propriétés Diélectriques des Polymères, E1850 - Mesures électriques des matériaux diélectriques solides, R1115 - Ferrites doux pour l'élec. de puissance, N3260

### MOTS-CLÉS

Matériaux diélectriques et magnétiques, Procédés d'élaboration, Techniques de caractérisation.

<b>UE</b>	<b>OUVERTURE VERS LE MILIEU PROFESSIONNEL</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3KM</b>	Cours : 34h , TP : 6h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

LALANDE Séverine

Email : [severine.lalande@univ-tlse3.fr](mailto:severine.lalande@univ-tlse3.fr)

Téléphone : 05 61 55 64 14

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE a pour vocation principale de préparer l'étudiant à l'environnement de l'entreprise et du milieu industriel. Tout d'abord, une préparation à l'embauche (CV, lettre de motivation et entretiens) est proposée, avec des mises en situation.

Ensuite, un enseignement de sensibilisation au management et gestion des entreprises est dispensé, animé par des enseignants et des cadres de l'industrie ou des services

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

#### 1 - Préparation à l'embauche

- Bilan personnel
- Méthodologies de recherche de stages et d'emplois
- Étude et rédaction de CV et d'une lettre de motivation
- Préparation aux entretiens

#### 2 - Management et gestion des entreprises

- Structure et administration des entreprises : éléments de base de l'organisation et de la stratégie
- Gestion comptable et financière
- Gestion commerciale et marketing
- Gestion de projet
- Boîte à outils du manager : rôle, conduite de réunion, présentation orale, gestion du temps
- Business plan

#### Compétences :

Rédiger un CV et une lettre de motivation ; Préparer un entretien professionnel ; Appréhender les caractéristiques distinctives des principales formes juridiques ; Comprendre et identifier les stratégies de croissance des entreprises ; Interpréter des documents financiers dans leurs grandes masses ; Distinguer Chiffre d'affaires, Résultat et Trésorerie ; Déterminer un seuil de rentabilité ; Organiser une réunion ; Réaliser une présentation efficace ; Interpréter un business plan ; Appréhender les missions du marketing ; Distinguer marketing stratégique et opérationnel ; Considérer le cycle du vie du produit ; Caractériser un projet et ses acteurs ; Interpréter un PERT et un Gantt

### PRÉ-REQUIS

Aucun

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction générale à la gestion, F. Cocula (2014), Dunod, 128 pages

Introduction à la gestion, I. Calmé, J. Hamelin, JP. Lafontaine, S. Ducroux (2013), Dunod, 464 pages

### MOTS-CLÉS

Embauche, CV, Lettre de motivation, Entretien, Documents financiers, Seuil de rentabilité, Marketing, Business plan, Gestion de projet

<b>UE</b>	<b>ANGLAIS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAG3VM</b>	TD : 24h		

**ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE**

AVRIL Henri

Email : [h-avril@live.com](mailto:h-avril@live.com)

<b>UE</b>	<b>ETUDE DE SYSTÈMES 2 ( BE)</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4AM</b>	TP DE : 44h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

JAMMES Bruno  
 Email : [jammes@laas.fr](mailto:jammes@laas.fr)

Téléphone : 0561336991

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module a pour vocation principale d'assurer la transition entre le savoir académique et le monde professionnel au plan technique.

Pour appréhender les objets industriels, la formule retenue est celle de Bureaux d'Etude (BE) : à travers différents thèmes industriels, chaque groupe d'étudiants doit, à partir d'un cahier des charges et en semi autonomie, développer une approche originale et critique. Pour chaque thème, un rapport de synthèse, et éventuellement un exposé oral, sont demandés.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Modélisation (triphase ou diphasé) et étude, à l'aide du logiciel Matlab-Simulink, d'une machine synchrone à aimants permanents (MASAP) et de l'onduleur associé et de sa commande (hystérésis ou MLI).
- Récupération d'énergie à partir d'une pastille piézoélectrique fixée sur une poutre vibrante : modélisation sous PSIM d'un récupérateur simple puis d'une commande plus complexe (techniques SSHI).
- Système temps réel. Linux temps réel (RTAI). Modélisation par réseaux de Petri et programmation multitâches temps réel : mise en œuvre de modèles en langage C sur des maquettes "modèles réduits de systèmes discrets".
- Synthèse dans l'espace d'état discret et implémentation sur calculateur de la commande d'un procédé électromécanique.

— Compétences :

Appréhender un sujet complexe en vue de sa modélisation. Mettre en lien un outil de simulation avec des essais pratiques. Rédiger un rapport de synthèse. Travailler en groupe et en mode projet.

### PRÉ-REQUIS

[color=black]Modèle linéaire de la machine synchrone, transformation 123&#8702;dq. Systèmes asservis (espace d'état linéaire, commande par calculateur).[/color]

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Appl. des éléments piézoélectriques en électro. de puiss., Tech. de l'Ing. D3235  
 Electromécanique : Convertisseurs d'énergie et actionneurs, D. Grenier et al, Dunod  
 Computer-controlled systems : Theory and Design. K. Aström et al, Dover Pub.

### MOTS-CLÉS

[color=black]Machine synch. autopilotée, géné. piézoélec., commande dans l'espace d'état, syst. temps réel, réseaux de Petri, programmation multitâches.[/color]



<b>UE</b>	<b>SYSTÈMES ASSERVIS</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4BM</b>	Cours : 20h , TD : 6h , TP : 12h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MONTSENY Emmanuel  
 Email : [emontseny@laas.fr](mailto:emontseny@laas.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'importance accrue des problèmes de commande dans le Génie Électrique requiert de la part des ingénieurs d'en connaître les approches principales. L'objectif de ce module est d'asseoir certaines notions et techniques de la théorie des systèmes linéaires en insistant sur leur interprétation physique, mais aussi d'introduire de nouveaux concepts aussi bien dans le domaine fréquentiel que dans l'espace d'état (anti-windup, régulateur à deux degrés de liberté, reconstruteur d'état, retour de sortie). Une introduction à la commande par ordinateur sera également proposée.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Techniques dans le domaine fréquentiel :

Rappels sur les signaux et les systèmes linéaires invariants, modèles, transformations de Fourier et Laplace. Rappels et compléments sur la notion de réponse fréquentielle. Analyse des systèmes bouclés et synthèse de correcteurs PID, avance et retard de phase et interprétations fréquentielles. Anti-windup.

— Techniques d'espace d'état :

Synthèse d'observateurs et de commandes par retour de sortie (rebouclage sur l'état reconstruit).

Introduction à la commande par ordinateur : techniques d'espace d'état discret ; synthèse d'un régulateur à deux degrés de liberté dans l'espace d'état et par des approches polynomiales.

— Travaux Pratiques :

Analyse d'un amortisseur, conception d'une CBO (commande en boucle ouverte), commande d'une alim à découpage, commande d'un procédé électromécanique,...

— Compétences :

Étudier les caractéristiques fréquentielles des systèmes linéaires invariants / Choisir un correcteur PID satisfaisant à un cahier des charges / Concevoir une commande en boucle ouverte / Synthétiser un observateur et un retour de sortie dans l'espace d'état / Appréhender des commandes par ordinateur.

### PRÉ-REQUIS

Bases de l'automatique linéaire continue dans le domaine fréquentiel et dans l'espace d'état.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Automatique, S. Le Ballois, P. Codron, DUNOD.

Modélisation, Analyse et Commande des Systèmes Lin., B. Pradin, G. Garcia, Presses Univ. du Mirail.

Computer-controlled systems : Theory and Design, K. Åström, B. Wittenmark, Dover Publications.

### MOTS-CLÉS

Analyse fréquentielle, PID, avance/retard de phase, observation/commande dans l'espace d'état, éléments de commande par ordinateur.

UE	COMMANDE ÉLECTRIQUES	DES	ACTIONNEURS	3 ECTS	2 <sup>nd</sup> semestre
EIEAG4CM	Cours : 28h				

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FADEL Maurice

Email : [maurice.fadel@laplace.univ-tlse.fr](mailto:maurice.fadel@laplace.univ-tlse.fr)

Téléphone : 0534322405

PIETRZAK-DAVID Maria

Email : [maria.david@laplace.univ-tlse.fr](mailto:maria.david@laplace.univ-tlse.fr)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les différents systèmes embarqués (aéronautiques, spatiaux, maritimes, ferroviaires, routiers) ainsi que les applications industrielles et de la vie courante (domotique, robotique) font appel aux actionneurs électriques à courant alternatif alimentés par les onduleurs de tension à MLI. Les objectifs sont ici la conception et la réalisation de leurs commandes suivant leur type (Asynchrone, Synchrones, à Reluctance Variable, MADA, BLDC,...) et en fonction des cahiers des charges. A partir de leur modélisation entrée-sortie, les diverses lois de commandes (couple, vitesse et/ou position) seront étudiées et leur mise en œuvre présentée. Des estimateurs et observateurs du flux, de la vitesse, du couple de charge seront introduits pour suppléer ou même supprimer les capteurs physiques.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Introduction à la variation de vitesse des machines à courant alternatif et applications, modélisation et caractérisation des machines et à courant alternatif, transformations de Concordia et de Park.
- Actionneur asynchrone :
  - Commandes en régime permanent : Commandes scalaires indirectes et directes
  - Commandes linéaires et non linéaires avec un onduleur à MLI : contrôle vectoriel direct et indirect, Contrôle Direct du Couple, estimateurs et observateurs du flux. Commandes « sensorless », observateurs de la vitesse et du couple de charge.
  - Actionneur synchrone :
    - Représentation et modélisation
    - Machine à aimantation non sinusoïdale, ondulations de couple.
    - Commandes de base : contrôle scalaire et vectoriel, différentes structures en fonction du choix du repère.
    - Commandes avancées : Amélioration de la qualité du couple.
    - Commande sans capteur mécanique.
- Compétences :

Modéliser les actionneurs électriques à courant alternatif en vue de leur commande et analyser leurs performances statiques et dynamiques

Définir et implanter une loi de commande pour un actionneur Asynchrone ou Synchrones

Définir et réaliser un observateur de flux, de vitesse et de position pour les machines triphasées

## PRÉ-REQUIS

Lois générales de l'électrotechnique, fonctionnement des machines électriques triphasées, onduleurs de tensions triphasés et modulation MLI.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Electrical Actuators, Identification and Observation, Edition ISTE et Wiley&Sons

Commandes classiques et avancées des actionneurs synchrones, J.P. Louis, Hermes Science

Actionneurs Electriques, Grellet et Clerc, Eyrolles

## MOTS-CLÉS

Variation de vitesse, Contrôles Scalaire et Vectoriel, Contrôle Direct du Couple, Estimateurs et Observateurs d'état, Actionneurs Asynchrone et Synchrones

<b>UE</b>	<b>INFORMATIQUE DE COMMANDE</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4DM</b>	Cours : 20h , TD : 6h , TP : 12h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DEMMOU Hamid  
 Email : [hamid@laas.fr](mailto:hamid@laas.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les systèmes embarqués sont des entités autonomes à base de logiciel et de matériel accomplissant des tâches déterminées. Ils sont présents dans un très grand nombre de domaine d'utilisation. Dans le domaine de l'énergie, ils permettent la commande et la gestion des ressources énergétiques en respectant les exigences et les contraintes inhérentes aux systèmes embarqués et au domaine d'utilisation. L'objectif de ce module est de présenter les modèles de commande de systèmes à événements discret d'une part et la programmation d'application temps réel avec le support d'un système d'exploitation de type Linux-temps réel d'autre part.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- I -Les modèles à événements discrets : Modélisation par machine à états, les réseaux de Petri.
- II - Exécutifs et système d'exploitation temps réel : Mécanismes des systèmes multitâches, définition et spécificités des systèmes temps réel, fonctionnalités d'un exécutif temps réel, présentation du noyau temps réel RTAI sous Linux.
- III - Les ordonnancements temps réel : L'ordonnement dans les systèmes multitâches, algorithme temps réel
  - Travaux Pratiques :
    - Programmation sous RTAI
    - Générateur de signaux en utilisant RTAI
    - Commande PWM d'un moteur en utilisant RTAI
  - Compétences :
    - Modéliser et commander des systèmes à événements discrets sur différents supports matériels et avec différents outils : réseaux de Petri, machine à états finis.
    - Réaliser de l'ordonnement temps réel.

### PRÉ-REQUIS

Modélisation et commande de systèmes combinatoires et séquentiels. Programmation en C.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Embedded Systems Handbook. R. Zurawski and all., Editions CRC Press. 2005.  
 LE handbook, Henning S. Mortveit et Christian M. Reidys - An introduction to sequential dynamical systems, Springer, 2008.

### MOTS-CLÉS

Systèmes à événements discrets, Réseaux de Petri, Machine à états, ordonnancement temps-réel, système multitâches.

<b>UE</b>	<b>SYSTÈMES AUTONOMES ET ÉCO-CONCEPTION</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4EM</b>	Cours : 24h , TP : 12h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BOITIER Vincent  
 Email : [vboitier@laas.fr](mailto:vboitier@laas.fr)

Téléphone : 05 61 55 86 89 // 05 61 33 62 31

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les systèmes fixes ou mobiles doivent être de plus en plus autonomes en énergie, pour une gamme allant de quelques mW (interrupteur piloté à distance) à 10kW (installation domestique). Cela implique la récupération de l'énergie disponible, son stockage et une gestion optimisée (stratégies pour minimiser la consommation, hybridation des sources, ...). Pour aller aussi dans le sens d'un développement durable, la tendance est d'imaginer des appareillages en utilisant une démarche d'éco-conception qui permettra, en plus de minimiser la consommation d'énergie, de réduire les impacts sur l'environnement (épuisement des ressources naturelles, pollution de l'air, de l'eau et du sol), de la conception à la fin de vie de cet appareillage. Ces thématiques sont développées dans ce module.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Micro-sources, gestion de l'énergie et autonomie en petite puissance :

Dispositifs de récupération de l'énergie ambiante et stockage pour des systèmes basse consommation, circuits électroniques pour une gestion intelligente de l'énergie. Exemple d'un datalogger communicant autoalimenté.

— Stockage et hybridation en forte puissance :

Moyens de stockage (volants d'inertie, batteries, supercapacités, power to gaz ...), plan de Rague et application aux batteries et piles à combustible. Définition du système au moyen de l'outil fréquentiel et du potentiel d'hybridation. Application à une voiture hybride PAC-supercapacités.

— Eco-conception :

Démarche d'éco-conception dans le Génie Electrique : cahier de charges fonctionnel, analyse de cycle de vie, outils spécifiques, impact environnemental, analyse comparative, réglementation dans l'UE, ...TP sur logiciel professionnel.

— Compétences :

- Dimensionner la partie énergétique d'un syst. autonome.
- Déterminer les potentiels d'hybridation en puissance et en énergie d'un syst.embarqué.
- Définir la (les) source(s) adaptée(s) pour remplir une mission en fonction des indicateurs pertinents.
- Conduire une démarche d'éco-conception d'un matériel électrique.

## PRÉ-REQUIS

Bases d'électronique de puissance (convertisseur, protections) et d'électrotechnique. Connaissances de base en physique/chimie.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Energy Harvesting Power Supplies and Appli., Spies et al., Pan Stanford publishing  
 Conception systémique pour la conversion d'énergie élec. : Tome 1, Lavoisier  
 Impact environnemental des équipements du Génie Elec., D. Malec et al., Lavoisier

## MOTS-CLÉS

=10.0ptÉnergie, puissance, récupération, stockage, gestion, multisource, hybridation, batterie, pile à combustible, supercapacité, Eco-conception, cycle de vie

<b>UE</b>	<b>BÂTIMENT ÉCONOME ET INTELLIGENT</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4FM</b>	Cours : 30h , TP : 6h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ALONSO Corinne  
Email : [alonsoc@laas.fr](mailto:alonsoc@laas.fr)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'habitat du futur devra répondre à des challenges technologiques en termes d'autonomie et de réduction de consommation énergétique. Nous focalisons ce module sur :

- L'habitat qui fait partie intégrante des nouveaux réseaux (smart-grids) ; les définitions et réglementations permettent de comprendre les évolutions futures possibles.
- L'éclairage intérieur et extérieur qui vit des changements technologiques radicaux, il faut donc savoir le dimensionner selon les lieux et les applications.
- La réduction des consommations énergétiques qui passe par un habitat optimisé.

Ces enseignements visent à comprendre et mettre en œuvre les technologies utilisées dans la maison intelligente en vue d'assurer des fonctions de sécurité, de confort, de gestion d'énergie et de communication.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Smart-grids :

Après un rappel sur les réseaux d'énergie et leurs évolutions, une recherche bibliographique est effectuée par groupe sur un thème donné (bâtiment BC, stockage dans les réseaux, les micro-grids isolés, ...). La synthèse écrite est mutualisée et la soutenance orale s'effectue devant toute la promotion pour une diffusion des savoirs.

— Domotique :

Mise en œuvre de technologies de la maison intelligente pour assurer des fonctions de sécurité, de confort, de gestion d'énergie et de communication. A travers une application sous forme de projet, les équipements (capteurs, centrale de commande et actionneurs) et les réseaux (par courant porteur secteur ou par ondes Hertzienne) sont abordés.

— Eclairage :

Sont abordés les notions de photométrie et les méthodes de mesure associées, les composants du système d'éclairage, le système visuel, les ambiances. Eclairage, santé, et sécurité sont traitées par des exemples.

— BE :

Modélisation thermique du bâtiment.

— Compétences :

Mettre en œuvre des liaisons radio ZigBee

Dimensionner des systèmes d'éclairage en extérieur et en intérieur

Connaître les smart-grids

Choisir des sources de production selon les lieux

## PRÉ-REQUIS

=10.0ptModules énergie renouvelables du L3 et du M1 (ENR1 et ENR 2). Les enseignements EEA jusqu'au M1 en terme d'électronique, conversion de puissance.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Techniques de l'Ingénieur, série Bâtiment.

Eclairage d'intérieur et ambiances visuelles, JJ.Damelincourt et al., Lavoisier, 2010.

Réussir son installation domotique et multimédia, F-X. Jeuland, Eyrolles.

## MOTS-CLÉS

Domotique, économie d'énergie, objets connectés, réseaux intelligents, éclairage, smart-grids

<b>UE</b>	<b>MINIPROJET ISOLATION ET SYSTÈMES</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4HM</b>	Cours : 8h , TP : 22h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MALEC David

Email : [david.malec@laplace.univ-tlse.fr](mailto:david.malec@laplace.univ-tlse.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Après 8h de cours destinés à approfondir les connaissances déjà acquises dans le domaine des Matériaux isolants solides, cet enseignement doit permettre aux étudiants de conduire un 'Micro-projet' relatif aux systèmes d'isolation électrique (SIE) présents dans les matériels du Génie Electrique. L'étudiant devra identifier et caractériser les contraintes des matériaux isolants dans leur contexte d'utilisation et identifier leur influence sur leurs propriétés.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Identification des contraintes électriques, thermiques et mécaniques subies par les systèmes d'isolation électrique (étude bibliographique), tests normatifs et spécifiques (mesures en laboratoire) sur (au choix) :

- une machine tournante basse tension (gamme de machines j 700V)
- un module de commutation à transistors (gamme 600V - 6,5kV).

— Compétences :

Analyser et comprendre une situation à l'interface de plusieurs domaines scientifiques.

Identifier et caractériser les contraintes d'un matériau dans un dispositif complexe.

Mener un pré-dimensionnement d'un système d'isolation électrique.

Connaître les verrous technologiques liés aux systèmes d'isolation électriques modernes.

Travailler en groupe et en mode projet.

### PRÉ-REQUIS

Connaissances de base acquises dans le module du S9 : Matériaux : Modélisation, élaboration et caractérisation.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Techniques de l'ingénieur : Polymères et composites pour l'électrotechnique, D 2335 - Modules et boîtiers de puissance, D 3116 - Emaux isolants et fils émaillés, D 2330.

### MOTS-CLÉS

Système d'isolation électrique (SIE), Machine basse tension, Module de puissance à transistors.

<b>UE</b>	<b>CONCEPTION POUR L'INTÉGRATION DE PUISSANCE</b>	<b>5 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4IM</b>	Cours : 21h , TP : 24h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BLEY Vincent

Email : [vincent.bley@laplace.univ-tlse.fr](mailto:vincent.bley@laplace.univ-tlse.fr)

Téléphone : 05 61 55 89 38

COUSINEAU Marc

Email : [Marc.Cousineau@laplace.univ-tlse.fr](mailto:Marc.Cousineau@laplace.univ-tlse.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE s'inscrit dans le cadre du développement de convertisseurs statiques toujours plus compacts et performants.

- L'intégration des composants passifs est un premier volet. Le dimensionnement à partir d'un cahier des charge de l'ensemble des composants L,C,T et les modèles circuit permettant la prise en compte des éléments parasites sont développés.

- L'intégration de la commande rapprochée d'un transistor de puissance est un autre volet. La définition des propriétés du transistor "vu de sa grille" pour en déduire les performances (temps de commutations et résistance à l'état passant) en fonction des caractéristiques du circuit driver sont détaillées. L'influence de la «maille de commutation» incluant ses composants parasites est analysée et des solutions proposées.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Composants passifs :

Mise en œuvre des méthodes de calcul de valeurs des composants passifs et dimensionnement ; prise en compte des contraintes du cahier des charges et des caractéristiques des matériaux, calcul des performances de la solution retenue (pertes, volume, masse...).

— Commande rapprochée d'un transistor de puissance :

Comportement d'un transistor MOSFET ou IGBT en commutation. Environnement du circuit driver, bootstrap, pompe de charge, alimentations isolées, transmission de la commande isolée et immunité aux dv/dt, rectification synchrone et notion de temps mort, influence des composants parasites lors de la commutation. Implémentation physique du circuit driver et analyse des architectures oscillantes.

— Bureau d'Etude :

Mettre en évidence dans l'environnement Cadence-PSpice les diverses notions : formes d'onde liées aux commutations (à l'amorçage et au blocage), dimensionnement d'une pompe de charge, analyse d'un circuit driver oscillant.

— Compétences :

Modéliser, simuler et dimensionner des composants passifs.

Exploiter la datasheet d'un circuit driver, effectuer les choix de composants actifs.

Dessiner les pistes d'un PCB pour minimiser les perturbations liées aux commutations.

### PRÉ-REQUIS

Circuits électriques, électronique et convertisseurs statiques de niveau L3 EEA. Impédances et comportement temporel des composants passifs L,C,T.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alimentations à découpage Conv. à résonance, J.P. Ferrieux et al., Dunod

CEM en électro. de puissance, Tech. de l'Ing. D3290. Circuits de commande, Tech. de l'Ing, D3 233. Commande des semi-conducteurs de puissance, Tech. de l'Ing. D3 231

### MOTS-CLÉS

Dimensionnement d'inductance, de transformateur et de condensateur, Circuits driver, Commande de transistor en commutation, circuits bootstrap, simulation Spice



<b>UE</b>	<b>STAGE</b>	<b>15 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAG4JM</b>	Stage : 6 mois		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BIDAN Pierre

Email : [pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr](mailto:pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr)

BLEY Vincent

Email : [vincent.bley@laplace.univ-tlse.fr](mailto:vincent.bley@laplace.univ-tlse.fr)

Téléphone : 05 61 55 89 38

BOITIER Vincent

Email : [vboitier@laas.fr](mailto:vboitier@laas.fr)

Téléphone : 05 61 55 86 89 // 05 61 33 62 31

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Le but est préparer les étudiants à leur future insertion sur le marché de l'emploi. il s'agit donc de :

- leur permettre d'acquérir une expérience professionnelle valorisable sur leur CV ;
- les mettre en situation en leur confiant des missions scientifiques et techniques au sein d'une entreprise (grand groupe, PME, startup) ou d'un laboratoire, selon qu'ils se destinent à une carrière dans l'industrie ou dans la recherche ;
- d'effectuer un travail collaboratif au sein d'un collectif professionnel, dans le cadre d'une mission de cadre scientifique et/ou technique, avec restitution des tâches à travers un rapport écrit et une présentation orale.

Ce stage d'une durée de 4 à 6 mois peut être réalisé en France ou à l'étranger, entre début mars et fin août de l'année universitaire en cours.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les sujets de stages doivent correspondre aux thématiques du master E2-CMD, afin que l'expérience professionnelle acquise soit facilement valorisable pour les futures recherches d'emploi. Il est préférable (mais pas obligatoire) que le domaine d'application soit cohérent avec le bloc de spécialisation choisi :

#### ● **Compétences communes à tous les blocs de spécialisation :**

- Concevoir et réaliser des systèmes de conversion de l'énergie électrique ;
- Analyser, adapter et concevoir les réseaux électriques, terrestres ou embarqués ;
- Simuler et optimiser les systèmes de conversion grâce à des outils de CAO.

#### ● **Compétences plus spécifiques au bloc « EPAC » :**

- Synthétiser et réaliser les systèmes de commande des convertisseurs statiques et actionneurs électromécaniques.

#### ● **Compétences plus spécifiques au bloc « GD2E » :**

- Mettre en œuvre les énergies renouvelables dans la production d'énergie électrique, appliquer les méthodes d'éco-conception.

#### ● **Compétences plus spécifiques au bloc « IPM » :**

- Elaborer, caractériser et mettre en œuvre les matériaux du génie électrique ; mettre en œuvre les techniques d'intégration en Electronique de Puissance.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Chercher et trouver le bon stage !, L. Hermel et al., Afnor Editions

### MOTS-CLÉS

Expérience professionnelle, mise en situation.

# GLOSSAIRE

---

## TERMES GÉNÉRAUX

### DÉPARTEMENT

Les départements d'enseignement sont des structures d'animation pédagogique internes aux composantes (ou facultés) qui regroupent les enseignants intervenant dans une ou plusieurs mentions

### UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Unité d'Enseignement. Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoire, optionnelle (choix à faire) ou facultative (UE en plus). Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel est associé des ECTS.

### ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS sont destinés à constituer l'unité de mesure commune des formations universitaires de Licence et de Master dans l'espace européen depuis sa création en 1989. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement). Le nombre d'ECTS est fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

## TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

### DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart de nos formations relèvent du domaine Sciences, Technologies, Santé.

### MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Elle comprend, en général, plusieurs parcours.

### PARCOURS

Le parcours constitue une spécialisation particulière d'un champ disciplinaire choisie par l'étudiant au cours de son cursus.

## TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

### CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphis. Au-delà de l'importance du nombre d'étudiants, ce qui caractérise le cours magistral, est qu'il est le fait d'un enseignant qui en définit lui-même les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations entre l'enseignant, l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte la marque de l'enseignant qui le dispense.

## TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiants selon les composantes), animés par des enseignants. Ils illustrent les cours magistraux et permettent d'approfondir les éléments apportés par ces derniers.

## TP : TRAVAUX PRATIQUES

Méthode d'enseignement permettant de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les CM et les TD. Généralement, cette mise en pratique se réalise au travers d'expérimentations. En règle générale, les groupes de TP sont constitués des 16 à 20 étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés voire pas du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à 1 enseignant pour quatre étudiants).

## PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

Le projet est une mise en pratique en autonomie ou en semi-autonomie des connaissances acquises. Il permet de vérifier l'acquisition des compétences.

## TERRAIN

Le terrain est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises en dehors de l'université.

## STAGE

Le stage est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises dans une entreprise ou un laboratoire de recherche. Il fait l'objet d'une législation très précise impliquant, en particulier, la nécessité d'une convention pour chaque stagiaire entre la structure d'accueil et l'université.

