



**UFR PCA**  
**PHYSIQUE - CHIMIE - AUTOMATIQUE**  
 UNIVERSITÉ PAUL SABATIER - TOULOUSE III  
 BAT 3R1 - 118 ROUTE DE NARBONNE  
 31062 TOULOUSE CEDEX 4

**UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE  
 PHYSIQUE - CHIMIE - AUTOMATIQUE**

*118 Route de Narbonne 31062 TOULOUSE CEDEX 04*



**DEPARTEMENT E.E.A.**

**CHEF DU DEPARTEMENT E.E.A.**

*Jean-Claude PASCAL Professeur*  
 Site Internet : <http://www.eea.ups-tlse.fr/>

**Secrétariat de la formation**

*Franck CHAZALETTE : Tél. 05 61 55 82 74*  
 E-mail : [apca07@adm.ups-tlse.fr](mailto:apca07@adm.ups-tlse.fr)

**MASTER 1 STS - EEA :**

*Electronique, Electrotechnique, Automatique*

*PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS PARCOURS DE LA PREMIÈRE ANNÉE DU  
 MASTER STS - EEA ..... 5*

*PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS EMMOM ELECTRONIQUE, MICRO-  
 ÉLECTRONIQUE, MICRO-SYSTÈMES, OPTRONIQUE, MICRO-ONDES..... 9*

*PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS SYGELEC SYSTEMES DU GÉNIE  
 ÉLECTRIQUE ..... 13*

*PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS AITR AUTOMATIQUE ET  
 INFORMATIQUE TEMPS RÉEL..... 15*

*PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS IS2I INFORMATION, SIGNAL, IMAGE ET  
 INSTRUMENTATION..... 19*

*PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES UNITÉS D'ENSEIGNEMENT DE LA PREMIÈRE  
 ANNÉE DU MASTER STS EEEA ..... 23*

**ANNÉE 2010 – 2011**

## **DOMAINE STS (Sciences, Technologie et Santé)**

### **Master MENTION EEA**

*Electronique, Electrotechnique, Automatique*

*Coordinateur : J.-L. Calvet*

Créée en 1967, la formation EEA dans les Universités a une vocation à la fois fondamentale et tournée vers les "Sciences pour l'Ingénieur"

#### **Objectifs généraux de la mention EEA**

Une formation fondamentale et appliquée, de nombreux débouchés :

- ☞ dans l'Industrie : Master Professionnel ou M2P (Bac +5)
- ☞ dans la Recherche : Master Recherche ou M2R (Bac +5) et Doctorat (Bac +8)
- ☞ dans l'Enseignement : Capes/Capet/Agrégation

Le master « EEA » est l'une des quatre mentions du domaine « Sciences, Technologie et Santé » (STS). Il regroupe quatre types de parcours correspondant aux composantes Electronique, Electrotechnique, Automatique et Traitement du Signal d'une filière EEA. Il traduit aussi, par le biais de l'insertion d'un cinquième parcours International (ouverture en septembre 2007), la volonté d'accueillir des étudiants étrangers.

Au-delà du tronc commun d'Informatique Industrielle, ces parcours de Master1 ont également en commun une Unité nouvelle d'Enseignement intitulée : Initiation à la recherche et à la gestion de projets. La définition de parcours-type individualisés permettant un choix à la carte de certaines Unités d'Enseignement mises en commun, est proposée.

De manière générale, ces regroupements permettent une relative harmonisation des différentes formations M1, M2P et M2R dans un même environnement. Ceci est particulièrement vrai de la formation M1 structurée en Parcours interconnectés par le jeu des Unités d'Enseignements (UE) communes et optionnelles. Ceci se traduit par un même volume horaire de 580h et la présentation d'UE de taille identique (48h) pour les M1, une structuration sensiblement identique pour l'ensemble des M2 Recherche.

En fin de M1, l'étudiant pourra opter vers une orientation professionnelle permettant une intégration directe dans le monde industriel ou vers une orientation recherche permettant un accès soit vers le milieu de l'enseignement supérieur, de la recherche ou de l'industrie.

## Liste des diplômes du cursus EEA

### ◆ Diplômes intermédiaires délivrés :

- Maîtrise : STS – EEA - Electronique, Electrotechnique, Automatique.
- Quatre Parcours sont offerts :
  - Parcours EMMOM : Electronique, Microélectronique, Microsystèmes, Optronique et Micro-ondes
  - Parcours SYGELEC : SYstèmes du Génie ELECTrique
  - Parcours AITR : Automatique et Informatique Temps Réel
  - Parcours IS2I : Information, Signal, Image et Instrumentation

### ◆ Diplômes de fin du cursus :

*Pour plus de détails, voir sur <http://www.ups-tlse.fr/>, rubrique "La formation" ([http://www.ups-tlse.fr/74569837/0/fiche\\_pagelibre/&RH=1237305346255](http://www.ups-tlse.fr/74569837/0/fiche_pagelibre/&RH=1237305346255)) et sur le site du département EEA [http://www.eea.ups-tlse.fr/Form/Fr\\_Form.htm](http://www.eea.ups-tlse.fr/Form/Fr_Form.htm).*

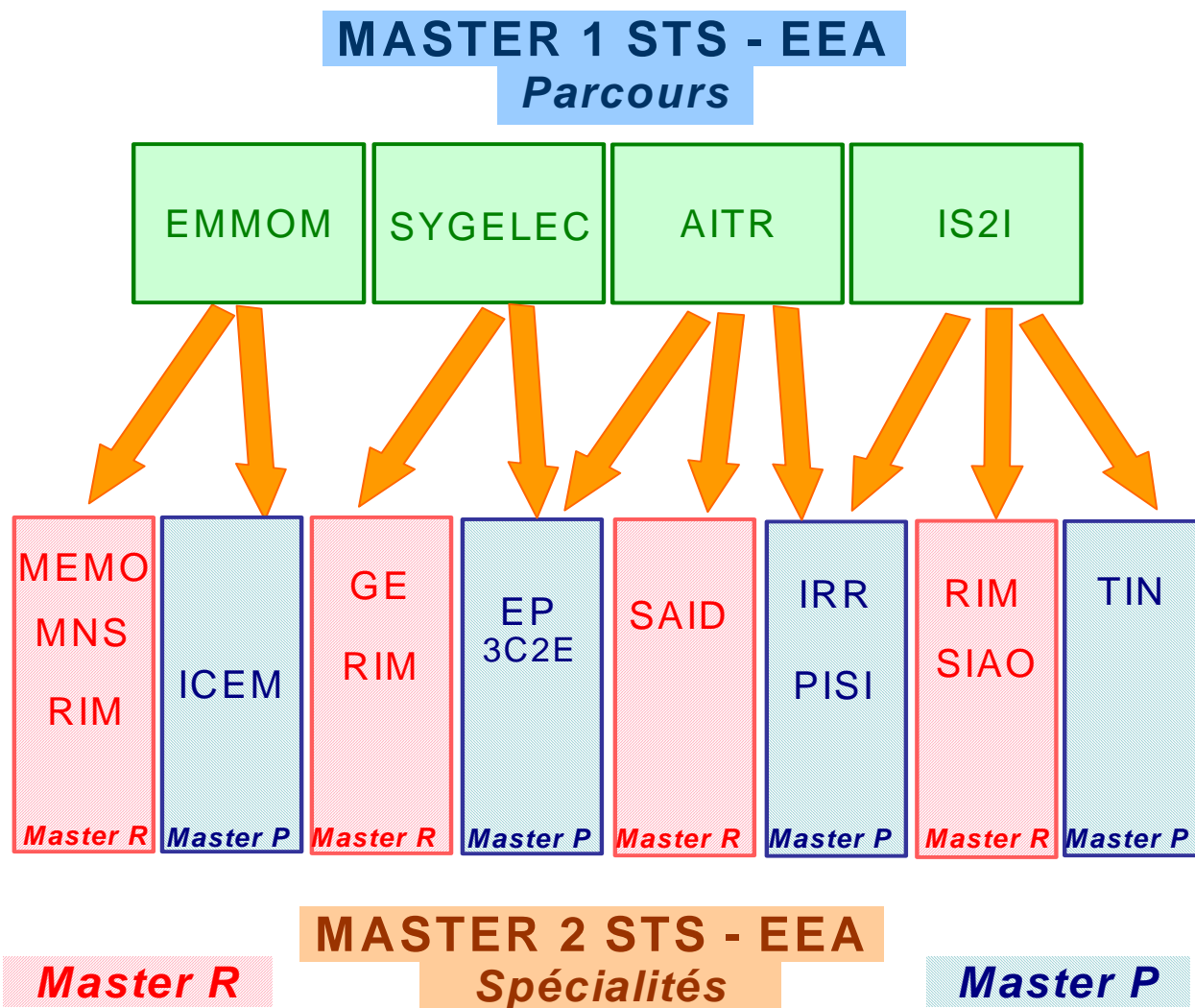
#### • Master Professionnel : M2P STS - EEA

- Spécialité ICEM : Intégration des Circuits Electroniques et Microélectroniques
- Spécialité EP-3C2E : Electronique de Puissance (Conception et Commande des Convertisseurs d'Energie Electrique)
- Spécialité IRR : Intelligence artificielle, Reconnaissance des formes et Robotique
- Spécialité PISI : Productique - Ingénierie des Systèmes et Informatisation
- Spécialité TIN : Télédétection - Imagerie Numérique

#### • Master Recherche : M2R STS - EEA

- Spécialité MNS : Micro et Nano Systèmes
- Spécialité MEMO : Micro-ondes, ElectroMagnétisme et Optoélectronique
- Spécialité GE: Génie Electrique
- Spécialité SAID : Systèmes Automatiques, Informatiques et Décisionnels
- Spécialité SIAO : Signal, Image, Acoustique, Optimisation
- Spécialité RIM : Radiophysique et Imagerie Médicales

## Organisation des différents parcours de la mention EEA



## Aide à propos des liens dans ce document au format PDF :

Les logos, figures et texte en bleu sont autant de liens hypertexte : il suffit de cliquer dessus pour obtenir les renvois vers les adresses web ou l'emplacement cible particulier dans le document.

→ [Présentation des Parcours du MI EEA](#)

→ [Parcours EMMOM](#)

→ [Parcours SYGELEC](#)

→ [Parcours AITR](#)

→ [Parcours IS2I](#)

→ [Liste des UE](#)

## PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS PARCOURS DE LA PREMIÈRE ANNÉE DU MASTER STS - EEA

La durée de la formation est d'un an et est sanctionnée par l'obtention de crédits ECTS de Master (30 crédits maximum par semestre) ainsi que par l'obtention du diplôme de Maîtrise EEA. Le Master1 STS EEA comporte cette année quatre thèmes-parcours interconnectés. Chacun de ces parcours est constitué de 12 Unités d'Enseignement de volume horaire global identique (48h), auxquelles s'ajoute une Unité de langues (anglais) de 24h. L'année est semestrialisée. Chaque parcours offre un choix significatif d'Unités d'Enseignement optionnelles proposées à l'intérieur ou à l'extérieur de la mention après avis du Responsable de formation.

◆ **Parcours EMMOM** : *Electronique, Microélectronique, Micro-systèmes, Optronique, Micro-ondes (p. 9)*

Responsable : Jacques GRAFFEUIL  
Tél.: 05 61 33 62 00  
Fax : 05 61 33 69 69  
E-mail: [graffeui@laas.fr](mailto:graffeui@laas.fr)

◆ **Parcours SYGELEC** : *SYstèmes du Génie ÉLECtrique (p. 13)*

Responsable : Pierre BIDAN  
Tél.: 05 61 55 67 97  
Fax. :05 61 55 64 52  
E-mail: [pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr](mailto:pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr)

◆ **Parcours AITR** : *Automatique et Informatique Temps Réel (p. 15)*

Responsable : Jean-Louis CALVET  
Tél.: 05 61 33 62 00  
Fax : 05 61 33 69 69  
E-mail: [calvet@laas.fr](mailto:calvet@laas.fr)

◆ **Parcours IS2I** : *Information, Signal, Image et Instrumentation (p. 19)*

Responsable : Yannick DEVILLE  
Tél : 05 61 33 28 24  
Fax : 05 61 33 28 40  
E-mail : [ydeville@ast.obs-mip.fr](mailto:ydeville@ast.obs-mip.fr)

## Conditions d'admission

---

- ◆ De plein droit : L'Université Paul Sabatier publie tous les ans la liste des licences donnant une admission de plein droit en Master 1 EEA. Globalement, les étudiants titulaires d'une Licence mention EEA, parcours EEA Fondamentale ou Ingénierie Electrique. Pour le parcours IS2I, l'accès est également de plein droit pour les titulaires d'une licence mention Physique Fondamentale, Physique et Applications ou Sciences Physiques et Chimiques. Tous les renseignements sont sur le site de l'Université (<http://www.ups-tlse.fr/>), en particulier à [http://www.ups-tlse.fr/11162340/0/fiche\\_pagelibre/&RH=rub02](http://www.ups-tlse.fr/11162340/0/fiche_pagelibre/&RH=rub02).
- ◆ Sur dossier, les candidats titulaires d'un titre reconnu équivalent ou jugé comme tel. Ces candidats doivent satisfaire avant le 1<sup>er</sup> mai aux formalités indiquées sur le site WEB de l'Université (<http://www.ups-tlse.fr/>) et il leur est vivement conseillé d'adresser une copie électronique de leur dossier au responsable du parcours M1 postulé.

## Contrôle des connaissances

---

◆ Les modalités générales sont celles en vigueur dans l'Université concernant notamment les règles de compensation. Ces modalités sont mises à jour en début d'année universitaire. Consulter pour cela le secrétariat pédagogique en début d'année universitaire (Maria RICARDO : Tél. : 05 61 55 82 74 ; E-mail : [apca07@adm.ups-tlse.fr](mailto:apca07@adm.ups-tlse.fr)) et le site du département EEA <http://www.eea.ups-tlse.fr/>, rubrique "Actualités"). On rappelle simplement ci-dessous quelques règles de base :

- Une **UE** est définitivement acquise dès lors que la moyenne, pondérée par les coefficients des matières, est supérieure ou égale à 10/20.
- Chaque **semestre** est validé par un jury de semestre dès lors que toutes les UE le constituant ont été validées individuellement. Il peut également être obtenu par compensation entre les UE de ce semestre.
- Chaque **parcours** est délivré par le jury de parcours. Un parcours est obtenu dès lors que tous les semestres le constituant ont été validés.

→ *Il découle qu'un parcours du Master 1 STS EEA est obtenu lorsque les 2 semestres le constituant sont validés. Une moyenne générale sur année  $\geq 10/20$  ne garantit donc pas l'obtention du Master 1, si l'un des semestres a une moyenne générale  $< 10$ . Ce cas de figure reste à l'appréciation du Jury de parcours.*

- **Au sein d'un semestre**, la compensation entre UE est **automatique** dès lors que :
  - La moyenne générale des notes obtenues pour les diverses UE, pondérées par leurs coefficients, est supérieure ou égale à 10/20.
  - Aucune de ces notes n'est inférieure à **6/20**.
- Dans le cas contraire, la décision de compensation est **laissée à l'appréciation du jury de semestre**.

→ *Il découle qu'une moyenne générale d'une UE  $< 6$  compromet la validation du semestre correspondant, même si la moyenne générale de ce dernier est  $\geq 10/20$ . Ce cas de figure reste à l'appréciation du Jury de semestre.*

**◆ Organisation de deux sessions :**

Deux sessions de contrôle des connaissances sont organisées par an, l'une en juin et l'autre en septembre.

**◆ Epreuves écrites et pratiques :**

La note obtenue à chaque unité pour la première session est le résultat d'un examen écrit final et d'un contrôle continu en travaux pratiques (sauf pour les UE "Initiation à la Recherche et la la Gestion de Projet" et l'UE d'Anglais). Le détail des modalités de contrôle des connaissances pour chaque UE, mis à jour en début d'année universitaire, est consultable auprès des secrétariats pédagogiques. Pour la seconde session, les pondérations Ecrit-TP peuvent être différentes. La note de TP peut être reportée si cette dernière est supérieure à un seuil défini au niveau de chaque UE. les UE "Initiation à la Recherche et la la Gestion de Projet" possèdent des modalités particulières, de part la présence d'un mini projet avec rapport écrit et soutenance. L'UE d'Anglais est jugée sur la base d'un examen oral et d'un examen écrit.

**◆ Remarque sur la capitalisation**

Les unités d'enseignement sont définitivement acquises et capitalisables lorsque l'étudiant a obtenu la moyenne. Le jury de l'unité peut également accorder le bénéfice de l'unité d'enseignement à des étudiants dont la moyenne est inférieure à 10/20, sans qu'il y ait modification de la note moyenne.





**Première année du Master STS EEA** → [Retour présentation générale](#) ←

## PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS EMMOM

**Electronique, Micro-électronique, Micro-systèmes, Optronique, Micro-ondes**

### Responsable

Jacques GRAFFEUIL Tél.: 05 61 33 62 00 Fax : 05 61 33 69 69 E-mail: [graffeui@laas.fr](mailto:graffeui@laas.fr)

### Objectifs du parcours

L'électronique est aujourd'hui l'un des acteurs essentiels de l'économie mondiale en liaison avec toutes les technologies innovantes et notamment celles des télécommunications. Elle est donc de plus en plus présente dans le monde contemporain sous des formes très diverses. Cette discipline qui allie les sciences physiques, celles de l'analyse et de la synthèse des composants, circuits et systèmes ainsi que le génie logiciel pour la conception et l'utilisation de fonctions complexes s'avère être très vaste et offre une grande variété de métiers tant dans l'industrie lourde (Freescale, STMicroelectronics, Thales, ThalesAlenia Space, Continental, Astrium, Alcatel, Philips, Siemens..) que dans de très nombreuses PME en même temps que dans l'enseignement et la recherche.

Le parcours en électronique EMMOM de la première année du master EEA comporte un premier semestre de tronc commun suivi d'un second semestre proposant un tiers de tronc commun et un choix entre deux options (non panachables) pour les deux tiers restants.

Le tronc commun a pour objectif la formation générale indispensable à tout électronicien dans les domaines de l'informatique industrielle, du traitement du signal, de l'électronique analogique et numérique ainsi que des composants semi-conducteurs.

Les options du second semestre, intitulées "*Electronique des systèmes*" et "*Electronique des télécommunications*", permettent aux étudiants de privilégier les secteurs qui les attirent le plus tout en conservant un choix identique de continuations d'études.

La première option, intitulée "*Electronique des systèmes*", s'adresse à ceux qui veulent acquérir une formation plus poussée dans le domaine de la conception de systèmes numériques et dans les techniques microélectroniques de conception et de fabrication de circuits intégrés.

La seconde option, intitulée "*Electronique des télécommunications*", s'adresse à ceux qui veulent se former davantage dans les domaines des applications des composants et circuits pour les systèmes de télécommunications fonctionnant à des fréquences plus élevées.

Il doit aussi être noté que l'ouverture prévue en septembre 2008 d'un parcours master international (MINACOM) sur des thématiques voisines de celles de EMMOM, permettra aux étudiants qui le souhaitent de suivre certaines unités dispensées en anglais ce qui leur apportera un complément appréciable de formation.

### Débouchés professionnels

La formation EMMOM qui allie la science des matériaux à celles de l'analyse et de la synthèse des composants, circuits et systèmes ainsi qu'à celle du génie logiciel pour la conception et l'utilisation optimale de fonctions complexes, notamment du domaine des sciences de l'information et télécommunications, s'avère être très vaste et offre une grande variété de métiers tant dans l'industrie lourde (notamment Freescale, ThalesAlenia Space, ON, Continental, Alstom, Astrium, Thales en Midi-Pyrénées...) que dans de très nombreuses PME en même temps que dans l'enseignement et la recherche.

### Informations sur la poursuite d'études

Une possibilité de poursuite d'étude est offerte à chaque étudiant qui a fait preuve de ses aptitudes. Les débouchés naturels au sein de l'établissement sont le Master professionnel **ICEM** (*Intégration de circuits Electroniques et Microélectroniques*), l'un des quatre Masters Recherche conduisant plus particulièrement à l'École Doctorale **GEET** en Génie Electrique, Electronique et Télécommunications (en particulier **MEMO** : *Micro-ondes Electro-Magnétisme, Opto-électronique* ou **MNS** : *Micro et Nano Systèmes* (<http://www.laas.fr/GEET/>), la préparation au concours de l'Agrégation (Génie Électrique et

Physique Appliquée) et aux CAPES/CAPET en collaboration avec l'IUFM de Toulouse. L'entrée sur titres en Master seconde année d'autres établissements ou en écoles d'Ingénieurs est aussi possible.

## Organisation des enseignements – Parcours EMMOM

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)

### SEMESTRE 1

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<a href="#">2M7E11M</a> Obligatoire	47	Outils pour la conception de systèmes en informatique industrielle	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7E12M</a> Optionnel	48	Microcontrôleurs pour les systèmes complexes	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EO3M</a> Obligatoire	25	Electronique des fonctions	20 h	14 h	14 h	5
<a href="#">2M7EO4M</a> Obligatoire	26	Electronique des dispositifs	20 h	14 h	14 h	5
<a href="#">2M7EO5M</a> Obligatoire	27	Signaux et Télécommunications	20 h	14 h	14 h	5
<a href="#">2M7EO2M</a> Obligatoire	28	Electronique et CAO des CI numériques	14 h	18 h	16 h	5
<a href="#">2M7EO6M</a> Optionnel	29	Traitement numérique du signal	20 h	14 h	14 h	5

### SEMESTRE 2

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<a href="#">2M8EO1M</a> Obligatoire	30	Physique et modèles des composants semi-conducteurs	20 h	16 h	12 h	5
<a href="#">2M82EOM</a> Obligatoire	31	Systèmes numériques pour les télécommunications	12 h	0 h	36 h	5
<a href="#">2M8EO3M</a> Optionnel 1	32	Systèmes numériques	16 h	16 h	16 h	5
<a href="#">2M8EO4M</a> Optionnel	33	Outils et langages de conceptions évolués appliqués aux systèmes numériques	16 h	16 h	16 h	5
<a href="#">2M8EO5M</a> Optionnel 1	34	Optoélectronique, compatibilité électromagnétique, microtechnologies	28 h	14 h	6 h	5
<a href="#">2M86EOM</a> Optionnel 1	35	Initiation à la recherche et à la gestion de projet en électronique des systèmes	0 h	6 h	42 h	2
<a href="#">2M8EO7M</a> Optionnel 2	36	Antennes et propagation	20 h	20 h	8 h	5
<a href="#">2M8EO8M</a> Optionnel 2	37	Dispositifs HF pour télécommunications	18 h	10 h	20 h	5
<a href="#">2M89EOM</a> Optionnel 2	38	Initiation à la recherche et à la gestion de projet en électronique des télécommunications, optoélectronique et CAO	8 h	20 h	20 h	2
<a href="#">2M8ELVM</a> Obligatoire	70	Anglais	0 h	24 h	0 h	3

## **Règles de choix des UE et validation du parcours**

---

- Au semestre 1, il faut choisir une UE entre 2M7EI2M *Microcontrôleurs* et 2M7EO6M *Traitement numérique du signal (conseillée)* ou une unité quelconque du domaine STS après accord du responsable d'EMMOM. Cependant, la compatibilité de l'emploi du temps n'est garantie que si le choix se porte sur 2M7EI2M ou 2M7EO6M.
- Au semestre 2, il faut effectuer un choix de quatre unités dont trois constituent obligatoirement l'un des triplets des unités notées optionnell1 (correspond à l'option ES : Electronique des Systèmes) ou optionnel 2 (correspond à l'option ET : Electronique des Télécommunications). La quatrième peut être l'une quelconque du domaine STS, après accord du responsable d'EMMOM, mais la compatibilité de l'emploi du temps n'est garantie que s'il s'agit de 2M8EO4M *Outils et langages de conceptions évolués appliqués aux systèmes numériques* pour l'option ES ou de 2M8EO5M *Optoélectronique, compatibilité électromagnétique, microtechnologies* conseillée pour l'option ET.

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)



**Première année du Master STS EEA** → [Retour présentation générale](#) ←

## PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS SYGELEC

### SYstèmes du Génie ÉLECtrique

#### Responsable

---

Pierre BIDAN Tél.: 05 61 55 67 97 Fax. :05 61 55 64 52 E-mail: [pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr](mailto:pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr)

#### Objectifs du parcours

---

Le Génie Électrique (c'est à dire le domaine du traitement et du conditionnement de l'énergie électrique) correspond à un secteur d'activité où la France occupe une place appréciable, tant par ses compétences que par son activité industrielle et commerciale. La production d'énergie (en particulier à partir de sources renouvelables), les systèmes électriques embarqués (avionique, automobile), la multiplication des convertisseurs statiques et des actionneurs électromécaniques dans de nombreuses applications constituent les développements actuels.

Ce domaine évolue à travers un accroissement de la pluridisciplinarité, passant par une meilleure maîtrise des matériaux, par une ouverture à des secteurs demandant une approche plus physique, les applications plasma par exemple, par une importance accrue des problèmes d'automatisation et de commande et en définitive par une place plus grande accordée au "système".

Ainsi, outre les disciplines traditionnelles de l'Électrotechnique et de l'Électronique de Puissance, ce Master 1 traite des systèmes de commande, des matériaux pour le Génie Électrique, des applications des décharges électriques et propose des options d'Informatique Industrielle, d'Instrumentation et d'Électronique.

#### Débouchés professionnels

---

Toute activité professionnelle dans le domaine de la production et du traitement de l'énergie électrique, de la conception et de la gestion des systèmes électriques, embarqués ou non. En particulier le tissu industriel régional, articulé autour de l'aéronautique et de l'électronique des transports, constitue une réserve importante d'emplois dans ce domaine (EADS Airbus, ALSTOM Transport, Technofan, Astrium, Latécoère, Continental Automotive, Actia, EDF, RTE, CNES, ON Semiconductor ...).

#### Informations sur la poursuite d'études

---

Une possibilité de poursuite d'étude est offerte à chaque étudiant qui a fait preuve de ses aptitudes. Les débouchés naturels au sein de l'établissement sont le Master Professionnel Électronique de Puissance **3C2E** (*Conception et Commande des Convertisseurs d'Énergie Électrique*), l'un des Masters Recherche de l'École Doctorale **GEET** en Génie Électrique, Électronique et Télécommunications (voir <http://www.laas.fr/GEET/>), en particulier le Master Recherche **GE** (Génie Électrique) avec ses 3 parcours (*Matériaux pour l'Électrotechnique – Ingénierie des Plasmas et des Décharges – Systèmes Électriques*). Ce parcours est aussi bien adapté à la préparation au concours de l'Agrégation (Génie Électrique et Physique Appliquée) et aux CAPES/CAPET. L'entrée sur titres en Master 2° année d'autres établissements ou en Écoles d'Ingénieurs (ENSEEIH, INSA, SUPELEC, ENSIEEG) est aussi possible.

## Organisation des enseignements – Parcours SYGÉLEC

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)

### SEMESTRE 1

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<a href="#">2M7EE1M</a> Obligatoire	39	Convertisseurs statiques	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EE2M</a> Obligatoire	40	Actionneurs électromagnétiques 1	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI2M</a> Obligatoire	48	Microcontrôleurs pour les systèmes complexes	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI3M</a> Obligatoire	49	Systèmes de Commande Continus	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7ES3M</a> Optionnel	61	Introduction à l'Instrumentation	12 h	6 h	30 h	5
<a href="#">2M7E03M</a> Optionnel	25	Electronique Analogique des Fonctions	20 h	14 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI1M</a> Optionnel	47	Outils pour la conception de Systèmes en Informatique Industrielle	18 h	16 h	14 h	5

### SEMESTRE 2

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<a href="#">2M8EE1M</a> Obligatoire	41	Actionneurs électromagnétiques 2	16 h	18 h	14 h	5
<a href="#">2M8EE2M</a> Obligatoire	42	Commande des Convertisseurs et Machines	16 h	18 h	14 h	5
<a href="#">2M8EE3M</a> Obligatoire	43	Matériaux et Systèmes	20 h	18 h	10 h	5
<a href="#">2M8EE4M</a> Obligatoire	44	Plasmas, Décharges et applications	20 h	18 h	10 h	5
<a href="#">2M8EE5M</a> Obligatoire	45	Composants et Modules de Puissance – Protection des biens et des personnes	20 h	18 h	10 h	5
<a href="#">2M86EEM</a> Obligatoire	46	Initiation à la recherche et à la gestion de projet	18 h	0 h	30 h	2
<a href="#">2M8VEAM</a> Obligatoire	70	Anglais	0 h	24 h	0 h	3

### Règles de choix des UE et validation du parcours

- Au semestre 1, un choix de 2 UE parmi 3 appartenant à d'autres spécialités du Master 1 STS EEA est proposé : 2M7ES3M (Spécialité IS2I), 2M7E03M (Spécialité EMMOM), 2M7EI1M (Spécialité AITR).
- Pour obtenir son Master STS première année Mention EEA parcours SYGELEC, tout étudiant devra valider 6 unités par semestre (+ anglais) prises parmi des unités obligatoires et des unités optionnelles, soit au total 12 unités (+ anglais). Le total correspond à 60 ECTS, 30 ECTS par semestre.

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)

**Première année du Master STS EEA** → [Retour présentation générale](#) ←

## PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS AITR

### Automatique et Informatique Temps Réel

#### Responsable

---

Jean-Louis CALVET Tél.: 05 61 33 62 00 Fax : 05 61 33 69 69 E-mail: [calvet@laas.fr](mailto:calvet@laas.fr)

#### Objectifs du parcours

---

L'objectif fondamental est de communiquer à l'étudiant les méthodes et les outils modernes de l'Automatique, du Génie informatique, du Traitement du Signal et de le préparer à aborder des domaines d'application très variés allant de la simple régulation, de température par exemple, à la supervision d'un grand système, une unité de production par exemple. Cette formation garde une interaction essentielle avec l'ensemble des disciplines de l'EEA, caractérisée notamment par l'intégration de l'aspect Systèmes [EEA] qui fournit un domaine d'application et de recherche particulièrement fertile. Historiquement associée au Génie Electrique, avec lequel elle conserve de nombreux liens, la filière Automatique a cependant évolué vers les Sciences de l'Information dans la conception et la mise en œuvre, mais aussi la modélisation et l'analyse des systèmes de commande.

*L'Automatique revêt un caractère multidisciplinaire certain et recouvre des matières très différentes allant des mathématiques appliquées à l'automatisation qui caractérise la mise en oeuvre de la théorie en s'appuyant sur l'instrumentation et de plus en plus sur l'informatique. L'Informatique Industrielle établit des concepts, spécifie des modèles, élabore des méthodes, développe des outils en vue de la conception matérielle et logicielle de systèmes informatisés de commande.*

Source : Club EEA des enseignants d'Electrotechnique, d'Electrotechnique, d'Automatique

#### Débouchés professionnels

---

Ils concernent les domaines de haute technologie. Les secteurs d'application sont nombreux et extrêmement diversifiés. On citera : l'automobile, la construction électrique, l'avionique, le spatial, le génie des procédés, la robotique, les réseaux, les systèmes d'observation et de surveillance, les activités de service ...

*En 1995, 23,4 milliards de francs ont été consacrés à l'informatisation (matériels, logiciels, réseaux) pour 5,4 milliards de francs (23%), en acquisitions de machines à commande numérique ou de robots pour 10 milliards de francs (44%) et en systèmes numériques de contrôle commande permettant d'automatiser les équipements de production pour 7,6 milliards de francs (33%). Le secteur automobile a le plus investi dans l'automatisation avec 4,3 milliards de francs. Viennent ensuite les industries des composants électriques et électroniques avec 3,3 milliards de francs. C'est le secteur des composants électriques et électroniques qui est le plus intensif en investissement d'automatisation et d'informatisation, avec 51% de son investissement global, devant les industries des équipements mécaniques, la construction navale, aéronautique et ferroviaire et les industries des équipements du foyer. Plus de 1,2 million de personnes (soit 42% des salariés des entreprises de plus de 20 personnes de l'industrie française) sont concernées par les technologies de la productique dans leur travail.*

Source : SESSI-Enquête Automatisation et Informatisation Industrielles, juillet 1997, Secrétariat à l'Industrie – Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.



## Informations sur la poursuite d'études

---

A l'issue de cette formation, un large éventail de possibilités de continuation d'études est offert notamment au sein de l'Université Paul Sabatier dans le cadre de Masters Professionnels débouchant sur une activité professionnelle, de Masters de Recherche et Doctorat conduisant à la recherche et à l'enseignement supérieur, enfin de préparations aux concours de l'Enseignement du second degré (CAPES et Agrégations).

Lorsque le choix est porté a priori sur une carrière d'enseignant ou de chercheur, on citera la spécialité M2R : Systèmes Automatiques, Informatiques et Décisionnels de notre établissement, appartenant l'Ecole Doctorale Systèmes (voir <http://www.laas.fr/EDSYS/>).

Dans une optique à 5 ans, lorsque le choix porte plus directement sur une carrière industrielle, on conseillera une poursuite vers un Master Professionnel ou une admission sur titres dans une Ecole d'Ingénieur. Les spécialités M2P locales particulièrement impliquées sont : le M2P Productique, le M2P Intelligence Artificielle, Reconnaissance des Formes et Robotique. Les Ecoles toulousaines plus directement visées sont l'ENSEEIH, l'INSAT, l'ENAC, l'ENSAE, ... au niveau national : SUPELEC, ENSIEEG, Ecoles Centrales, l'ENST, l'INT, ...

## Organisation des enseignements – Parcours AITR

---

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)

### SEMESTRE 1

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<b>6 U.E. obligatoires</b>						
<a href="#">2M7EI1M</a> Obligatoire	47	Outils pour la Conception de systèmes en Informatique Industrielle	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI2M</a> Obligatoire	48	Microcontrôleurs pour les systèmes complexes	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI3M</a> Obligatoire	49	Systèmes de Commande Continus	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI4M</a> Obligatoire	50	Systèmes de Commande à Evénements Discrets	18 h	14 h	16 h	5
<a href="#">2M7EI5M</a> Obligatoire	51	Identification et Filtrage	20 h	14 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI6M</a> Obligatoire	52	Modèles et Outils pour le Parallélisme	18 h	14 h	16 h	5

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)

**SEMESTRE 2**

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<b>3 U.E. obligatoires</b>						
<a href="#">2M8EI1M</a> Obligatoire	53	Systèmes de Commande Numérique	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M82EIM</a> Obligatoire	54	Initiation à la recherche et à la gestion de projet	8 h	8 h	32 h	2
<a href="#">2M8VEAM</a> Obligatoire	70	Anglais	0 h	24 h	0 h	3
<b>U.E. optionnelles proposées dans le Parcours-type AITR (2 au moins , 4 au plus)</b>						
<a href="#">2M8EI3M</a> Optionnelle	55	Conception Avancée de Systèmes de Commande	20 h	14 h	14 h	5
<a href="#">2M8EI4M</a> Optionnelle	56	Systèmes Multitâche Temps Réel	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M8EI5M</a> Optionnelle	57	Conception Orientée Objet de Systèmes Multitâche Temps Réel	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M8EI6M</a> Optionnelle	58	Réseaux Locaux pour les Systèmes Distribués Temps Réel	18 h	16 h	14 h	5
<b>U.E. optionnelles conseillées dans autres Parcours-type (2 au plus, en fonction du choix précédent)</b>						
<a href="#">2M8ES4M</a> Optionnelle	66	Analyse Spectrale des Signaux	18 h	12h	18h	5
<a href="#">2M8ES7M</a> Optionnelle	69	Filtrage Numérique et Mise en œuvre sur DSP	14 h	16 h	18 h	5
<a href="#">2M8EE2M</a> Optionnelle	42	Commande des Convertisseurs et Machines	16 h	18 h	14 h	5
<b>Autre U. E. Validée par le Responsable de l'Equipe de Formation</b>						

### Règles de choix des UE et validation du parcours

- Les 6 UE du Semestre 1 sont obligatoires. Les possibilités de choix interviennent au Semestre 2, où 3 UE seulement sont obligatoires, tandis que les 3 autres peuvent être choisies soit dans le Parcours AITR, soit de manière panachée dans les Parcours AITR, SYGELEC ou IS2I, selon les règles décrites dans le tableau précédent.
- Pour obtenir le Master STS première année Mention EEA parcours AITR, tout étudiant devra valider 6 unités par semestre (+ anglais) prises parmi des unités obligatoires et des unités optionnelles, soit au total 12 unités (+ anglais). Le total correspond à 60 ECTS, 30 ECTS par semestre.

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)



**Première année du Master STS EEA** → [Retour présentation générale](#) ←

## PRESENTATION GENERALE DU PARCOURS IS2I

### Information, Signal, Image et Instrumentation

#### Responsable

---

Yannick DEVILLE Tél : 05 61 33 28 24 Fax : 05 61 33 28 40 E-mail : [yannick.deville@ast.obs-mip.fr](mailto:yannick.deville@ast.obs-mip.fr)

#### Objectifs du parcours

---

Le potentiel de développement extraordinaire des techniques de l'information et de la communication nécessite de plus en plus des enseignements orientés vers le traitement de l'information.

Le nombre de travaux en vue du traitement et l'exploitation de l'information va croissant. En guise d'exemple, dans notre quotidien, l'information et donc le signal qui la véhicule sont omniprésents. A notre domicile avec la téléphonie, la HI-FI, la vidéo ou la télévision, mais aussi tout au long de notre vie professionnelle avec des mesures en laboratoire ou encore des prises de vue à partir de l'espace.

Les enseignements de la formation « Information Signal Image et Instrumentation » ne sont pas restreints aux notions théoriques mais s'ouvrent largement sur les aspects physique, système et instrumentation. A l'issue de cette formation, l'étudiant maîtrisera les outils et les bases nécessaires pour mener à bien un projet dans le domaine des sciences et technologies de l'information et de la communication.

Afin d'offrir de nombreux débouchés en deuxième année de Master, cette première année est caractérisée par un spectre de compétences visées très large. L'objectif de la formation est, d'une part, de donner aux étudiants une maîtrise des outils et techniques de l'acquisition, du traitement et de l'analyse de l'information, que ce soit sous la forme de signaux ou d'images ; d'autre part, de les sensibiliser à leur utilisation pratique dans un grand nombre d'applications.

A l'issue de cette année, les étudiants auront les connaissances théoriques et pratiques nécessaires à une vision globale du traitement de l'information, allant de l'acquisition à l'utilisation, en sachant analyser et s'adapter à un problème et maîtriser les difficultés inhérentes à la programmation en langage évolué et à la simulation.

#### Débouchés professionnels

---

L'objectif de la formation est de permettre aux étudiants soit de s'insérer en tant qu'ingénieurs dans l'industrie après un Master 2ème année professionnalisé, soit de poursuivre en doctorat après un master 2ème année recherche. S'agissant du traitement de l'information, au sens large, l'éventail des débouchés est extrêmement large, Les domaines d'application vont des communications numériques (ADSL, UMTS, GPS, ... ) aux sciences spatiales (Astronomie, Observation de la Terre, ...) en passant par les interfaces Homme/Machine (reconnaissance de la parole, des visages...). Mais on peut citer encore : l'Acoustique, les Signaux Biomédicaux, etc...

#### Informations sur la poursuite d'études

---

Les débouchés naturels sont les masters deuxième année, tant recherche que professionnel, mais aussi les écoles d'Ingénieurs à dominante Télécommunications ou Électronique et Traitement du Signal.

[Aide](#)

Il apparaît clairement que, hormis éventuellement dans le cadre de la recherche, les méthodes de traitement de l'information exposées seront couplées avec un domaine d'application. Ainsi beaucoup de formations à BAC+5 sur ce thème sont pluridisciplinaires.

L'énumération de toutes les formations envisageables n'est pas possible et seules les principales formations Toulousaines sont indiquées (voir <http://www.ups-tlse.fr>) :

- M2 Professionnel STS Mention Informatique, Spécialité :**  
*Concepteur des Architectures des Machines et des Systèmes Informatiques*
- M2 Professionnel STS Mention EEA, Spécialité :**  
*Intelligence artificielle, reconnaissance des formes et robotique*
- M2 Professionnel STS Mention Mathématiques et Applications, Spécialité :**  
*Modèles Mathématiques et Méthodes Informatiques*
- M2 Professionnel STS Mention EEA, Spécialité :**  
*Téledétection et Imagerie numérique*
- M2 Professionnel STS Mention Physique et Astrophysique, Spécialité :**  
*Techniques Spatiales et Instrumentation*
- M2 Recherche STS Mention EEA, Spécialité :**  
*Radiophysique et Imagerie Médicale*
- M2 Recherche STS Mention EEA, Spécialité :**  
*Signal, Image, Acoustique, Optimisation*
- M2 Recherche STS Mention Informatique, Spécialité :**  
*Informatique et Télécommunication*
- Écoles d'ingénieurs (ENST, ENST-Bretagne, ENSEEIHT, INT...)

## Organisation des enseignements – Parcours IS2I

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)

### SEMESTRE 1

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<a href="#">2M7ES1M</a> Obligatoire	59	Outils pour les signaux et systèmes	18 h	18 h	12 h	5
<a href="#">2M7ES2M</a> Obligatoire	60	Exploitation statistique des données	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7ES3M</a> Obligatoire	61	Introduction à l'instrumentation	12 h	6 h	30 h	5
<a href="#">2M7ES4M</a> Obligatoire	62	Formation des images	24 h	6 h	18 h	5
<a href="#">2M7EI2M</a> Obligatoire	48	Microcontrôleurs pour les systèmes complexes	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI1M</a> Optionnel	47	Outils pour la conception de systèmes en informatique industrielle	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EI3M</a> Optionnel	49	Systèmes de commande continus	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M7EO3M</a> Optionnel	25	Électronique analogique des fonctions	20 h	14 h	14 h	5

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)

## SEMESTRE 2

CODE UE	PAGE	INTITULÉ	CM	TD	TP	ECTS
<a href="#">2M8ES1M</a> Obligatoire	63	Modélisation et estimation pour les signaux et systèmes	18 h	16 h	14 h	5
<a href="#">2M8ES2M</a> Obligatoire	64	Théorie de l'information et communications	18 h	14 h	16 h	5
<a href="#">2M83ESM</a> Obligatoire	65	Initiation à la recherche et à la gestion de projets	15 h	15 h	18 h	2
<a href="#">2M8VEAM</a> Obligatoire	70	Anglais		24 h		3
<a href="#">2M8ES4M</a> optionnel	66	Analyse spectrale des signaux	18 h	12 h	18 h	5
<a href="#">2M8ES5M</a> optionnel	67	Instrumentation et capteurs	12 h	6 h	30 h	5
<a href="#">2M8ES6M</a> optionnel	68	Traitement et analyse des images	22 h	8 h	18 h	5
<a href="#">2M8ES7M</a> Optionnel	69	Filtrage numérique et mise en oeuvre sur DSP	14 h	16 h	18 h	5
<a href="#">2M8EI1M</a> Optionnel	53	Systèmes de commande numérique	18 h	16 h	14 h	5

### **Règles de choix des UE et validation du parcours**

Pour valider sa première année de Master, l'étudiant devra obtenir les Unités d'enseignement selon les règles ci-dessous :

• **Premier semestre (6 unités d'enseignement) :**

- 5 unités d'enseignement obligatoires : 2M7ES1M, 2M7ES2M, 2M7ES3M, 2M7ES4M, 2M7EI2M.
- Une unité optionnelle :
  - soit parmi : [2M7EI1M](#) (parcours AITR), [2M7EI3M](#) (parcours AITR) ou [2M7EO3M](#) (parcours EMMOM) sans consulter obligatoirement l'équipe pédagogique.
  - soit au choix dans d'autres parcours avec l'accord de l'équipe pédagogique.

• **Deuxième semestre (7 unités d'enseignement au minimum) :**

- 4 unités d'enseignement obligatoires : 2M8ES1M, 2M8ES2M, 2M8ES3M et 2M8ES8M.
- Trois unités optionnelles, dont deux au moins parmi : 2M8ES4M, 2M8ES5M, 2M8ES6M, 2M8ES7M (parcours IS2I) ; [2M8EI1M](#) (parcours AITR) sans consulter obligatoirement l'équipe pédagogique.
- éventuellement, des unités d'autres parcours avec l'accord de l'équipe pédagogique.

Avertissement : Les emplois du temps sont aménagés pour garantir la compatibilité des horaires entre les différentes unités d'enseignement listées dans les tableaux ci-dessus. Le choix d'une unité d'enseignement différente peut entraîner des incompatibilités.

[→ Retour présentation générale Master 1 STS-EEA ←](#)



**Présentation des différentes Unités d'Enseignement de la première année du  
MASTER STS EEA**

<i>2M7E03M : Electronique analogique des fonctions .....</i>	<i>25</i>
<i>2M7E04M : Electronique des dispositifs .....</i>	<i>26</i>
<i>2M7E05M : Signaux et Télécommunications .....</i>	<i>27</i>
<i>2M7E02M : Electronique et CAO des circuits intégrés numériques.....</i>	<i>28</i>
<i>2M7E06M : Traitement numérique du signal .....</i>	<i>29</i>
<i>2M8E01M : Physique et modèles des composants à semiconducteurs.....</i>	<i>30</i>
<i>2M82E0M : Systèmes numériques pour les télécommunications.....</i>	<i>31</i>
<i>2M8E03M : Systèmes numériques .....</i>	<i>32</i>
<i>2M8E04M : Outils et langages de conception évolués appliqués aux systèmes numériques..</i>	<i>33</i>
<i>2M8E05M : Optoélectronique, Compatibilité électromagnétique, Microtechnologies.....</i>	<i>34</i>
<i>2M86E0M : Initiation à la recherche et à la gestion de projet en électronique des systèmes.</i>	<i>35</i>
<i>2M8E07M : Antennes et propagation .....</i>	<i>36</i>
<i>2M8E08M : Dispositifs Hautes Fréquences pour télécommunications .....</i>	<i>37</i>
<i>2M89E0M : Initiation à la recherche et à la gestion de projet en électronique des télécommunications, optoélectronique et CAO d'un système de télécommunications .....</i>	<i>38</i>
<i>2M7EE1M : Convertisseurs Statiques .....</i>	<i>39</i>
<i>2M7EE2M : Actionneurs Electromagnétiques 1.....</i>	<i>40</i>
<i>2M8EE1M : Actionneurs Electromagnétiques 2.....</i>	<i>41</i>
<i>2M8EE2M : Commande des Convertisseurs et Machines.....</i>	<i>42</i>
<i>2M8EE3M : Matériaux et Systèmes.....</i>	<i>43</i>
<i>2M8EE4M : Plasmas, Décharges et applications.....</i>	<i>44</i>
<i>2M8EE5M : Composants et Modules de Puissance – Protection des biens et des personnes..</i>	<i>45</i>
<i>2M86EEM : Initiation à la recherche et à la gestion de projet .....</i>	<i>46</i>
<i>2M7EI1M : Outils pour la conception de systèmes en informatique industrielle.....</i>	<i>47</i>
<i>2M7EI2M : Microcontrôleurs pour les systèmes complexes .....</i>	<i>48</i>
<i>2M7EI3M : Systèmes de commande continus .....</i>	<i>49</i>
<i>2M7EI4M : Systèmes de commande à événements discrets.....</i>	<i>50</i>
<i>2M7EI5M : Identification et filtrage .....</i>	<i>51</i>
<i>2M7EI6M : Modèles et Outils pour le parallélisme .....</i>	<i>52</i>
<i>2M8EI1M : Systèmes de Commande Numérique.....</i>	<i>53</i>
<i>2M82EIM : Initiation à la Recherche et à la Gestion de Projets.....</i>	<i>54</i>
<i>2M8EI3M : Conception Avancée de Systèmes de Commande.....</i>	<i>55</i>
<i>2M8EI4M : Systèmes Multitâches Temps Réel .....</i>	<i>56</i>
<i>2M8EI5M : Conception Orientée Objet de Systèmes Multitâches Temps Réel .....</i>	<i>57</i>
<i>2M8EI6M : Réseaux Locaux pour les Systèmes Temps Réel Distribués .....</i>	<i>58</i>
<i>2M7ES1M : Outils pour les signaux et systèmes.....</i>	<i>59</i>
<i>2M7ES2M : Exploitation statistique des données .....</i>	<i>60</i>
<i>2M7ES3M : Introduction à l'instrumentation.....</i>	<i>61</i>
<i>2M7ES4M : Formation des images.....</i>	<i>62</i>
<i>2M8ES1M : Modélisation et estimation pour les signaux et systèmes .....</i>	<i>63</i>
<i>2M8ES2M : Théorie de l'information et communications .....</i>	<i>64</i>
<i>2M83ESM : Initiation à la recherche et à la gestion de projets .....</i>	<i>65</i>
<i>2M8ES4M : Analyse spectrale des signaux.....</i>	<i>66</i>
<i>2M8ES5M : Instrumentation et capteurs .....</i>	<i>67</i>
<i>2M8ES6M : Traitement et analyse des images.....</i>	<i>68</i>
<i>2M8ES7M : Filtrage numérique et mise en oeuvre sur DSP .....</i>	<i>69</i>
<i>2M8VEAM : Langue vivante (ANGLAIS).....</i>	<i>70</i>





## 2M7EO3M : Electronique analogique des fonctions

**Responsable** : Guy ABLART

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'unité d'électronique des fonctions a pour objectif l'étude des principes de réalisation et l'analyse des caractéristiques des circuits analogiques dédiés à des fonctions non-linéaires.

Quatre thèmes sont abordés. Le premier d'entre eux concerne les amplificateurs fonctionnels et l'approximation par segments d'une fonction. Le second traite principalement de la conversion analogique-numérique. Les fonctions à seuil et les multivibrateurs constituent la base du troisième et le quatrième est consacré à l'étude de la boucle à verrouillage de phase.

A l'issue de cette unité, l'étudiant doit maîtriser la méthodologie d'étude des circuits assurant des fonctions non-linéaires destinées notamment à la génération de signaux, à la synthèse de fréquence, à la modulation et à la transmission de données.

Cette unité est complémentaire de l'unité [2M7EO4M](#) qui traite de l'électronique des dispositifs.

### **CONTENU**

#### **I- Electronique des fonctions (20 h C et 14 h TD)**

Montages redresseurs, détecteurs de valeur de crête, échantillonneur-bloqueur

Amplificateurs fonctionnels (log et antilog), synthèse par segments

Convertisseurs (CNA et CAN)

Fonctions à seuil : comparateurs analogiques, bascules de Schmitt

Circuits bistables, monostables et astables

Boucles à verrouillage de phase : principe et équations de fonctionnement, organes constitutifs, plages d'acquisition et de poursuite, exemples d'utilisation

Circuits analogiques échantillonnés

#### **II- Travaux pratiques (14 h)**

Générateurs de signaux à temporisateur (fonctions de base et application au balayage déclenché d'un oscilloscope)

Multivibrateur à amplificateur opérationnel (modélisation au premier ordre)

Boucle à verrouillage de phase (caractérisation, stabilité)

## 2M7EO4M : Electronique des dispositifs

**Responsable** : Sylvain GERONIMI

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Face à une technologie en perpétuelle évolution, ce cours a pour but de décrire les principes de base invariants des circuits analogiques utilisés dans les systèmes électroniques.

On s'intéressera, tout d'abord, aux propriétés fondamentales des montages amplificateurs de base, établies à partir de modèles plus ou moins raffinés de composants actifs (transistors bipolaires, JFET, MOST) au sein de différents régimes de fonctionnement. On passera alors progressivement de l'étude de ces circuits de base vers la description de circuits plus complexes tel qu'un amplificateur réalisé sous forme intégrée. Cette démarche permet une approche graduelle de l'utilisation des circuits intégrés pour une compréhension de leur fonctionnement interne, de leurs limites et de leurs imperfections. Enfin, quelques circuits spécifiques seront étudiés tels que filtres, oscillateurs ou régulateurs de tension.

Cette unité est complémentaire de l'unité [2M7EO3M](#) qui traite de l'électronique des fonctions.

### **CONTENU**

- I- Electronique des dispositifs (20 h C et 14 h TD)**
  - Modèles linéaires et non linéaires de composants
  - Introduction à la fonction amplification (caractérisation, réponse en fréquence)
  - Etages à plusieurs transistors
  - Schémas adaptés à l'intégration : étude de schémas types d'amplificateurs intégrés
  - Théorie de la contre-réaction : application à la réalisation de fonctions linéaires
  - Synthèse de filtres actifs et passifs
  - Oscillateurs
  - Régulateurs de tension
  - Etages de puissance (classes A, B, AB, C)
  
- II- Travaux pratiques (14 h)**
  - Amplificateur classe A à contre-réaction (série et parallèle).
  - Synthèse de filtres
  - Oscillateur sinusoïdal (oscillateur à pont de Wien)

<b>2M7EO5M : Signaux et Télécommunications</b>
--

**Responsable** : Yannick DEVILLE

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

## **OBJECTIFS**

La première partie de cette unité est consacrée à la présentation des outils de traitement du signal utilisés dans le contexte des communications. Pour les signaux déterministes, on rappelle ainsi l'essentiel de la transformation de Fourier et on détaille les notions de densités spectrales d'énergie ou de puissance. Pour les signaux aléatoires, on présente en particulier la définition de ces signaux, leurs propriétés statistiques et leur filtrage.

Ces notions sont ensuite appliquées à l'étude des sources de bruit dans les systèmes physiques (bruit thermique, bruit de grenaille, paramètres de bruit des quadripôles ...). Enfin, on présente les principaux types de modulations analogiques (amplitude, phase, fréquence) et numériques (OOK, FSK, PSK, QPSK, MDP16).

## **CONTENU**

### **I- Enseignements théoriques (20 h C, 14 h TD)**

- *Classification des signaux et systèmes*
- *Signaux déterministes à temps continu* :
  - Rappels : transformations de Fourier et Laplace, filtrage
  - Propriétés spectrales
- *Signaux aléatoires* :
  - Rappels : probabilités, variables aléatoires
  - Propriétés statistiques des signaux aléatoires, stationnarité, ergodicité
  - Systèmes déterministes à entrées aléatoires, capacité de canal, filtrage optimal
- *Bruit dans les dispositifs électroniques* :
  - Origines physiques du bruit de fond, modèles des circuits passifs
  - Bruits des quadripôles actifs
  - Facteur de bruit
- *Transmission des signaux* :
  - Modulations/démodulations d'amplitude, BLU
  - Modulations/démodulations angulaires (phase, fréquence)
  - Modulations/démodulations numériques (OOK, FSK, PSK, QPSK, MDP16)
  - Théorème de Shannon, calcul de la capacité théorique d'un canal

### **II- Travaux pratiques (14 h TP en 3 séances)**

- *Filtres à capacités commutées*
- *Bruit dans les circuits électroniques*
- *Démodulation FSK*

**2M7EO2M : Electronique et CAO des circuits intégrés numériques**
**Responsable** : Nicolas NOLHIER

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)
**OBJECTIFS**

Cette unité détaille les bases nécessaires à la conception des éléments des circuits intégrés numériques. Elle se place à la frontière entre l'électronique analogique et numérique. L'approche n'est pas fonctionnelle, les fonctions logiques auront été abordées par ailleurs, mais électrique. Ce cours se concentre sur l'architecture des portes élémentaires décrites au niveau du transistor, les paramètres électriques de ces portes spécifiques aux technologies, et les outils permettant leurs conceptions. Un accent particulier est mis sur les paramètres qui limitent l'intégration de ces composants et leur fréquence d'utilisation. Deux outils de conception sont utilisés à travers des travaux dirigés sur machine et des travaux pratiques. Le premier, basé sur des simulations de circuits électriques, met en évidence les effets de l'architecture, des paramètres physiques et du dimensionnement des transistors sur les performances des circuits intégrés. Le second se focalise plus sur la géométrie et les interconnexions de ces structures à travers la description du circuit au niveau des masques.

Le contenu de cette unité s'adresse aussi bien aux personnes qui feront de l'intégration de différents circuits numériques, qu'aux concepteurs de nouveaux circuits intégrés. C'est une base solide pour l'étudiant qui oriente sa formation vers l'électronique numérique et qui est en cohérence directe avec les unités [2M8EO3M](#) et [2M8EO4M](#) du second semestre. Elle permettra aussi aux étudiants qui préfèrent une option électronique des télécommunications de leur apporter les connaissances sur les familles de circuits numériques qui font partie maintenant intégrante de la plupart des systèmes de communications qui seront abordés dans l'unité [2M82EOM](#) du second semestre.

**CONTENU**

- I- Electronique des circuits numériques (8h cours, 8 hTD)**
  - Paramètres électriques et temporels d'une logique numérique
  - Le transistor bipolaire en commutation
  - Les circuits numériques bipolaires (TTL, ECL)
  - Les circuits numériques MOS (nMOS, CMOS)
  - Une famille mixte : Le BiCMOS
  
- II- Conception et simulation des portes numériques (6h cours, 10h TD)**
  - Conception de portes logiques CMOS au niveau « layout »
  - Règles de dessin
  - Impact des interconnexions
  - Simulation mixte analogique/numérique de portes numériques
  
- III- Travaux pratiques (16h)**
  - Simulation de circuits à base de portes
  - Application à la simulation d'une PLL logique (10MHz)
  - Conception de circuits CMOS
  - Caractérisations électriques (TTL/CMOS)

## 2M7EO6M : Traitement numérique du signal

Responsable : Yannick DEVILLE

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Dans cette unité, on introduit tout d'abord les notions de signaux et systèmes à temps discret, ainsi que la numérisation (échantillonnage et quantification) des signaux analogiques.

On présente ensuite les transformations associées aux signaux à temps discret (transformation de Fourier, transformation en  $z$ , transformation de Fourier discrète). Les méthodes de synthèse de filtres numériques (et à capacités commutées) sont ensuite décrites. Le dernier volet de l'unité concerne la mise en oeuvre de ces différents aspects du traitement numérique du signal sur des processeurs spécialisés (DSP).

### **CONTENU**

#### **I - Enseignements théoriques (20 h C, 14 h TD)**

##### **Numérisation :**

- Echantillonnage
- Quantification

##### **Signaux déterministes à temps discret :**

- Représentation temporelle
- Transformations : de Fourier, de Fourier discrète, en  $z$
- Structures et conception des filtres numériques récurrents et non récurrents
- Filtres à capacités commutées

##### **Processeurs de traitement numérique du signal (DSP) :**

- Principales distinctions entre les DSP et les microprocesseurs classiques.
- Critères de sélection de DSP. Principales applications.
- Présentation du processeur ADSP-21065L: architecture, modes d'adressage, assembleur.
- Mise en oeuvre des filtres RIF et RII sur ADSP-21065L.

#### **III -Travaux pratiques (14 h)**

- Synthèse de filtres sous Matlab
- Introduction aux DSP (mise en oeuvre d'un écho numérique)
- Mise en oeuvre des filtres RIF sur DSP

## 2M8EO1M : Physique et modèles des composants à semiconducteurs

**Responsable** : Alain CAZARRE

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Savoir faire le lien entre la structure des composants actifs et leurs caractéristiques électriques en vue de la CAO des circuits et fonctions.

### **CONTENU**

20h C, 16h TD, 12h TP

#### **I - Etude des semiconducteurs**

*Rappels de physique des semiconducteurs.* Semiconducteur intrinsèque et semiconducteur extrinsèque: notion de dopage. Formalisme de la statistique de Maxwell Boltzmann. Equation de neutralité électrique.

*Principales caractéristiques des semiconducteurs :* Conductivité et résistivité. Mobilité des porteurs libres. Influence des fortes températures. Taux de génération recombinaisons, durée de vie, courant de diffusion.

#### **II - La jonction PN**

*Jonction PN non polarisée :* structure de bande, zone de charge d'espace, champ électrique à la jonction - influence des dopages.

*Jonction PN sous polarisation directe:* caractéristique courant tension, influence des recombinaisons, charge stockée, relation avec la technologie, résistance série. Limitations en densités de courant et en température.

*Jonction sous polarisation inverse :* calcul du champ électrique maximum – tension de claquage.

*Jonction PN en régime dynamique :* effets capacitifs, dynamique des charges, admittance

*Schéma équivalent, fréquence de coupure.*

#### **III - Le transistor bipolaire**

*Structure,* modèle d'Ebers et Moll.

*Régime statique :* calcul du gain statique en fonction des niveaux de polarisation, influence des paramètres technologiques.

*Régime fréquentiel :* Schéma équivalent émetteur commun, conductances et transconductances, gain dynamique, -Facteur de mérite. Approche HF et gain en puissance.

*Evolutions vers d'autres semiconducteurs, le SiGe.*

#### **IV - Composants à effet de champ**

*Le transistor à effet de champ sur GaAs :* structure, caractéristiques statiques et dynamiques influence des paramètres physiques sur les performances.

*Le transistor à effet de champ à grille isolée( MOST)*

*Structure MOS,* tension de seuil. Caractéristiques statiques : Régimes ohmique et saturé. Caractéristiques dynamiques : effets capacitifs, schéma équivalent HF, facteur de mérite.

*Evolution des technologie MOS et problématiques.*

#### **V - Travaux pratiques (12 heures)**

*Caractérisation électrique et modélisation de composants à semi-conducteurs :*

- caractérisations électriques de semi-conducteurs pour la microélectronique
- caractérisations électriques et modèle physique d'une diode PN silicium
- caractérisation d'un transistor bipolaire silicium en vue de la modélisation sous PSPICE
- caractérisations électriques de structures NMOS.

## 2M82EOM : Systèmes numériques pour les télécommunications

**Responsable** : Christophe VIALON

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Les systèmes de transmission de l'information mettent en œuvre des circuits numériques de plus en plus complexes, souvent commandés par un système numérique à base de microcontrôleurs dialoguant au travers de bus spécifiques. L'objectif de ce module est d'aborder l'étude, sous forme de système, d'un ensemble de transmission HF, piloté par un système numérique. Les aspects de transmission sous forme de liaisons multicanaux y seront aussi présentés. L'accent sera mis sur l'approche et l'étude expérimentale d'un système réel simplifié

### **CONTENU**

**12h cours** : *présentation d'un système numérique* à base de microcontrôleur pour des applications de contrôle et commande numérique d'un système de télécommunications (architecture du microcontrôleur, lignes d'entrées-sorties, bus de communication). Des exemples seront présentés notamment le contrôle numérique d'une PLL analogique qui sera ensuite réalisé en travaux pratiques.

**3 séances de 4h de TP** : *mise en œuvre de l'environnement de développement des systèmes numériques*, la mise en place d'un bus de communication, le montage et le test d'un circuit de synthèse de fréquence.

**6 séances de 4h de TP** : *communications entre deux systèmes numériques*

Le système devra faire communiquer deux systèmes numériques en utilisant une liaison RF multicanaux autour de 2 GHz. Un protocole de communication sera défini. Le système numérique émetteur devra gérer l'envoi de messages en spécifiant l'adresse du système destinataire, le contrôle du trafic sur le canal utilisé et effectuer, éventuellement un changement de fréquence d'émission. Un contrôle sur l'intégrité de la transmission sera aussi effectué. Au cours des séances seront abordées :

- la conception du système (analyse des documentations des circuits de communication) + simulation du système numérique avec protocole
- la conception d'un circuit imprimé (antenne patch ou autre +)
- l'assemblage de ce circuit imprimé avec l'interface numérique/carte RF et le microcontrôleur (fournis pré-câblés)
- la programmation et le test
- les mesures RF

Dans la mesure du possible, les binômes seront constitués en associant un étudiant ayant choisi l'orientation ES (électronique des systèmes) à un étudiant ayant choisi l'orientation ET (électronique des télécommunications).



## 2M8E03M : Systèmes numériques

**Responsable** : Eric GONNEAU

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'évolution très rapide, ces dernières années, de l'électronique numérique rend la tâche du concepteur de systèmes de plus en plus complexe et variée. En effet, parallèlement aux circuits intégrés classiques : portes, registres, compteurs etc., sont apparus d'une part, des réseaux logiques programmables avec un nombre considérable de portes élémentaires, intégrant des fonctionnalités de type cœur processeurs génériques ou de processeurs spécialisé de traitement numérique du signal (DSP) de plus en plus performants et rapides intégrant aussi des circuits annexes évolués (mémoires reconfigurable, circuits temporisateurs, circuits périphériques, convertisseurs ...).

Le but de cette unité, est de donner au futur concepteur de système, donc à l'utilisateur de ces circuits numériques, toutes les connaissances nécessaires pour la mise en œuvre de ces circuits numériques.

A partir des notions de bases acquises dans l'unité d'informatique industrielle, on s'attachera dans un premier temps, à obtenir une vision globale du système numérique sur une application de type robot mobile autonome, à identifier et évaluer les ressources nécessaires à son fonctionnement, ensuite à définir sa structure complète.

Après l'étude détaillée du microcontrôleur qui gèrera le système, les interfaces standards d'entrées-sorties seront traités. Les concepts de bus de communication seront développés, tant sous leurs aspects logiques qu'électriques. Cette unité, tout en faisant appel à la connaissance des paramètres électriques des différentes familles technologiques étudiés dans l'unité [2M82OEM](#), pourra être avantageusement complétée par les enseignements sur les outils et langages de conception de l'unité [2M8E04M](#).

### **CONTENU**

#### **I- Systèmes numériques (16h cours, 16h TD)**

Présentation d'un système numérique de type robot avec ses capteurs et actionneurs

Stratégie de conception d'un système numérique (critère de choix du cœur du système : ASIC, FPGA, microcontrôleur, microprocesseur, DSP)

Présentation du circuit logique programmable. Définition, étude et implantation d'un cœur de microcontrôleur dans le FPGA. Etude des circuits d'entrée-sortie numériques, d'un circuit temporisateur, application à la détection d'un événement, à la mesure de durée, fonctionnement en interruption. Présentation et étude des bus communication : USB, CAN, I2C, LVDS ...Application : interfaçage d'un capteur de température intelligent. Etude de la commande des moteurs du robot par PWM. Commande d'un système d'émission-réception infra-rouge.

#### **II-Travaux Pratiques (16h)**

Introduction à la programmation du système numérique

Etude des entrées/sorties numériques, fonctionnement en interruption : capteurs de déplacement

Etude d'un bus de communication : dialogue avec le système hôte

Etude du circuit temporisateur, commande du moteur, mesure de vitesse

## 2M8EO4M : Outils et langages de conception évolués appliqués aux systèmes numériques

Responsable : Fabrice CAIGNET

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'évolution des composants lors de cette dernière décennie a permis aux systèmes numériques de s'implanter dans des domaines très variés allant des ordinateurs aux communications en passant par le multimédia, la robotique, le spatial, etc. Ces systèmes acceptent aujourd'hui une grosse partie numérique comme base de traitement de l'information. Face à leur complexité de conception, des outils et des nouvelles techniques sont incontournables.

La base de ce cours s'appuie sur la mise en œuvre de réseaux logiques programmables (Programmable Logic Devices : PLD) largement utilisés aujourd'hui, dont l'avantage majeur est de pouvoir programmer à la demande un nombre considérable de portes élémentaires.

Dans le cadre de ce cours, on présentera les différentes structures existantes des PLD, leurs avantages et leurs inconvénients. Les principes de programmations seront aussi exposés (fusibles, EPROMS, SRAM). Cette partie du cours traitera également de la mise en œuvre de ces composants à travers les outils proposés sur le marché.

Une partie sera consacrée à l'étude du langage VHDL devenu aujourd'hui un standard incontournable de la conception des systèmes.

Enfin la dernière partie du cours traitera de l'évolution des techniques de développement vers les « Systèmes On Chip » (SoC).

Ce cours vient en renforcement de l'unité 2M8EO3M à l'attention des futurs concepteurs de circuits numériques. Il s'adresse aussi aux étudiants désireux d'acquérir des compétences dans la mise en œuvre de systèmes de télécommunication, dont le traitement des messages, l'interfaçage et le contrôle est effectué par des systèmes numériques.

### **CONTENU**

#### **I- Outils et langage (16h cours, 16h TD)**

Les réseaux logiques programmables : les FPGA pour le contrôle d'une application de type robot autonome

Un langage de description des systèmes numériques : VHDL

Introduction aux System On Chip

#### **II- Travaux pratiques (16h)**

Les travaux pratiques auront pour cible le contrôle et la gestion des tâches d'un robot. Grâce à celui-ci, plusieurs thèmes pourront être abordés :

- Réception d'un message de position du robot
- Mise en place de protocole de communication pour la gestion de priorité de commande du robot
- Contrôle et mise en forme de capteurs (capteur de vitesse)
- Vision générale : la gestion du robot par l'implémentation de SoC

## 2M8EO5M : Optoélectronique, Compatibilité électromagnétique, Microtechnologies

**Responsable** : Patrick AUSTIN

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Les enseignements de cette unité sont destinés à apporter des compléments sur la technologie associée à la microélectronique, sur les techniques de transmission de l'information par supports optiques et à analyser l'influence des perturbations électromagnétiques sur les fonctions électroniques.

I- L'enseignement sur la technologie des semi-conducteurs consiste à présenter toutes les étapes qui conduisent du semi-conducteur, le silicium, au composant à travers les aspects physiques, obtention d'un monocristal, l'oxydation, l'implantation, les aspects simulation du processus, les notions de caractérisation. Une application à la fabrication de microsystèmes est proposée.

II- De nos jours, de nombreux éléments ou fonctions optoélectroniques sont mis en œuvre dans des systèmes aux applications variées : métrologie, lecture ou stockage de données, communications,...Après un rappel des notions fondamentales d'optique (réfraction, diffraction, interférence) et des principales propriétés des semi-conducteurs (bandes d'énergie, porteurs, dopage), l'accent est mis sur les interactions rayonnement-matière dans un solide. Les semi-conducteurs utilisés en optoélectronique sont alors présentés et la jonction PN, structure de base des éléments actifs, est ensuite étudiée. De même, les principaux effets physiques exploités dans les éléments passifs sont décrits et illustrés. Enfin, les principes de fonctionnement des liaisons par fibre optique sont analysés.

III- La compatibilité électromagnétique traduit la capacité d'un système à fonctionner sans erreur dans un environnement électromagnétique donné. Elle étudie les méthodes et les techniques à mettre en œuvre pour que des dispositifs électroniques destinés à être connectés puissent fonctionner ensemble et que des systèmes qui ne sont pas destinés à être reliés puissent fonctionner correctement l'un à côté de l'autre.

### **CONTENU**

#### **I- Technologie pour la microélectronique (10C, 2TD)**

Le silicium monocristallin. Le polysilicium.

La microlithographie. La diffusion thermique. L'implantation ionique.

Caractérisation électrique. Applications à la réalisation de microsystèmes.

#### **II-Optoélectronique (12C, 8TD, 6TP)**

Matériaux pour l'optoélectronique

Les photorécepteurs (diodes PIN et APD) - Les photoémetteurs (LED et diodes laser)

La modulation optique - L'amplification optique

Les principaux éléments passifs (isolateur, coupleur, multiplexeur)

Les liaisons par fibre optique (modes de propagation, atténuation, dispersion, bilan de liaison)

#### **III- Compatibilité Electromagnétique (6C, 4TD)**

Couplage par rayonnement : champ proche et champ

Couplage par conduction

Câbles

Décharges électrostatiques

## 2M86EOM : Initiation à la recherche et à la gestion de projet en électronique des systèmes

Responsable : Guy ABLART

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Cette unité se décompose en trois parties essentiellement pratiques, mais s'appuyant sur des unités déjà suivies par les étudiants.

Tout d'abord, en liaison avec les unités [2M8EO1M](#) et [2M8EO5M](#) sont prévus des enseignements de conception assistée par ordinateur sur l'environnement SILVACO ( ATHENA / ATLAS), de simulation de processus technologiques de fabrication, de simulation électrique 1D et 2D et de simulation électrique des dispositifs (bibliothèques de modèles électriques de composants).

Un deuxième volet est constitué d'un stage pratique dans une salle blanche à l'Atelier Interuniversitaire de Micro – Electronique (AIME) pendant lequel les étudiants participent à la réalisation, au montage et à la caractérisation d'une diode à jonction PN. Ils peuvent ainsi relier les résultats théoriques établis dans les unités [2M8EO1M](#) et [2M8EO5M](#) aux données expérimentales fournies par la réalisation du composant à l'AIME. Les étudiants mettent ainsi en évidence toute l'aide que peut apporter la simulation tout en faisant une analyse critique de cette simulation et en relevant les limites.

Dans la dernière partie, plus personnelle, les étudiants sont confrontés à un PROJET qui se conclut par la rédaction d'un mémoire et une soutenance orale. Les étudiants répartis par binôme sont accueillis par un enseignant ou un chercheur d'un laboratoire. Ce travail pourra être basé soit sur une étude bibliographique de synthèse dans un domaine lié à l'électronique, soit sur l'analyse du fonctionnement d'un système complet faisant intervenir diverses fonctions de l'Electronique, soit sur la participation à des travaux de laboratoire, d'étudiants déjà en thèse, par exemple. Les commentaires, recueillis auprès des étudiants ayant déjà effectué ces projets, sont tout à fait positifs et montrent qu'un stage, même de courte durée, fait prendre conscience aux étudiants de l'univers des laboratoires et peut leur ouvrir des perspectives vers un master recherche en 5<sup>ème</sup> année et peut-être une poursuite en thèse.

### **CONTENU**

- I- CAO : 4h TD et 7h TP
- II- Stage salle blanche (Atelier interuniversitaire de microélectronique) : 15h TP
- III- PROJET : 2h TD et 20h TP

## 2M8EO7M : Antennes et propagation

**Responsable** : Armand LOPES

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'objectif de cette unité est l'étude des dispositifs passifs présents dans les émetteurs et récepteurs des systèmes de télécommunication. On étudiera les antennes ainsi que les dispositifs réciproques ou non réciproques. Afin de caractériser le bilan d'une liaison, on complétera l'étude précédente par celle de la propagation des ondes électromagnétiques au voisinage du sol et dans l'atmosphère. Ce bilan est à la base de l'architecture et de la conception des systèmes de télécommunication. L'unité est ainsi complémentaire de l'unité [2M8EO8M](#) et les deux servent de base à l'unité [2M89EOM](#) pour les enseignements de CAO des systèmes et d'études de systèmes réels.

L'étude des antennes portera sur les propriétés fondamentales de tout type d'antenne, en particulier :

- diagramme de rayonnement et paramètres associés : angle d'ouverture à 3 dB, lobes secondaires etc.
- gain, directivité, polarisation
- température de bruit

On étudiera plus précisément les antennes suivantes :

- antennes résonnantes à éléments rayonnants linéaires (dipôles et antennes à dipôles)
- ouvertures résonnantes à éléments imprimés
- ouvertures rayonnantes (cornets) et antennes à réflecteurs (paraboles)
- réseaux d'antennes (alignement de sources équidistantes et gradient de phase)
- antennes à éléments imprimés

Les circuits passifs étudiés sont :

- les circuits réciproques : guides, cavités résonnantes
- les circuits non réciproques à ferrite: isolateurs, circulateurs, déphaseurs.

L'étude de la propagation des ondes concernera :

- les effets de l'atmosphère : réfraction, atténuation
- les effets du sol : réflexion, diffraction

et leurs effets sur le champ reçu.

On montrera comment ces notions et grandeurs interviennent dans le rapport signal sur bruit qui caractérise la qualité d'une liaison, rapport faisant en outre intervenir des caractéristiques des circuits actifs comme la puissance de l'émetteur et le facteur de bruit du récepteur.

### **CONTENU**

#### **II- Antennes, propagation et bilan de liaison (20 h C et 20 h TD)**

- Cavités, résonateurs et dispositifs non réciproques
- Antennes et réseaux d'antennes
- Propagation atmosphère et sol
- Bilan de liaison

#### **II- Travaux pratiques (8 h)**

- Mesure du gain et du diagramme de rayonnement d'une antenne
- Propagation

## 2M8EO8M : Dispositifs Hautes Fréquences pour télécommunications

**Responsable** : Jacques GRAFFEUIL

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Cette unité traite de l'électronique et de la microélectronique hyperfréquences que l'on doit mettre en œuvre dans tout dispositif de radiocommunications pour générer la porteuse hyperfréquence, la moduler, la transmettre et la démoduler au moyen des dispositifs passifs et actifs appropriés.

On abordera d'abord la manière dont on peut rendre compte des propriétés HF d'un dispositif quelconque au moyen de ses paramètres S de dispersion. On étudiera alors les milieux de transmission à base de lignes à bandes et les dispositifs passifs qu'ils permettent de réaliser (filtres, coupleurs, combineurs). On détaillera ensuite les architectures des principales fonctions élémentaires actives dont on a besoin dans tout système pour télécommunications hertziennes: oscillateur, modulateur et circuit de transposition de fréquence. Enfin on décrira comment associer entre elles ces diverses fonctions passives et actives pour réaliser un émetteur-récepteur complet.

Cette unité est ainsi complémentaire des unités [2M8EO7M](#) et [2M82EOM](#) qui toutes servent de base à l'unité [2M89EOM](#) concernant les enseignements de CAO des systèmes de radiocommunications et les études de leurs propriétés en fonctionnement réel.

### **CONTENU**

#### **I- Dispositifs des hautes fréquences pour télécommunications (18h C et 10h TD)**

Paramètres S d'un dispositif HF et applications

Lignes à bandes et circuits passifs planaires associés (coupleurs, diviseurs, combineurs).

Oscillateurs HF.

Convertisseurs de fréquence et autres circuits actifs (commutateur, atténuateur, modulateur, détecteur de fréquence et de phase).

Applications : architecture(s) d'un émetteur-récepteur radio, d'un radar à effet Döppler, etc....

#### **II- Travaux pratiques ( 20h TP, 5 séances de 4 heures)**

Paramètres S

Amplificateur

Oscillateur

Convertisseur de fréquence

Modulateur

## 2M89EOM : Initiation à la recherche et à la gestion de projet en électronique des télécommunications, optoélectronique et CAO d'un système de télécommunications

Responsable : Philippe GUILLOT

[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)

### **OBJECTIFS**

Après avoir étudié dans le courant de l'année les divers éléments constitutifs des systèmes de télécommunication actuels, cette unité doit permettre aux étudiants de faire une synthèse en considérant leur intégration au sein de systèmes de télécommunication complets. Cet enseignement s'articule en deux volets.

Le premier volet détaillera comment les règles de conception d'un système complet de communications (optique ou hertzien) s'appuient sur la modélisation de ses éléments constitutifs. Dans ce cadre sera conduite une formation à l'utilisation des moyens modernes assistés par ordinateur pour la conception de systèmes de transmissions.

Un second volet traitera très concrètement des systèmes de téléphonie mobile (GSM) et de télévision par satellite (TV Sat), des systèmes hertziens de radiolocalisation (GPS), des systèmes de transmission de données sans fil (Bluetooth, WiFi), du système CPL (Courant Porteur en Ligne) et de divers systèmes radar qui, sans appartenir à la classe des télécommunications, exploitent la même technologie.

La présentation des enseignements sous forme de Bureau d'Etude, de simulations sur ordinateur, de Projets et de conférences industrielles invitées, en plus des formes classiques de cours, travaux dirigés et travaux pratiques, favorisera l'autonomie et le travail de groupe des étudiants. De plus l'évaluation sous forme d'exposés et de rapports, entre autres, complètera ce dispositif.

Enfin cette unité intègre l'utilisation de documents en anglais afin de signifier aux étudiants qu'un excellent niveau en anglais est requis pour l'ensemble des carrières de cette filière.

### **CONTENU**

#### **I- CAO (2h TD, 15h TP)**

Modélisation et simulation des divers éléments d'un système de transmission en vue de déterminer ses performances.

#### **II- Systèmes (8h C, 18h TD, 5h TP)**

**Projets** sur la conception et l'utilisation optimale de systèmes GSM, GPS, TV Sat, Radar, Bluetooth-WiFi et CPL basés sur la synthèse de documents, la rédaction d'un rapport et une présentation orale.

**Bureaux d'études** sur les bilans de liaison et les différents types de multiplexages : temporel, fréquentiel et par codage.

**Conférences industrielles** invitées.

## 2M7EE1M : Convertisseurs Statiques

Responsable : David MALEC

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

Ce module concerne l'analyse et la synthèse des principales structures de convertisseurs statiques de l'électronique de puissance. Ces dispositifs entrent dans la composition de nombreux systèmes de conversion de l'énergie électrique (production et distribution, transports et systèmes embarqués, audio et vidéo, médical, ...). Citons par exemple les alimentations à découpage qui, de part leur très bon rendement et leur compacité, s'imposent dans de nombreux domaines. Ce module s'inscrit dans la suite des modules d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance dispensés en licence SDI, option EEA fondamentale ou Ingénierie Electrique.

### **CONTENU**

#### **I - Conversion statique (18 h C et 16 h TD)**

Caractérisation de dipôles pour l'électronique de puissance

Composants de puissance en commutation, interrupteurs quasi-résonnants

Méthode de synthèse des convertisseurs

Principe de fonctionnement des redresseurs, hacheurs, onduleurs et alimentations à découpage. Absorption sinusoïdale.

#### **II - Travaux pratiques (14 h)**

Alimentation à découpage Flyback

Gradateur monophasé

Redresseurs commandés triphasés

Onduleur de tension MLI



## 2M7EE2M : Actionneurs Electromagnétiques 1

Responsable : David MALEC

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

La conversion électromécanique est depuis longtemps à la base de nombreux dispositifs dans les domaines de la production de l'énergie électrique, des transports, de l'industrie, de l'électroménager... Durant les dernières décennies, la souplesse, le silence, les performances dynamiques des machines électriques, associés au développement de l'électronique de puissance, en font des actionneurs de choix dans l'avionique (avion à commande électrique), l'automobile (servititudes, alterno-démarrreur, ...) l'informatique (imprimantes, disques durs, ...), l'électroménager, etc. Ce module concerne l'étude des différents types de machines électriques et leur modélisation en régime stationnaire. Il s'inscrit dans la suite des modules d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance dispensés en licence SDI, option EEA fondamentale ou Ingénierie Electrique.

### **CONTENU**

#### **I - Machines électriques (18 h C et 16 h TD)**

- Transformateurs triphasés
- Principe de la conversion électromécanique de l'énergie : énergie, coénergie
- Machine à courant continu
- Machine synchrone en régime linéaire et non linéaire
- Machine asynchrone : marche moteur et génératrice
- Machine asynchrone monophasée
- Moteur pas à pas et à réluctance variable

#### **II - Travaux pratiques (14 h)**

- Génératrice à courant continu
- Alternateur synchrone en régime saturé
- Alternateur synchrone couplé au réseau et réversibilité
- Moteur asynchrone : schéma équivalent et séparation des pertes

## 2M8EE1M : Actionneurs Electromagnétiques 2

Responsable : Jean-Pascal CAMBRONNE

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

Ce module prend la suite du module [2M7EE2M](#) du 1<sup>o</sup> semestre. Dans une première partie, il s'intéresse à la modélisation en régime dynamique des machines électriques. L'objectif est de pouvoir décrire les régimes transitoires des machines couplées au réseau, mais aussi le couplage convertisseur-machine dans le cadre de l'autopilotage du couple des machines à courant alternatif. Dans une seconde partie, une introduction à la conception d'un actionneur est proposée.

### **CONTENU**

#### **I - Modélisation dynamique des machines électriques (12 h C et 12 h TD)**

Machine alternative "universelle"

Modèle de Park : application aux machines synchrone et asynchrone

Autopilotage de la machine asynchrone

#### **II - Introduction à la conception des machines électriques (6 h C et 4 h TD)**

Dimensionnement des machines électriques

Les principales contraintes en couple, masse, volume, pertes

Introduction à la CAO

#### **III - Travaux pratiques (14 h)**

Machine asynchrone en régime déséquilibré

Modélisation d'un moteur à courant continu couplée à une charge

Autopilotage fréquentiel d'un moteur asynchrone

Machine synchrone en régime transitoire et modèle de Park

## 2M8EE2M : Commande des Convertisseurs et Machines

Responsable : Pierre BIDAN

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

### **OBJECTIFS**

Ce module concerne la modélisation dynamique et la commande des convertisseurs et machines électriques présentés par ailleurs dans les modules [2M7EE1M](#), [2M7EE2M](#) et [2M8EE1M](#). Dans une première partie, les modèles d'état et les principales fonctions de transfert "petits signaux" des convertisseurs statiques les plus courants sont présentés. Différents principes de commande sont ensuite proposés. Dans une seconde partie est décrit la commande des machines à courant continu et des machines synchrones, en vue de réaliser des asservissement de vitesse ou de position.

### **CONTENU**

- I - Modélisation dynamique et commande des convertisseurs statiques (10 h C et 10 h TD)**
  - Modèle d'état en variables instantanées
  - Commande en durée (Modulation de largeur d'impulsion) : modèle moyen et principes de commande en boucle fermée
  - Commande en amplitude (hystérésis et en valeur maximale) : modèle, principes de commande en boucle fermée et régime glissant
  
- II - Commandes de machines électriques (6 h C et 8 h TD)**
  - Commande du couple, de la vitesse et de la position d'une machine à courant continu et aimants permanents
  - Autopilotage du couple d'une machine synchrone : "moteur à courant continu sans balais"
  - Autopilotage scalaire du couple d'une machine asynchrone
  
- III - Travaux pratiques (14 h)**
  - Régulation de tension d'une alimentation Flyback
  - Asservissement de vitesse d'une machine à courant continu
  - Asservissement de vitesse d'une machine asynchrone associée à un Gradateur
  - Asservissement de tension d'un onduleur de tension MLI

## 2M8EE3M : Matériaux et Systèmes

Responsable : Vincent BLEY

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

Dans la course aux performances, à la miniaturisation, à la diminution des coûts, à la fiabilité, les matériaux constituent le verrou essentiel pour les systèmes du Génie Electrique. Que ce soit pour les convertisseurs statiques ou les machines électriques, la synergie des contraintes thermique, mécanique, magnétique et ou électrique constitue souvent, pour le concepteur, la "quadrature du cercle". De plus, un matériau peut être "idéal" à la sortie d'une éprouvette de laboratoire, mais le procédé de mise en oeuvre industrielle problématique... Dans une première partie, ce module propose ainsi une introduction à la physique des matériaux à destination des ingénieurs électriciens, c'est à dire dans un cadre très applicatif et en vue de la conception.

Le stockage de l'énergie électrique constitue aussi une problématique essentielle : La deuxième partie de ce module présente une initiation au procédés électrochimiques et leurs applications (condensateurs électrochimiques et supercondensateurs, accumulateurs, ...).

### **CONTENU**

#### **I - Matériaux du génie électrique (14 h C et 12 h TD)**

- Matériaux magnétiques, isolants ...
- Paramètres spécifiques et méthodes de caractérisation
- Spectroscopie d'impédance
- Procédés d'élaboration

#### **II – Matériaux pour l'électrochimie (6 h C et 6 h TD)**

- Bases de l'électrochimie
- Condensateurs
- Accumulateurs

#### **III - Travaux pratiques (10 h)**

- Spectroscopie d'impédance de condensateurs
- Spectroscopie d'impédance de bobines à noyau
- Caractérisation d'un super condensateur

## 2M8EE4M : Plasmas, Décharges et applications

Responsable : Georges ZISSIS

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'utilisation des plasmas se développe de plus en plus dans notre environnement : lampe d'éclairage à décharge, soudure, procédés de dépôt ou de traitement de surface, dépollution ... Dans une première partie, ce module propose une introduction à la physique des plasmas et décharge à destination des ingénieurs électriciens, c'est à dire dans un cadre très applicatif. Dans une seconde partie est abordé le couplage alimentation-décharges à travers quelques exemples. La dernière partie présente quelques applications des procédés plasmas pour le traitement de surface ou de milieux.

### **CONTENU**

#### **I - La décharge électrique et son comportement électrique**

Qu'est-ce que une décharge électrique et un plasma.

Les grandeurs caractéristiques et quelques bases théoriques : de la courbe V-I à la physique de la décharge.

Les domaines d'application et l'importance économique des décharges électriques

Le claquage dans un gaz : transition d'un isolant vers un conducteur.

La décharge, convertisseur d'énergie : le bilan énergétique d'une décharge électrique et le modèle « canal ».

La conductivité électrique et d'autres coefficients de transport dans le plasma d'une décharge électrique.

Etablissement et application de l'équation macroscopique de la conductance électrique.

La décharge, élément fortement non linéaire du circuit électrique : conséquences et applications

#### **II - Couplage alimentation décharge électrique**

La décharge en tant que charge électrique : comment dimensionner une alimentation électrique.

Application aux lampes d'éclairage à décharge (tube néon) ; au poste à souder à l'arc...

#### **III - Procédés plasmas et autres applications**

Les réacteurs à plasmas pour la micro-gravure, pour le traitement de surface...

Les torches à plasma ; les disjoncteurs électriques...

Principe de fonctionnement et importance des paramètres électriques

#### **IV - Travaux pratiques (10 h)**

Lampes à décharge et leurs alimentations, une occasion d'étudier le bilan énergétique

La décharge électrique élément du circuit : Etude du fonctionnement nominal et des phases transitoires (mise en régime)

Etude d'un système complexe comportant plusieurs éléments non linéaires (décharges électriques) : application à l'étude d'un réseau d'éclairage urbain

## 2M8EE5M : Composants et Modules de Puissance – Protection des biens et des personnes

**Responsable** : Patrick AUSTIN

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

Les interrupteurs constituent l'organe principal dans la maîtrise du transfert d'énergie au sein d'un convertisseur statique. Les composants de puissance proposés par la microélectronique progressent sans cesse, et il est nécessaire que l'ingénieur en charge de la conception d'un convertisseur en connaisse les principes essentiels et les modèles de type circuit associé. En effet, le choix d'une structure de convertisseur est intimement lié aux interrupteurs disponibles vis à vis des contraintes à supporter. La première partie de ce module, après avoir rappelé les bases de la microélectronique, s'intéressera aux différents types d'interrupteurs existants (diode, thyristors, transistors) et à leur mise en œuvre dans la cellule de commutation. Une introduction aux modules de puissance hybrides est aussi proposée.

L'électricité ne se voit pas, ne se sent pas, ne s'entend pas ... et est dangereuse. Dans la deuxième partie de ce module, les principes généraux de protection des biens et des personnes sur un réseau d'alimentation électrique sont exposés. Les principaux dispositifs de coupure, de protection et de surveillance sont aussi présentés.

### **CONTENU**

#### **I - Composants et modules de puissance (14 h C et 12 h TD)**

Introduction à la physique des composants  
 Diode, thyristor, triac et GTO  
 Transistor bipolaire  
 Transistor à effet de champ (MOSFET)  
 IGBT  
 Principes de pilotage, aide à la commutation et protections

#### **II - Protection des matériels et personnes (6 h C et 6 h TD)**

L'électricité et le vivant  
 Principes de protection sur un réseau de distribution  
 Matériels de coupure et de protection

#### **III - Travaux pratiques (10 h)**

Etude d'une cellule de commutation  
 Régimes de neutre

## 2M86EEM : Initiation à la recherche et à la gestion de projet

Responsable : Vassant SEWRAJ

[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

Ce module comporte 3 volets principaux.

Le premier, dispensé sous la forme de séminaires de 2 ou 4 h, vise à sensibiliser l'étudiant soit sur l'actualité du génie électrique, soit sur des approches ou techniques très spécifiques mises en œuvre dans les milieux industriels ou de la recherche.

Le second, sous la forme de TP "ouverts" en salle de travaux pratiques, a pour objectif d'aborder des systèmes industriels complexes.

Le troisième constitue une partie plus personnelle, à travers PROJET qui se conclura par la rédaction d'un mémoire et une soutenance orale. Ce travail pourra être basé, soit sur une étude bibliographique, soit sur l'analyse du fonctionnement d'un système complet, et pourra s'effectuer en salle de travaux pratiques ou au sein d'un laboratoire de recherche de l'Université. Sous certaines conditions, un stage en milieu industriel, effectué entre la Licence et le Master 1, pourra être validé.

### **CONTENU**

**I - Séminaires (non exhaustif, 18 h C)**

Energies Renouvelables  
 Développement durable  
 Association convertisseurs-machine  
 Haute tension  
 Supraconductivité  
 ....

**II - Travaux pratiques "ouverts" (10 h)**

Redresseur à absorption sinus  
 Poste à souder à l'arc "électronique"

**III - PROJET (40 h, dont 20 encadrées)**

Travail collectif (binôme ou trinôme) en semi autonomie  
 Rédaction d'un rapport et soutenance orale

**2M7EI1M : Outils pour la conception de systèmes en informatique industrielle**

**Responsable** : Pascal BERTHOU

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)  
[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)  
[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)  
[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

## **OBJECTIFS**

Dans tous les domaines des sciences pour l'ingénieur, et particulièrement celui de l'EEAII (Électronique, Électrotechnique, Automatique et Informatique Industrielle), une des tâches essentielles d'un cadre de l'industrie est la conception de systèmes temps réel. Ces derniers sont de plus en plus complexes et difficiles à maîtriser sans une approche méthodologique. L'objectif principal de ce module est de faire acquérir aux étudiants une méthode rigoureuse de modélisation et de conception des systèmes du domaine de l'EEAII. Les concepts de réalisation de la solution sont étudiés avec du logiciel dans cette unité, et avec du matériel dans le module complémentaire [2M7EI2M](#).

L'objectif pédagogique de cette unité vise à approfondir et améliorer les connaissances sur les deux aspects suivants de la conception d'un système:

- 1) l'approche méthodologique de la conception qui inclut l'analyse du système, sa conception et sa mise en œuvre, que celui-ci soit du domaine électronique, électrotechnique, automatique, informatique, ..., ou mixte. Cette approche méthodologique s'appuie sur des techniques de modélisation orientées objet, supportées par une notation utilisée de facto dans l'industrie, la notation UML étendue à des spécificités temps réel.
- 2) la mise en œuvre des modèles et des concepts élaborés dans la modélisation du système traitée par l'aspect précédent. Elle sera effectuée à l'aide d'un langage cible de type industriel adapté à des entrées/sorties hétérogènes..

## **CONTENU**

### **I - Approche méthodologique (C : 12h, TD : 10h)**

Approche méthodologique : intérêt, approches industrielles, méthode  
Analyse d'un système à l'aide d'UML  
Conception basée UML et traduction en langage cible temps réel.

### **II - Mise en oeuvre (C : 6 h, TD : 6h)**

Rappel et spécificités par rapport aux entrées/sorties hétérogènes.  
Modèles d'implémentation et structuration modulaire

### **III -Travaux pratiques (TP : 14 h)**

Micro-projet sur plate-forme UML :

- Analyse et conception du système
- Implémentation en langage C temps réel assistée par l'outil de la plate-forme.



## 2M7E12M : Microcontrôleurs pour les systèmes complexes

**Responsable** : Gérard MOUNEY

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)  
[Parcours EMMOM \(p. 10\)](#)  
[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)  
[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'importance prise par l'informatique industrielle requiert de la part des ingénieurs d'en connaître les techniques principales. Cette unité vise la compréhension de l'architecture des microcontrôleurs, composants de base utilisés dans de larges domaines, tels l'électroménager, la commande, les télécommunications, la robotique...

La maîtrise de ces outils nécessite une bonne connaissance des principes de fonctionnement:

- du matériel, ce qui exige des compétences en architecture des ordinateurs et en interfaçage avec des procédés industriels;
- des logiciels de base conçus pour assurer les fonctions essentielles de ce matériel, ce qui exige des connaissances dans les systèmes d'exploitation.

L'objectif pédagogique de ce module est d'aborder, au plan théorique et pratique, les aspects suivants :

- 1) apprentissage du système d'exploitation UNIX avec pour objectif non pas de former des spécialistes du système UNIX mais des utilisateurs avertis qui l'exploitent efficacement;
- 2) apprentissage de l'architecture et de la programmation des micro-calculateurs largement utilisés dans la réalisation de systèmes de commande. Le micro-contrôleur étudié servira également à illustrer tous les aspects d'interfaçage avec les procédés industriels.

Ce module s'intéresse à des réalisations matérielles et logicielles. Il est complémentaire du module relatif aux outils de conception de systèmes ([2M7E11M](#)).

### **CONTENU**

#### **I - Système d'exploitation UNIX (C : 4h30, TD : 2 h)**

Approche par grandes fonctions, illustration sur UNIX  
 Le système de fichiers  
 Les processus  
 Le langage de commande

#### **II - Micro-Calculateurs pour la commande (C : 13h30, TD : 14h)**

Notions de base d'architecture des ordinateurs  
 Codage et traitement des informations  
 Principe de fonctionnement d'un processeur  
 Interfaçage avec le monde extérieur  
 Microcontrôleur Siemens C167

#### **III -Travaux pratiques (TP : 14h)**

Environnement de développement sous LINUX  
 Système de développement du microcontrôleur Siemens C167  
 Utilisation du microcontrôleur Siemens C167 pour l'acquisition , le traitement de données et la commande

**2M7EI3M : Systèmes de commande continu**
**Responsable :** JEAN-LOUIS CALVET

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)  
[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)  
[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

***OBJECTIFS***

Cette Unité d'Enseignement s'inscrit dans le cadre d'une approche temporelle des systèmes de commande dont l'évolution dynamique peut être décrite par des modèles mathématiques à temps continu. L'utilisation des variables d'état conduit à une représentation interne des systèmes de commande. L'objectif est ici de décrire les différentes étapes de modélisation, d'analyse et de commande des systèmes linéaires continus. La prise en compte de comportements non linéaires spécifiques, tant au niveau des processus à commander que des systèmes de commande, est abordée dans le domaine temporel à partir d'une représentation d'état. La linéarisation de ces modèles est évoquée. Une approche exacte : la méthode du plan de phase est ensuite présentée pour l'analyse de systèmes dynamiques du second d'ordre.

***CONTENU***
**I - Représentation, analyse et commande des systèmes continus dans l'espace d'état (C : 12h, TD : 10h)**

Représentation dans l'espace d'état de systèmes dynamiques  
 Transformations modèles d'état - modèles fréquentiels de systèmes linéaires  
 Résolution des équations d'état : cas des systèmes invariants  
 Analyse de stabilité  
 Propriétés de commandabilité et d'observabilité  
 Commande modale  
 Introduction aux observateurs

**II - Etude des systèmes asservis non linéaires dans le plan de phase (C : 6h, TD : 6h)**

Description de comportements dynamiques spécifiques de systèmes non linéaires  
 Représentation temporelle de systèmes dynamiques non linéaires dans l'espace d'état  
 Notions et analyse de stabilité  
 Introduction aux méthodes de linéarisation  
 Représentation temporelle de Systèmes Asservis Non Linéaires [SANL] du second ordre dans le plan de phase  
 Analyse du comportement dynamique de SANL  
 Analyse des auto-oscillations  
 Correction tachymétrique  
 Notions de régime glissant et de régime optimal

**III -Travaux pratiques (TP : 14h)**

**2M7EI4M : Systèmes de commande à événements discrets**
**Responsable** : Michel COMBACAU

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)
**OBJECTIFS**

L'automatisation des systèmes fait souvent appel à des dispositifs d'interfaçage par lesquels ne peuvent transiter que des informations binaires (contacts de fin de course, roue codeuse, barrière optique, électrovanne, etc.). De plus, bien souvent, le temps n'est pris en compte qu'implicitement par le biais de l'ordre des changements de valeur des signaux de l'automatisme (serrure à code, commande d'ascenseur,...). Les modèles utilisés pour effectuer la synthèse de la commande de ce type de systèmes reposent sur des variables d'état Booléennes et appartiennent à la classe des modèles à événements discrets.

Cette unité présente différents modèles à événements discrets (machines à états finis, StateCharts, Grafcet) dans l'optique de leur utilisation en synthèse de la commande de systèmes automatiques industriels. L'objectif est de fournir à l'étudiant les principaux modèles, les techniques de base de la modélisation des systèmes de commande à événements discrets ainsi qu'un panorama des techniques de réalisation de ces systèmes de commande sur support matériel (PLD et FPGA) et informatique (automates programmables industriels, microcontrôleurs et calculateurs).

**CONTENU**
**I - Les systèmes séquentiels (C : 12h , TD : 10h)**

Les Machines à états finis : rappels et définitions

Différentes représentations (schémas bloc, tabulaires, algébriques, graphiques)

Modes de fonctionnement

Modélisation d'un cahier des charges

Mode fondamental

Mode événementiel

Codage et mise en œuvre

Mise en oeuvre synchrone et asynchrone

Codage (Minimisation du nombre VI et un parmi n)

Techniques de mise en oeuvre (calculateur, automate programmable, FPGA)

**II - Systèmes à évolutions simultanées (C : 6h, TD : 4h)**

Machines à états synchronisées

Statecharts

Grafcet

**III – Travaux Pratiques (TP : 16h)**

Commande d'un ascenseur – Programmation en VHDL

Commande d'une chaîne d'assemblage en langage C sur calculateur

Commande d'une gare de triage par automate programmable et Grafcet

**2M7EI5M : Identification et filtrage****Responsable** : Michel COURDESSES[Parcours AITR \(p. 16\)](#)***OBJECTIFS***

L'analyse et la commande des systèmes demandent la connaissance d'un modèle mathématique. Quelle que soit la technique utilisée pour l'établir, il est nécessaire de déterminer la valeur de ses paramètres, supposés dans un premier temps-invariants, de manière à décrire de façon satisfaisante au sens d'un certain critère, les mesures effectuées sur le processus. Cette étape d'identification, ou estimation paramétrique va donc permettre d'établir un lien entre le monde mathématique (sorties du modèle) et le monde réel observé (mesures). Nous étudierons les cas continu et discret mais l'accent sera mis sur le second.

Lorsque les inconnues sont des paramètres variants, le problème doit être formulé différemment. La première approche introduite concerne l'étude des critères avec facteur d'oubli, la deuxième, qui nécessite une modélisation a priori de l'évolution de paramètres, permet d'établir le lien entre estimation paramétrique et estimation de l'état à partir de l'approche par filtre de Kalman.

***CONTENU*****I - Identification paramétrique (C : 14h, TD : 8h)**

Mesures continues

- méthodes des intégrations successives
- méthode des moindres carrés

Mesures discrètes

- moindres carrés, pondérés, récursifs
- moindres carrés généralisés
- propriétés de l'estimateur

**II - Cas des paramètres lentement variables (C : 6h, TD 6h)**

Identification des paramètres lentement variables  
Introduction au filtre de Kalman

**III – Travaux Pratiques (TP : 14h)**

## 2M7EI6M : Modèles et Outils pour le parallélisme

Responsable : Michel COMBACAU

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

### **OBJECTIFS**

Les modèles et méthodes de synthèse de commande à événements discrets trouvent leurs limites dans la modélisation et la commande des systèmes comportant massivement des évolutions simultanées, des synchronisations, des exclusions mutuelles, etc. L'explosion combinatoire du nombre d'état est en effet rapidement rédhibitoire.

Cette unité d'enseignement introduit les concepts de base des évolutions parallèles (processus, exclusion, synchronisation...) et un modèle formel (les réseaux de Petri) pour leur représentation. Le formalisme des réseaux de Petri est détaillé pour introduire les méthodes d'analyse des bonnes propriétés de l'application modélisée. Enfin, les techniques de base de mise en œuvre informatique et électronique sont présentées.

### **CONTENU**

#### **I - Réseaux de Petri (C : 10h, TD : 8h)**

Le modèle réseau de Petri

- Définition, propriétés, méthodes d'analyse
- Décomposition en machines à états finis

Réseaux de Petri interprétés et commande des systèmes parallèles

- Graphe de données, interprétation, capteurs et actionneurs
- Techniques de mise en œuvre

#### **II - Parallélisme (C : 8h, TD : 6h)**

Problèmes liés au parallélisme, exclusion mutuelle, sémaphore, moniteur

Modélisation de ces mécanismes par réseaux de Petri

#### **III – Travaux Pratiques (TP : 16h)**

## 2M8E11M : Systèmes de Commande Numérique

**Responsable** : Jean-Louis CALVET

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'objectif de ce module est de fournir les modèles de représentation et les méthodes d'analyse et de synthèse associées permettant la commande d'un processus continu par ordinateur. L'introduction d'un ordinateur numérique dans la chaîne de commande d'un système asservi soulève le problème de la discrétisation des informations, assimilables par le ordinateur. Une étude générale des systèmes à données échantillonnées apporte une réponse théorique et matérielle à ce problème fondamental et permet de définir l'architecture et les algorithmes de base d'un système de commande numérique. Le cadre considéré ici est essentiellement celui de l'approche fréquentielle des systèmes dynamiques linéaires. Ceci nous permet de compléter la méthodologie de synthèse d'algorithmes numériques de commande, par la présentation de méthodes modernes du type : approche polynomiale de la régulation RST, dans lesquelles le fort potentiel numérique du ordinateur mis en oeuvre est beaucoup plus valorisé. L'Automatique fait de plus en plus appel à des techniques de conception assistée par ordinateur. L'émergence d'environnements informatiques puissants a permis de mettre à disposition du concepteur les logiciels nécessaires à la mise en place de postes de travail de CAO Automatique particulièrement performants dont nous décrivons enfin un exemple type. Les éléments de base d'une approche temporelle, plus générale, dans l'espace d'état discret sont également présentés.

### **CONTENU**

#### **I - Systèmes à données échantillonnées (C : 6h, TD : 5h)**

Introduction au problème de la numérisation des systèmes de commande

Echantillonnage et quantification des signaux continus

Reconstitution de signaux continus

Représentation fréquentielle d'un système dynamique linéaire à données échantillonnées : transformée en  $z$ , transformée en  $W$ , notion de fonction de transfert discrète

Analyse des systèmes à données échantillonnées

#### **II - Commande numérique (C : 8h, TD : 7h)**

Architecture d'un système de commande numérique

Performances d'un système asservi numérique

Méthodes de synthèse fréquentielle de correcteurs discrets

Discrétisation de correcteurs continus

Approche polynomiale : le régulateur RST

Introduction à la CAO

#### **III - Représentation et analyse des systèmes discrets dans l'espace d'état (C : 4h, TD : 4h)**

Représentation d'état de systèmes à temps discret

Analyse dans l'espace d'état de systèmes linéaires

#### **IV - Travaux Pratiques (TP : 14h)**

## 2M82EIM : Initiation à la Recherche et à la Gestion de Projets

**Responsable** : Frédéric GOUAISBAUT

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

### ***OBJECTIFS***

Cette Unité s'appuie sur l'ensemble des autres Unités d'Enseignement pour préparer la transition du Master1 vers un Master2 et de manière plus générale orienter l'étudiant vers la voie recherche ou professionnelle. L'aspect orientation est très présent dans cette Unité qui prévoit une présentation des métiers de la recherche et des métiers de l'entreprise. Une introduction à la gestion de projet est ainsi incluse dans le programme.

L'aspect utilisation des moyens de CAO est également favorisé dans une formation qui se déroulera pour l'essentiel soit dans une Salle de TP, soit au pôle AIP-PRIMECA, soit encore dans un Laboratoire. Le travail de l'étudiant reposera pour l'essentiel sur la réalisation d'un projet, à vocation plus Automatique ou plus Informatique Industrielle, selon le choix du candidat. Ces travaux, organisés par petits groupes d'étudiants, illustreront et intégreront différents concepts ou méthodes étudiés dans les autres UE. Des mises à niveau seront également proposées en fonction des thèmes abordés.

### ***CONTENU***

**I - Présentation des métiers de la recherche et de l'entreprise (C : 4h)**

**II - Introduction à la gestion de projets (C : 2h, TD : 4h)**

**III - PROJET (C : 2h, TD : 4h, TP 32h)**

## 2M8EI3M : Conception Avancée de Systèmes de Commande

Responsable : Patrick DANES

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'objectif de cette unité d'enseignement est d'apporter quelques éléments de spécialisation en Automatique continue. Des compléments sur les méthodes de linéarisation des systèmes non linéaires sont ainsi présentés. De même, la représentation temporelle, l'analyse et la commande des systèmes invariants, également abordées dans l'Unité « Systèmes de commande continus » sont généralisées au cas continu variant.

Les commandes par retour d'état, introduites dans le cas de la commande modale, sont ici étendues afin de prendre en compte d'autres contraintes que la dynamique seule. Nous considérerons dans ce sens le problème de commande linéaire quadratique.

### **CONTENU**

**I - Compléments à l'étude des systèmes non linéaires (C : 4h30, TD : 3h)**

Méthodes de linéarisation

**II - Etude des systèmes linéaires variants dans l'espace d'état ( C : 8h, TD : 5h)**

Analyse (réponse, stabilité, commandabilité, observabilité)

Synthèse d'observateurs

**III -La régulation LQ : cas continu et discret (C : 7h30, TD : 6h)**

**IV -Travaux pratiques (14 h)**



**2M8EI4M : Systèmes Multitâches Temps Réel****Responsable** : Hamid DEMMOU[Parcours AITR \(p. 16\)](#)***OBJECTIFS***

Le développement d'applications temps réel est aujourd'hui une problématique qui se retrouve dans plusieurs domaines tels que les systèmes de transport, les systèmes embarqués ou les télécommunications. Ces applications possèdent deux caractéristiques qui sont la réactivité et le respect de contraintes temporelles. La complexité croissante de ces applications et l'introduction massive de l'informatique ont conduit à des méthodes et outils de conception et de mise en œuvre permettant de mieux prendre en compte les exigences propres à ce type de système. L'informatique temps réel est cette partie d'un système qui constitue le composant informatique de l'application et qui est à même de respecter les contraintes temps réel.

Le premier objectif de ce module est de donner les notions et concepts de base du fonctionnement des systèmes multitâches. Les spécificités temps réel sont introduites dans un deuxième temps en s'appuyant sur l'étude des exécutifs temps réels et de leur utilisation pour la mise en œuvre d'applications temps réel.

Le second objectif est d'approfondir les connaissances sur la modélisation par réseaux de Petri en introduisant la notion de composition et la prise en compte du temps pour modéliser des systèmes multitâches temps réel.

***CONTENU*****I - Compléments sur les modèles Réseaux de Petri (C : 8h, TD : 8h)**

Modélisation par composition de réseaux de Petri  
Les réseaux de Petri et le temps

**II - Exécutifs temps réel (C : 6h, TD : 6h)**

Mécanismes des systèmes multitâches  
Spécificités temps réel  
Fonctionnalités d'un exécutif temps réel  
Présentation du noyau temps réel RTAI sous Linux

**III - Les ordonnancements temps réel (C : 4h, TD : 2h)**

L'ordonnement dans les systèmes multitâches  
Algorithme temps réel

**IV - Travaux pratiques (14 h)**

Programmation sous RTAI.  
Générateur de signaux en utilisant RTAI.  
Commande PWM d'un moteur en utilisant RTAI.

## 2M8EI5M : Conception Orientée Objet de Systèmes Multitâches Temps Réel

Responsable : Mario PALUDETTO

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

### **OBJECTIFS**

Les systèmes temps réel se singularisent par le fait qu'ils sont "enfouis" (de l'anglais *embedded*) dans des projets plus vastes. Ils concernent des domaines aussi variés que la conduite des procédés industriels, l'avionique, le spatial, le nucléaire, l'automobile, les télécommunications, etc. Ils sont soumis à des contraintes fortes liées au temps, au parallélisme, au partage des ressources, à l'exclusion mutuelle, à la sûreté de fonctionnement, etc. Le non respect de ces contraintes peut conduire à des dysfonctionnements graves. Ainsi, les systèmes de commande temps réel associés aux applications industrielles sont des systèmes très complexes dont la réalisation des logiciels qui les composent nécessite l'utilisation de concepts et de méthodes élaborés. Les techniques de mise en œuvre qui s'appuient sur ces méthodes permettent de produire des logiciels efficaces et sûrs. Elles permettent également d'appliquer les théories bien connues de l'automatique sur la commande de système (de type continu ou à événements discrets) en respectant les contraintes temps réel imposées. Cet enseignement met un accent particulier sur une approche orientée objets des systèmes temps réel à travers la notation UML (*Unified Modelling Language*). Il s'agit d'une approche de génie système orientée objets et temps réel. L'adéquation d'UML aux systèmes temps réel et ses limitations sont montrées en particulier dans le cadre du respect des exigences temporelles. Dans les cas de modélisation de systèmes critiques, un outil formel comme les réseaux de Petri est associé à UML. La transformation des modèles de conception en des modèles d'implémentation est enseignée en s'appuyant sur les principes des systèmes d'exploitation standards et sur une extension temps réel du langage orienté objet C++. Cette dernière inclut la mise en œuvre des concepts orientés objets de base, les communications entre objets et la gestion des entrées/sorties hétérogènes.

### **CONTENU**

#### **I - Conception orientée objet des systèmes temps réel (C : 8h, TD : 8h)**

UML et le temps réel

Aspects informels/formels

Association d'un langage formel (Réseaux de Petri)

Transformation des modèles de conception en modèles d'implémentation (cible : système d'exploitation multitâches temps réel et langage C++)

#### **II – Mise en oeuvre (C : 10h, TD : 8h)**

Rappel des bases de la programmation orientée objets

Entrées/sorties hétérogènes, Exceptions

Utilisation des bibliothèques temps réel

Implémentation de systèmes modélisés UML et Réseaux de Petri

#### **III - Travaux pratiques (TP : 14h)**

Commande d'une cellule de production à base de robots serveurs

Commande d'un robot mobile autonome

Analyse et conception sur plate-forme UML

Mise en œuvre en langage C++ temps réel assistée par la plate-forme et transfert sur les cibles des microprojets

## 2M8EI6M : Réseaux Locaux pour les Systèmes Temps Réel Distribués

Responsable : Pascal BERTHOU

[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

### **OBJECTIFS**

Les récentes évolutions technologiques dans les domaines des calculateurs (ordinateurs, micro-contrôleurs, automates industriels, ...) et des réseaux de communication induisent un fort accroissement des besoins en développement de systèmes distribués de contrôle-commande. Pour ces systèmes, les réseaux deviennent le système nerveux incontournable.

Le module vise trois objectifs progressifs. D'abord, donner les notions fondamentales à tout utilisateur de réseaux au sens large : vocabulaire et concepts (notamment celui d'architecture multicouche). Puis, à partir de ces généralités, un approfondissement est mené sur les spécificités des réseaux utilisés dans un contexte industriel (pour des applications de contrôle-commande), aussi appelés réseaux locaux temps réel. L'accent est mis sur la problématique et les techniques pour fournir le service d'échanges de messages entre des tâches temps réel réparties sur des sites distants, partageant une ressource : le réseau.

Enfin, une ouverture est faite vers la finalité de ces réseaux, par le biais d'une introduction plus large à la problématique des applications de commande distribuée, pour montrer l'influence des mécanismes du réseau sur les performances de ces applications.

### **CONTENU**

#### **I - Concepts sur les réseaux de communication (C : 10h, TD : 8h)**

Architectures multicouche : modèle OSI, Internet  
Couches physique, liaison, réseau et transport

#### **II - Cas des Réseaux Locaux Industriels (C : 6h, TD : 8h)**

Les réseaux CAN et FIP  
La sous-couche MAC

#### **III -Commande Distribuée (C : 2h)**

Problématique de la distribution : influence du réseau sur les performances de l'application

#### **IV -Travaux Pratiques (TP : 14h)**

Mise en œuvre d'une liaison série  
Mise en place et gestion de réseau CAN  
Exploitation de réseau CAN pour une application distribuée

<b>2M7ES1M : Outils pour les signaux et systèmes</b>
--

**Responsable** : Shahram Hosseini

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

## **OBJECTIFS**

L'objectif est de présenter aux étudiants les notions de signal et de système ainsi que les outils pour leur représentation temporelle et fréquentielle. Les signaux déterministes et aléatoires seront détaillés. Cette présentation se fera en liaison avec les applications pratiques qui en découlent avec en particulier une initiation au logiciel Matlab.

Cet enseignement constitue la base indispensable pour une bonne compréhension de la plupart des autres unités d'enseignement. Les rappels nécessaires sont effectués afin de s'adapter à un public issu de formations différentes de la filière EEA (L3 physique en particulier).

## **CONTENU**

### **I - Représentations temporelles et fréquentielles des signaux et systèmes (10h C + 8h TD)**

Rappels sur les propriétés temporelles des signaux et systèmes, convolution, notion de filtre  
 Rappel sur les représentations fréquentielles des signaux et systèmes à temps continu (Développement en série de Fourier, Transformée de Fourier Transformée de Fourier au sens des distributions), systèmes analogiques (filtrage, mise en série/parallèle, boucle fermée, notion de commande)  
 Numérisation des Signaux (échantillonnage, théorème de Shanon, quantification)  
 Représentations fréquentielles des signaux et systèmes à temps discret (Transformée en Z, Transformée de Fourier à temps discret, Transformée de Fourier Discrète), systèmes numérique (filtrage, mise en série/parallèle, boucle fermée, notion de commande, bloqueur)

### **II - Signaux aléatoires (6h C + 6h TD)**

Définition, propriétés, indépendance, ergodicité  
 Notion de corrélation, de densité spectrale de puissance  
 Filtrage des signaux aléatoires.

### **III - Initiation au logiciel Matlab (2h C + 4h TD)**

### **IV - Travaux Pratiques (12h)**

Programmation sous Matlab	4h
Numérisation des signaux et représentations fréquentielles	4h
Signaux aléatoires (corrélation, indépendance, ... )	4h

<b>2M7ES2M : Exploitation statistique des données</b>
---

**Responsable** : Carine Jauberthie-Salsmann

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

## ***OBJECTIFS***

L'objectif est de fournir aux étudiants les outils nécessaires à l'analyse et le traitement des données en vue de leur exploitation. Les bases nécessaires à la modélisation des phénomènes physiques pour le traitement des données y sont abordées.

## ***CONTENU***

### **I - Probabilités et statistique (9h C + 8h TD)**

#### ***Rappels de probabilités***

Rappels de statistique  
Tests d'hypothèses

### **II - Classification (9h C + 8h TD)**

Notions élémentaires et pré-traitement des données  
Analyse en composantes principales - Analyse factorielle discriminante  
Techniques de classification en mode supervisé et non supervisé  
Introduction aux réseaux de neurones

### **III - Travaux Pratiques (14h TP)**

Statistique et tests statistiques	5h
Reconnaissance de cris d'oiseaux	4h30
Classification par perceptron multicouche	4h30

<b>2M7ES3M : Introduction à l'instrumentation</b>
---

Responsable : Vincent Boitier

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)  
[Parcours SYGELEC \(p. 14\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'objectif est de donner aux étudiants les bases techniques d'instrumentation. Les initier aux outils et moyens technologiques en vue de la réalisation pratique d'un système instrumental.

### **CONTENU**

#### **I - Introduction à l'instrumentation (12h C + 6hTD)**

Description et caractérisation des chaînes instrumentales  
(capteurs, conditionneurs, filtres, multiplexeurs, amplificateurs, échantillonneurs/bloqueurs, conversion AN et NA, cartes multifonctions et pilotage des ports d'Entrée/Sortie numériques)

#### **II - Travaux Pratiques (30h TP)**

Initiation au logiciel d'instrumentation LabView	(9h)
Programmation de la carte multifonction PCI 6024 par LabView	(3h)
Pilotage GPIB d'un oscilloscope et d'un générateur numériques	(3h)
Détermination de la réponse impulsionnelle d'un système	(3h)
Mesure de position et vitesse par signaux ultrasonores	(3h)
Pilotage d'un asservissement en température	(3h)
Mesure de la réponse harmonique d'un système linéaire par GPIB	(3h)
Variation du gap dans un semi-conducteur en fonction de la température	(3h)

## 2M7ES4M : Formation des images

**Responsable** : Frédéric Lerasle

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### **OBJECTIFS**

Ce module donne aux étudiants quelques pré-requis de base indispensable au traitement des images en particulier : la formation des images, leurs prétraitements et quelques notions d'analyse. L'objectif, technologique, est de comprendre et maîtriser la chaîne complète d'acquisition des images afin d'obtenir des signaux image de bonne qualité dans l'ordinateur et introduire quelques notions de pré-traitement des images. Des travaux dirigés et des travaux pratiques illustrent les différentes parties du cours.

Mots-clefs : optique, capteur image, numérisation du signal vidéo, visualisation, pré-traitement des images.

### **CONTENU**

#### **I - COURS (24H)**

Chapitre 1 : Introduction et notions générales

- Introduction à l'imagerie numérique et ses applications.
- Notions de colorimétrie.
- Lumière et couleur.
- Eléments de télévision et standards de TV analogiques et numériques.

Chapitre 2 : Optique d'une caméra vidéo (4h)

- Modélisation d'un objectif.
- Les principaux réglages et leurs influences.
- Les principales aberrations.

Chapitre 3 : Les caméras vidéo (4h)

- La transduction lumière/charges électriques.
- Concepts CCD et APS.
- Les types de caméras : analogique/numérique, matricielle/linéaire, noir/blanc ou couleur.
- Les cartes d'acquisition et d'interface.

Chapitre 4 : L'éclairage de la scène (2h)

- Choix de l'éclairage.
- Les techniques d'éclairage.

Chapitre 5 : Images numériques et visualisation (6h)

- Numérisation : échantillonnage spatial et quantification.
- Visualisation : binaire, noir/blanc, vraies et fausses couleurs.
- Notions d'histogrammes.
- Binarisation des images.

Chapitre 6 : Prétraitement des images (4h)

- Opérations entre images
- Filtres linéaires.
- Filtres morphologiques.

#### **II – TRAVAUX DIRIGES (6H)**

- Caractérisation d'un système d'acquisition.
- Traitement des histogrammes.
- Application d'opérateurs de filtrage.

#### **III – TRAVAUX PRATIQUES (18H)**

- Acquisition et visualisation.
- Codage et visualisation.
- Traitement des images.
- Application à la métrologie/contrôle.
- Applications à la télédétection/biomédical.

**2M8ES1M : Modélisation et estimation pour les signaux et systèmes**
**Responsable :** Hervé Carfantan

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)
***OBJECTIFS***

L'objectif est de sensibiliser les étudiants à la modélisation et l'estimation pour l'exploitation de données expérimentales. Leur donner une vision globale du processus de modélisation et estimation en entrant avec plus ou moins de détails dans les présentation des différentes étapes d'un tel processus. Des applications pratiques permettant d'illustrer certaines de ces étapes.

***CONTENU***
**I - Introduction à l'estimation (2h C + 2hTD)**

Définition d'un estimateur et ses propriétés (biais, variance et erreur quadratique moyenne d'un estimateur, compromis biais/variance)

**II - Modélisation des signaux et systèmes (4h C + 4hTD)**

Notion de modèles et classification  
Présentation de modèles de signaux et systèmes  
Introduction aux systèmes dynamiques et au chaos

**III - Construction d'un estimateur (2h C + 4hTD)**

Estimateurs empiriques.  
Estimateurs du maximum de vraisemblance.  
Estimateurs bayésiens (maximum *a posteriori*, moyenne *a posteriori*).

**IV - Calcul des estimateurs et optimisation (10h C + 6hTD)**

Moindres carrés et méthodes dérivées.  
Optimisation  
Filtrage de Kalman

**V - Travaux Pratiques (14h)**

Identification d'un système par moindres carrés et méthodes dérivées	4h30
Mise en oeuvre d'un algorithme d'optimisation pour la déconvolution	4h30
Filtrage de Kalman	5h



## 2M8ES2M : Théorie de l'information et communications

Responsable : Yannick Deville

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### ***OBJECTIFS***

L'objectif est de présenter les concepts utilisés en théorie de l'information, puis décrire les principes et méthodes mis en jeu dans une chaîne de transmission de l'information.

### ***CONTENU***

#### **I - Introduction à la théorie de l'information (4h C + 2hTD)**

Communication de message  
Entropie, Information

#### **II - Transmission de l'information (8h C + 6hTD)**

Transmissions analogiques (modulations d'amplitude, d'argument, hybride)  
Transmissions numériques (NRZ, FSK, PSK, normes V92, ADSL, ... )

#### **III - Codage et compression (6h C + 6hTD)**

Codes détecteurs et codes correcteurs d'erreurs  
Compression avec ou sans perte

#### **IV - Travaux Pratiques (4x4h TP)**

Multiplex fréquentiel  
Bruits et modulation  
Modulation numérique  
Compression d'image par transformée en cosinus discrète

## 2M83ESM : Initiation à la recherche et à la gestion de projets

Responsable : Jean-François Trouilhet

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'objectif principal de cette unité d'enseignement est de préparer les étudiants à leur future carrière professionnelle, pour laquelle, ils devront faire preuve d'initiative et d'autonomie.

### **CONTENU**

#### **I - Présentation du métier de l'ingénieur en recherche et développement.**

#### **II - Gestion de projets**

#### **III - Travaux pratiques**

Mise en situation sur des problèmes concrets

#### **IV – PROJET**

Les différentes étapes seront abordées : Bibliographie, étude, simulation, rapport écrit et présentation orale.

En guise d'illustration, voici quelques exemples de sujets de Projets :

- Extraction d'un signal du bruit sur DSP
- Mise en oeuvre de filtres numériques sur DSP
- Reconnaissance automatique de signaux
- Test de méthodes d'analyse de signaux échantillonnés irrégulièrement
- Modélisation de la morphologie de galaxies

**2M8ES4M : Analyse spectrale des signaux**

**Responsable :** Hervé Carfantan

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)  
[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

***OBJECTIFS***

A partir de l'acquisition des outils pour la représentation fréquentielle des signaux et systèmes dans l'unité 2M7ES1M, l'objectif est d'initier les étudiants à la problématique de l'analyse spectrale des signaux déterministes et aléatoires, à l'analyse temps-fréquence en insistant sur l'aspect pratique.

***CONTENU***

**I - Analyse spectrale des signaux déterministes (4h C + 4hTD)**

Rappels sur les notions de corrélation, de densité spectrale (puissance et énergie)  
Problèmes de l'analyse spectrale par Transformée de Fourier Discrète, phénomène de Gibbs et principe d'incertitude

**II - Analyse spectrale des signaux aléatoires (8h C + 6hTD)**

Rappels sur les notions de corrélation, de densité spectrale de puissance  
Analyse spectrale non paramétrique (corrélogrammes, périodogramme et dérivées)  
Modèles de spectres et analyse spectrale paramétrique (AR, ARMA et autres modèles), liens avec les moindres carrés et la prédiction linéaire)

**III - Introduction à l'analyse temps-fréquence (6h C + 2hTD)**

Distribution d'énergie (Wigner-ville ... )  
Décomposition dans une base (Fourier à court terme, ondelettes continues et discrètes ... )

**IV - Travaux Pratiques (4x 4h30 TP)**

Analyse spectrale par Transformée de Fourier discrète  
(fenêtrage, erreur en amplitude, erreur en fréquence ... )  
Analyse spectrale de signaux aléatoires  
(corrélogrammes, périodogrammes et dérivées)  
Analyse spectrale paramétrique  
Analyse temps-fréquence

## 2M8ES5M : Instrumentation et capteurs

Responsable : Alain Klotz

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### **OBJECTIFS**

L'objectif de ce cours est d'exposer le fonctionnement complet de la chaîne d'acquisition d'une camera numérique, aussi bien sur le plan de conditionnement électronique analogique et numérique que sur le plan de la mesure des performances et de la restitution d'une image de qualité photométrique.

### **CONTENU**

#### **I – Capteurs (12h C + 6hTD)**

- Description de la structure des composants CCD et CMOS
- Chronogrammes d'acquisition
- Électronique de lecture et conversion numérique
- Binning, smearing, blooming
- Corrections de courant thermique
- Correction de la non uniformité de réponse
- Signal et bruit d'une caméra numérique
- Mesure d'éclairement d'une scène
- Principes élémentaires de visualisation.

#### **II - Travaux Pratiques (30h TP)**

- Mesures des chronogrammes et des signaux dans la chaîne électronique en sortie du capteur CCD (utilisation d'un oscilloscope)
- Corrections élémentaires du signal thermique et de la non uniformité de la réponse avec un capteur CCD noir et blanc
- Modification d'un chronogramme de lecture pour une application industrielle
- Corrections élémentaires du signal thermique et de la non uniformité de la réponse avec un capteur CCD couleur

## 2M8ES6M : Traitement et analyse des images

Responsable : Frédéric Lerasle

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)

### **OBJECTIFS**

Dans la continuité du module [2M7ES4M](#), l'objectif de l'unité optionnelle 2M8ES6M, très algorithmique, est de présenter les méthodes d'amélioration, d'analyse et de compression des images. Des travaux dirigés et des travaux pratiques illustrent les différentes parties du cours.

Mots-clefs : amélioration, segmentation, analyse des images, compression.

### **CONTENU**

#### **I – COURS (22H)**

Chapitre 1 : Amélioration et restauration des images (4h)

- Corrections radiométriques, colorimétriques.
- Filtres non-linéaires.

Chapitre 2 : Analyse des images (10h)

- Morphologie mathématique.
- Segmentation.
- Analyse de texture.

Chapitre 3 : Reconnaissance des formes pour l'imagerie (2h)

- Caractérisations, positionnement.
- Classification.
- Reconnaissance.
- 

Chapitre 4 : Format et compression des images (4h)

- Format des images.
- Compression des images.
- 

Chapitre 5 : Applications de l'imagerie numérique (2h)

#### **II – TRAVAUX DIRIGÉS (8H)**

- Compression des images.
- Convolution et filtrage, trame.

#### **III – TRAVAUX PRATIQUES (12H)**

- Convolution et filtrage 1.
- Convolution et filtrage 2.
- Morphologie mathématique.
- Segmentation.

**2M8ES7M : Filtrage numérique et mise en oeuvre sur DSP**

**Responsable :** Shahram Hosseini

[Parcours IS2I \(p. 20\)](#)  
[Parcours AITR \(p. 16\)](#)

### **OBJECTIFS**

Cette unité constitue un prolongement de l'unité « Outils pour les signaux et systèmes », dans laquelle on a introduit les filtres en tant que systèmes définis par une relation entrée/sortie mettant en jeu divers paramètres. On en vient ici à la synthèse de filtres, c-à-d à l'étude de méthodes permettant de choisir les valeurs de leurs paramètres. Ces valeurs sont fixées de manière à imposer le comportement du filtre, en particulier sa réponse fréquentielle (dépendance de son gain par rapport à la fréquence des signaux à traiter).

Le premier volet de cette unité est constitué de rappels concernant la synthèse de filtres analogiques. Ces filtres sont utilisés dans une partie des méthodes de synthèse de filtres numériques décrites dans le deuxième volet de l'unité.

Les filtres numériques peuvent être implantés sous forme d'algorithmes de traitement des signaux numériques constituant leur entrée. Des implantations optimisées sont réalisées sur des processeurs spécifiques de traitement numérique du signal (DSP). On présente donc l'architecture et les fonctionnalités de ces DSP. On détaille ensuite leur application au filtrage numérique. Les étudiants (non électroniciens) approfondiront l'utilisation des DSP à l'occasion de divers travaux pratiques de cette Unité.

### **CONTENU**

#### **I - Synthèse des filtres (9h C + 8hTD)**

Rappels sur la synthèse des filtres analogiques (Butterworth, Tchebychef ... ), Synthèse des filtres numériques à réponse impulsionnelle finie (RIF), Synthèse des filtres numériques à réponses impulsionnelle infinie (RII), Introduction à la synthèse de filtre par optimisation, Structures de mise en oeuvre des filtres numériques, Quantification et filtrage numérique

#### **II - Présentation et utilisation des DSP (5h C + 8hTD)**

Principales distinctions entre les DSP et les microprocesseurs classiques, Critères de sélection de DSP. Principales applications, Présentation du processeur ADSP-21065L: architecture, modes d'adressage, assembleur, Mise en oeuvre des filtres RIF et RII sur ADSP-21065L

#### **III - Travaux Pratiques (4x4h30 TP)**

Synthèse de filtres, Introduction aux DSP (mise en oeuvre d'un écho numérique), Mise en oeuvre de filtres RIF sur DSP, Mise en oeuvre de filtres RII sur DSP.

<b>2M8VEAM : Langue vivante (ANGLAIS)</b>
---

**Responsable** : Luce FARJOUNEL

[\*Parcours EMMOM \(p. 10\)\*](#)

[\*Parcours SYGELEC \(p. 14\)\*](#)

[\*Parcours AITR \(p. 16\)\*](#)

[\*Parcours IS2I \(p. 20\)\*](#)

## ***OBJECTIFS***

- Développer les compétences indispensables aux étudiants en vue de leur intégration dans la vie professionnelle.
- Fournir les outils de communication permettant de s'exprimer dans le contexte international d'aujourd'hui et acquérir l'autonomie linguistique nécessaire à cette intégration.

## ***CONTENU***

24 heures

- Préparation à la prise de parole en public.
  - Recherche d'informations et compréhension de documents portant sur le domaine de spécialité.
  - Acquisition du vocabulaire propre à une conversation téléphonique, un entretien d'emploi, à la rédaction d'un courrier.
  - Effectuer une simulation de tâche professionnelle, de sa préparation à son aboutissement.
- Travail de groupes

## ***EVALUATION***

- Constitution d'un dossier répondant à une tâche déterminée en début de semestre, adoptant une démarche cohérente et contextualisant les compétences énoncées ci-dessus.
- Présentation orale de la même tâche par le groupe.
- Epreuve écrite individuelle.

### ***Contrôle des connaissances :***

Première session : la note obtenue est le résultat des notes obtenues au dossier et à l'examen écrit (40 %) et de la note obtenue à la présentation orale (60%).

Seconde session : examen consistant en une épreuve d'expression orale portant sur un document fourni par l'enseignant avant l'épreuve. La note globale est constituée pour 30 % par celle reportée de la première session et pour 70 % par celle obtenue lors de l'examen de septembre.