Université de Toulouse

Faculté sciences et ingénierie Université de Toulouse

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2022 / 2026

UNIVERSITE DE TOULOUSE

# SYLLABUS MASTER

# Mention Electronique, énergie électrique, automatique

# M2 électronique des systèmes embarqués et télécommunications

http://www.fsi.univ-tlse3.fr/

2026 / 2027

20 NOVEMBRE 2026

# SOMMAIRE


PRÉSENTATION . . . . . 3
PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS . . . . . 3
Mention Electronique, énergie électrique, automatique . . . . . 3
Compétences de la mention . . . . . 3
Parcours . . . . . 3
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 électronique des systèmes embarqués et télécommunications . . . . . 3
RUBRIQUE CONTACTS . . . . . 5
CONTACTS PARCOURS . . . . . 5
CONTACTS MENTION . . . . . 5
CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.EEA . . . . . 5
Tableau Synthétique des UE de la formation . . . . . 6
LISTE DES UE . . . . . 9
GLOSSAIRE . . . . . 28
TERMES GÉNÉRAUX . . . . . 28
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES . . . . . 28
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS . . . . . 29

# PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

## MENTION ELECTRONIQUE, ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, AUTOMATIQUE

L'objectif du Master EEA, **labélisé CMI** , est, suivant le parcours choisi, de former des cadres spécialistes en Electronique, Energie électrique, Automatique, Informatique industrielle et Traitement du Signal et des Images. Les diplômés peuvent intégrer les secteurs de l'aéronautique, de l'espace, de l'énergie, des télécommunications, mais également des transports, de l'environnement, des systèmes embarqués, de la production et du transport de l'énergie électrique ainsi que de sa conversion. La structure indifférenciée des parcours permet une insertion professionnelle dans l'industrie et les services (2 mois de durée moyenne de recherche d'emploi) ou une poursuite en doctorat.

.

Ce Master est composée de 6 parcours types :

- Electronique des Systèmes Embarqués et Télécommunications (ESET)
- **Energie Electrique : Conversion, Matériaux, Développement durable** (E2-CMD) - *M2 commun avec l'INP/ENSEEIHT de Toulouse*
- **Ingénierie des Systèmes Temps Réel** (ISTR)
- **Automatique et Robotique** (AURO)
- Signal Image et Apprentissage Automatique (SIA2)
- **Systèmes et Microsystèmes Embarqués** (SME)

Les parcours **en gras** peuvent être suivis **en alternance en M2** (et dès le M1 pour le parcours SME), ou de façon classique.

## COMPÉTENCES DE LA MENTION

- Mobiliser des méthodes et techniques d'analyse et de conception des systèmes relevant du domaine de l'EEA
- Modéliser différents aspects comportementaux d'un système relevant du domaine de l'EEA
- Extraire, analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation,
- Coordonner et gérer globalement un projet d'étude et/ou de recherche
- Communiquer de façon claire et non ambiguë, en français et en anglais, dans un registre adapté à un public de spécialistes ou de non spécialistes en utilisant les supports appropriés.
- Savoir questionner une thématique, élaborer une problématique, mobiliser les ressources pour documenter un sujet.
- Intégrer les aspects organisationnels et humains de l'entreprise afin de s'adapter et participer à son évolution future.

## PARCOURS

L'objectif du Master ESET (M1 et M2) est de former des **cadres scientifiques (ingénieurs et/ou chercheurs) spécialistes dans l'analyse et la conception de systèmes électroniques dédiés aux applications embarquées, notamment spatiales, et aux télécommunications.**

Les domaines d'applications concernent tout autant les **télécommunications** (spatiales ou terrestres, civiles ou militaires), les **radars** ou la **télémétrie** , mais également les systèmes de l'**IoT** (internet des objects) et les **systèmes embarqués** de manière générale.

# PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 ÉLECTRONIQUE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

Les connaissances acquises permettent la **compréhension** et le **développement** de dispositifs sur **plusieurs niveaux de description allant de la puce électronique au système.** La formation permet d'appréhender les spécificités des systèmes embarqués comme la gestion de l'énergie, la compatibilité électromagnétique entre les différents éléments et les aspects de transmissions de données. L'interaction avec le logiciel, bas niveau, bien qu'il ne fasse partie de la priorité de la formation, est aussi abordée car son étude est nécessaire pour s'imprégner de la complexité du système embarqué.
Durant ces deux années les étudiants sont amenés à travailler sur un **projet pédagogique** centré sur la conception de la charge utile et d'autres composants d'un **nanosatellite ou « cubesat »** , en collaboration avec d'autres établissements et **partenaires industriels toulousains** . Ce système embarqué par excellence est repris comme plateforme applicative dans de nombreux cours de la formation. Il fait aussi l'objet d'une unité d'enseignement spécifique en M2. Le parcours propose au cours de cette année 3 blocs de spécialisation en circuits numériques (NUM), micro et nano technologies (MNT), opto-microonde et électromagnétisme (OMI).Le M2 ESET propose un ensemble de cours/TD/TP en tronc commun, mais également des ensembles de formations spécifiques orientées vers les MicroNanoTechnologies (MNT), Les circuits et systèmes numériques (NUM) et l'Electronique des hautes fréquences et Optomicroondes (OMI).
Les intervenants sont des chercheurs travaillant dans le domaine sur lequel ils proposent leurs cours, et par de nombreux intervenants industriels locaux ou nationaux (CNES, THALES ALENIA SPACE ou THALES DEFENCE MISSION SYSTEM, CONTINENTAL, ...).
Un stage de 5 mois est réalisé à l'issue de l'ensemble des formations académiques.
Connaissances aquises à l'issue du diplôme :

- Technologie, modélisation et conception des composants électroniques
- Composants de puissance
- Systèmes électroniques non-linéaires
- Conception des circuits analogiques, numériques et des interfaces analogiques-numériques
- Conception de circuits HF intégrés MMIC
- Outils et langages de description des circuits intégrés numériques
- Microcontroleurs et programmation FPGA
- Synthèse de fréquence
- Systèmes de transmission radiofréquences
- Composants, circuits et antennes hyperfréquences
- Propagation optoélectronique et hyperfréquence
- Circuits opto-hyperfréquences
- Fonctionnement et technologie des lasers
- Technologie des capteurs
- Electronique pour le spatial
- Systèmes électroniques : Fiabilité, Compatibilité Electromagnétique, ESD
- Nanosatellitte (Electronique, charge utile, gestion de projet)
- Modélisation des systèmes complexes à partir du langage SYSML

# RUBRIQUE CONTACTS

## CONTACTS PARCOURS

### RESPONSABLE M2 ÉLECTRONIQUE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

FERNANDEZ Arnaud
Email : afernand@laas.fr

TARTARIN Jean-Guy
Email : tartarin@laas.fr Téléphone : 0561337996

### SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

RAYNAUD Charlene
Email : fsi-master-eea.secretariat@utoulouse.fr

## CONTACTS MENTION

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

BIDAN Pierre
Email : pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr

RIVIERE Nicolas
Email : nriviere@laas.fr Téléphone : 05 61 33 78 61

VIALLON Christophe
Email : cviallon@laas.fr Téléphone : 05 61 33 68 40

## CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.EEA

### DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

FRETON Pierre
Email : pierre.freton@laplace.univ-tlse.fr

### SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

MICHEL Florence
Email : florence.michel@univ-tlse3.fr Téléphone : 0561557621

# TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

Itinéraire M2 ESET - MINA (60 ECTS)

| page | Code | Intitulé UE | semestre* | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | Seminaire | TD | TP | Stage* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Premier semestre** | | | | | | | | | | |
| 10 | KEAE9AAU | TECHNOLOGIE ET DISPOSITIFS ACTIFS À SEMICONDUCTEURS (Dispos actifs) | I | 6 | O | 23 | | 8 | 12 | |
| 12 | KEAE9ABU | CIRCUITS ÉLECTRONIQUES, OPTOÉLECTRONIQUES ET HYPERFRÉQUENCES (Circuits) | I | 3 | O | 27 | | 18 | 6 | |
| 13 | KEAE9ACU | FIABILITÉ, QUALITÉ, GEST. ÉNERGIE/SYST. SURVEIL.CHARGE UTILE (système charge utile) | I | 6 | O | 44 | | 10 | 15 | |
| | KEAE9ADU | ELECTRONIQUE AVIONIQUE ET SPATIAL | I | 3 | O | | | | | |
| 14 | KEAE9AD1 | Electronique Avionique et Spatial | | | | 8 | | 6 | | |
| 15 | KEAE9AD2 | Electronique Avionique et Spatial | | | | | 16 | | | |
| 21 | KEAE9AVU | ANGLAIS | I | 3 | O | | | 24 | | |
| 19 | KEAE9AMU | CAO MICROÉLECTRONIQUE ET MICROSYSTÈMES | I | 3 | O | 13 | | 5 | 12 | |
| 20 | KEAE9ANU | MICRO ET NANOSYSTÈMES | I | 6 | O | 23 | | 10 | 21 | |
| **Second semestre** | | | | | | | | | | |
| 24 | KEAEAACU | STAGE | II | 24 | O | | | | | 6 |
| 27 | KEAEAAFU | ATELIERS MICROÉLECTRONIQUES (AIME-INSA) | II | 6 | O | 20 | | 4 | 32 | |

* **AN** :enseignenents annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre
**Stage**: en nombre de mois

| page | Code | Intitulé UE | semestre* | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | Seminaire | TD | TP | Stage* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Premier semestre** | | | | | | | | | | |
| 10 | KEAE9AAU | TECHNOLOGIE ET DISPOSITIFS ACTIFS À SEMICONDUCTEURS (Dispos actifs) | I | 6 | O | 23 | | 8 | 12 | |
| 12 | KEAE9ABU | CIRCUITS ÉLECTRONIQUES, OPTOÉLECTRONIQUES ET HYPERFRÉQUENCES (Circuits) | I | 3 | O | 27 | | 18 | 6 | |
| 13 | KEAE9ACU | FIABILITÉ, QUALITÉ, GEST. ÉNERGIE/SYST. SURVEIL.CHARGE UTILE (système charge utile) | I | 6 | O | 44 | | 10 | 15 | |
| | KEAE9ADU | ELECTRONIQUE AVIONIQUE ET SPATIAL | I | 3 | O | | | | | |
| 14 | KEAE9AD1 | Electronique Avionique et Spatial | | | | 8 | | 6 | | |
| 15 | KEAE9AD2 | Electronique Avionique et Spatial | | | | | 16 | | | |
| 21 | KEAE9AVU | ANGLAIS | I | 3 | O | | | 24 | | |
| 16 | KEAE9AFU | TECHNIQUES DE MESURES OPTOÉLECTRONIQUES ET HYPERFRÉQUENCES (Instrumentation) | I | 3 | O | 16 | | 18 | 6 | |
| 18 | KEAE9AHU | CAO MMIC CIRCUITS HYPERFRÉQUENCES (CAO hyperfréquences) | I | 3 | O | 8 | | | 12 | |
| 17 | KEAE9AGU | SYSTÈME DE SYNTHÈSE DE FRÉQUENCE | I | 3 | O | 14 | | 16 | | |
| **Second semestre** | | | | | | | | | | |
| 24 | KEAEAACU | STAGE | II | 24 | O | | | | | 6 |
| 25 | KEAEAADU | SYNTHÈSE CIRCUITS NUM. & CONCEPTION DE SYSTÈMES NUMÉRIQUES | II | 3 | O | 18 | | 10 | 32 | |
| 26 | KEAEAAEU | ATELIERS DE CONCEPTION DE CIRCUITS INTÉGRÉS NUM. RAPIDES | II | 3 | O | | | | 36 | |

* **AN** :enseignenents annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre
**Stage**: en nombre de mois

| page | Code | Intitulé UE | semestre* | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | Seminaire | TD | TP | Stage* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Premier semestre** | | | | | | | | | | |
| 10 | KEAE9AAU | TECHNOLOGIE ET DISPOSITIFS ACTIFS À SEMICONDUCTEURS (Dispos actifs) | I | 6 | O | 23 | | 8 | 12 | |
| 12 | KEAE9ABU | CIRCUITS ÉLECTRONIQUES, OPTOÉLECTRONIQUES ET HYPERFRÉQUENCES (Circuits) | I | 3 | O | 27 | | 18 | 6 | |
| 13 | KEAE9ACU | FIABILITÉ, QUALITÉ, GEST. ÉNERGIE/SYST. SURVEIL.CHARGE UTILE (système charge utile) | I | 6 | O | 44 | | 10 | 15 | |
| | KEAE9ADU | ELECTRONIQUE AVIONIQUE ET SPATIAL | I | 3 | O | | | | | |
| 14 | KEAE9AD1 | Electronique Avionique et Spatial | | | | 8 | | 6 | | |
| 15 | KEAE9AD2 | Electronique Avionique et Spatial | | | | | 16 | | | |
| 21 | KEAE9AVU | ANGLAIS | I | 3 | O | | | 24 | | |
| 16 | KEAE9AFU | TECHNIQUES DE MESURES OPTOÉLECTRONIQUES ET HYPERFRÉQUENCES (Instrumentation) | I | 3 | O | 16 | | 18 | 6 | |
| 18 | KEAE9AHU | CAO MMIC CIRCUITS HYPERFRÉQUENCES (CAO hyperfréquences) | I | 3 | O | 8 | | | 12 | |
| 17 | KEAE9AGU | SYSTÈME DE SYNTHÈSE DE FRÉQUENCE | I | 3 | O | 14 | | 16 | | |
| **Second semestre** | | | | | | | | | | |
| 22 | KEAEAAAU | PROPAGATION, ANTENNES (propagation Antennes) | II | 3 | O | 18 | | 12 | 20 | |
| 23 | KEAEAABU | ATELIERS OPTO-HYPERFRÉQUENCE (Atelier Opto Hyper) | II | 3 | O | | | | 36 | |
| 24 | KEAEAACU | STAGE | II | 24 | O | | | | | 6 |

* **AN** :enseignenents annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre
**Stage**: en nombre de mois

# LISTE DES UE

| UE | TECHNOLOGIE ET DISPOSITIFS ACTIFS À SEMI-CONDUCTEURS (Dispos actifs) | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9AAU | Cours : 23h , TD : 8h , TP : 12h | Enseignement en français | Travail personnel 107 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ISOIRD Karine
Email : kisoird@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Dans cette UE les étudiants sont sensibilisés à la CAO des briques fondamentales des circuits MOS, à la conception des composants de puissance intégrés, à l'étude des dispositifs pour Hautes fréquences. L'objectif est d'approfondir des notions de base acquises en L3 et M1.

**Compétences acquises**

-problématiques des composants MOS de petite taille,
-spécificités des composants de puissance et leurs possibilités d'intégration.
- fonctionnalités et problématiques des composants IIIV des systèmes HF.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**[u]1-Conception des briques de base CMOS[/u]** : (11h + 12h de BE).
Comportement des transistors MOS de faibles dimensions, problématique de la tension de seuil et de la conduction sous le seuil.
Modèles simplifiés des technologies standards de fonderies.
Conception des portes numériques de base NMOS et CMOS : approche analytique + BE simulations (CADENCE-ELDO).
Ces fondamentaux sont indispensable aux concepteurs de circuits VLSI pour s'adapter aux modèles et aux méthodes de conception.

**[u]2- Composants de puissance : (10h)[/u]**
Physique des structures et des composants de puissance à semi-conducteurs (Si, SiC, GaN) : comprendre les compromis que le concepteur de circuit doit considérer lors d'un développement de circuit.
Etude des formes d'ondes de courant-tension dans des interrupteurs « dits intelligents » et adaptés aux systèmes embarqués.

**[u]3-Dispositfs avancés pour Hautes Fréquences :[/u] (10h).**
Montée en fréquence des composants actifs bipolaires et à effet de champ (dimensionnement, paradigmes technologiques), diagrammes de bandes, schémas électriques petit et fort-signal, performances des transistors (adaptation d'impédances, puissance RF, bruit), technologies GaN, SiGe et GaAs.

## PRÉ-REQUIS

paramètres physiques fondamentaux intervenant dans les modèles des composants (Jonction PN, Transistor Bipolaire, MESFET et MOS en statique et petits signaux).

## SPÉCIFICITÉS

Supports en anglais ou en français.
Cours en langue française.

## COMPÉTENCES VISÉES

Maîtrise des technologies adaptées aux secteurs de la haute tension en commutation, des applications très hautes fréquences en mode linéaire et non-linéaire, des composants optoélectroniques par le biais des technologies et des modèles physiques et électriques (vers la conception circuits vue dans les autres UE)
Maîtrise :
-des problématiques des composants MOS de petite taille, modèles et simulation.

-des spécificités des composants de puissance et leurs possibilités d'intégration.
-des fonctionnalités et les problématiques des composants IIIV des systèmes HF

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Optoélectronique R. Maciejko Presses Int. Polytechniques / Conception des circuits VLSI : Du composant au système, F. Anceau / Composants à semi-conducteur pour l'électronique de puissance, S. Lefebvre / Microwave and RF design, M. Steers

## MOTS-CLÉS

Semiconducteurs-composants,Technologies, HF,optoelectronique,puissance, tension

| UE | CIRCUITS ÉLECTRONIQUES, OPTOÉLECTRONIQUES ET HYPERFRÉQUENCES (Circuits) | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9ABU | Cours : 27h , TD : 18h , TP : 6h | Enseignement en français | Travail personnel 24 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FERNANDEZ Arnaud
Email : afernand@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Acquérir les bases nécessaires à l'évaluation théorique d'un circuit hyperfréquence et d'un système optique-micro-onde. Plus précisément, dans le cas des circuits hyperfréquences, il s'agit d'être capable de concevoir une fonction intégrée linéaire ou non-linéaire. Pour les systèmes optiques-micro-ondes, le travail portera sur la description des composants optoélectroniques rapides, la propagation sur fibre et le calcul du bilan de liaison. Il sera illustré par différents cas concrets d'applications.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**I Systèmes électroniques analogiques intégrés**
Techniques de conception avancée en technologie bipolaire et CMOS.
Analyse détaillée des principales fonctions analogiques intégrées.
**II - Circuits actifs et passifs micro-ondes**
Composants actifs microondes à état solide. Méthodes de conception de fonctions linéaires (amplification bas niveaux et faible bruit) et de fonctions non-linéaires (amplification de puissance, multiplication et mélange de fréquences, oscillation). Technologies d'intégration hybride MIC et monolithique MMIC : conséquences pour la Conception Assistée par Ordinateur (CAO).
**III - Propagation dans les fibres optiques**
Principe de la propagation optique guidée. Différents types de fibre, atténuation, dispersion, limitations. Les systèmes multiplexés. Performances et intérêt de la liaison par fibre.
**IV - Optoélectronique micro-onde**
Liaisons optiques fibrées aux fréquences micro-ondes. Composants laser, modulateur rapide, photodiode rapide, amplificateur optique, fibre. Rapport signal à bruit d'une liaison optique. Etude de systèmes optiques micro-ondes (applications embarquées). Génération d'ondes centimétriques et millimétriques par l'optique. Radio sur fibre.

## PRÉ-REQUIS

Bases sur la propagation des ondes optiques et hyperfréquences. Bases de l'étude des circuits électroniques analogiques.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

JL. Gautier, « Conception des dispositifs actifs hyperfréquences », Hermes, Lavoisier, 2014.
C. Rumelhard, C. Algani, A.L. Billabert, « Composants et circuits pour liaisons photoniques en micro-ondes », Hermes, Lavoisier, 2010.

## MOTS-CLÉS

Circuits électroniques analogiques, Circuits microondes linéaire et non-linéaire, (M)MIC.
Systèmes opto-micro-ondes, fibre optique, laser, modulateur, photodiode

| UE | FIABILITÉ, QUALITÉ, GEST. ÉNERGIE/SYST. SURVEIL.CHARGE UTILE (système charge utile) | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9ACU | Cours : 44h , TD : 10h , TP : 15h | Enseignement en français | Travail personnel 81 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FERNANDEZ Arnaud
Email : afernand@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de cet enseignement est d'apporter les notions fondamentales sur la fiabilité et la qualité pour bien concevoir des système électronique embarqués. Les aspects CEM (compatibilité électromagétique) et ESD (ElectroStatic Discharge) sont abordés. Les critères de choix et de dimensionnement des capteurs et des alimentations pour les systèmes embarqués sont étudiés.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

I Fiabilité, qualité, CEM. (26h).
Les normes de qualité et la fiabilité des systèmes électroniques embarqués font partie intégrante des processus de conception, de fabrication et de mise en œuvre de tout dispositif.
Cours dispensé en grande partie par des intervenants industriels, présentation des principales méthodes et les critères garantissant la fiabilité des Circuits Intégrés (CI) utilisés pour les applications spatiales.
Notions de décharges électrostatiques. Associé au module Electronique Avionique et Spatial.
II Technologies des capteurs. (12h)
Présentation de l'évolution technologique depuis l'apparition des Microsystèmes à nos jours avec le contexte international actuel.
III Micro-sources et gestion de l'énergie. (12h)
Dimensionnement des différents systèmes d'alimentations (convertisseurs DC/DC, LDO, pompes de charges) en fonction des applications visées et des sources d'énergie disponibles (avec ou sans stockage, renouvelables ou non).
IV VHDL AMS. (11h)
Langage VHDL-AMS pour le prototypage virtuel d'un système multi-physique.Simulation d'un système complet et écriture des modèles simples de certaines fonctions.
IV PROTECTION INDUSTRIELLE ET INNOVATION (8h)

## PRÉ-REQUIS

Electronique Analogique et Numérique (résolution syst. 2eme ordre, Filtrage, Analyse de Bode), Transformation de Fourier, Phénomène de Propagation : TEM, lignes

| UE | ELECTRONIQUE AVIONIQUE ET SPATIAL | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Electronique Avionique et Spatial | | |
| KEAE9AD1 | Cours : 8h , TD : 6h | Enseignement en français | Travail personnel 45 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FERNANDEZ Arnaud
Email : afernand@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE est proposée aux étudiants de M2 ESET en raison des débouchées notables de la formation vers des métiers touchant aux thématiques de l'avionique et du spatial. De plus, cette UE résulte de l'implication (ou sensibilisation) forte des étudiants ESET au projet nanosatellite NIMPH en phase C de son développement.
En prenant exemple sur le projet NIMPH, cette formation propose aux étudiants des méthodes et outils utilisés pour les différentes phases de réalisation d'un projet nanosatellite. En complément des interventions de spécialistes liées à la fiabilité des composants optiques, optoélectroniques, hyper fréquence et microélectronique en milieu avionique et spatial enrichiront cette formation.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

· **Projet nanosatellite (introduction et management)**
· **Etude de mission nanosatellite :**

1. Modèle structure thermique du satellite
2. Simulateur satellite (orbitologie)
3. Gestion de l'énergie
4. Définition du segment sol (télémesure RF)

· **Fiabilité et milieu avionique et spatial :**

1. Fiabilité des composants optiques et optoélectroniques
2. Effets thermiques et radiations sur les diodes laser.
3. Fiabilité des composants hyper-fréquence
4. Microélectronique hyperfréquence.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Antenna theory and design,*P.F. Combes* , Dunod
Physique des semiconducteurs et des composants électroniques,*H. Mathieu, H. Fanet* , Dunod
Les télécommunications par fibres optiques,*I. et M. Joindot* , Eyrolles

## MOTS-CLÉS

systèmes, composants, optoélectronique, microonde, microélectronique, avionique, spatial, nanosatellite

| UE | ELECTRONIQUE AVIONIQUE ET SPATIAL | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| Sous UE | Electronique Avionique et Spatial | | |
| KEAE9AD2 | Séminaire : 16h | Enseignement en français | Travail personnel 45 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FERNANDEZ Arnaud
Email : afernand@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE est proposée aux étudiants de M2 ESET en raison des débouchées notables de la formation vers des métiers touchant aux thématiques de l'avionique et du spatial. De plus, cette UE résulte de l'implication (ou sensibilisation) forte des étudiants ESET au projet nanosatellite NIMPH en phase C de son développement.
En prenant exemple sur le projet NIMPH, cette formation propose aux étudiants des méthodes et outils utilisés pour les différentes phases de réalisation d'un projet nanosatellite. En complément des interventions de spécialistes liées à la fiabilité des composants optiques, optoélectroniques, hyper fréquence et microélectronique en milieu avionique et spatial enrichiront cette formation.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- **Projet nanosatellite (introduction et management)**
- **Etude de mission nanosatellite :**
  1. Modèle structure thermique du satellite
  2. Simulateur satellite (orbitologie)
  3. Gestion de l'énergie
  4. Définition du segment sol (télémesure RF)
- **Fiabilité et milieu avionique et spatial :**
  1. Fiabilité des composants optiques et optoélectroniques
  2. Effets thermiques et radiations sur les diodes laser.
  3. Fiabilité des composants hyper-fréquence
  4. Microélectronique hyperfréquence.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Antenna theory and design,*P.F. Combes* , Dunod
Physique des semiconducteurs et des composants électroniques,*H. Mathieu, H. Fanet* , Dunod
Les télécommunications par fibres optiques,*I. et M. Joindot* , Eyrolles

## MOTS-CLÉS

systèmes, composants, optoélectronique, microonde, microélectronique, avionique, spatial, nanosatellite

| UE | TECHNIQUES DE MESURES OPTOÉLECTRONIQUES ET HYPERFRÉQUENCES (Instrumentation) | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9AFU | Cours : 16h , TD : 18h , TP : 6h | Enseignement en français | Travail personnel 35 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ARGUEL Philippe
Email : arguel@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Maîtriser et appliquer les techniques élémentaires de mesures en optoélectronique et en hyperfréquences.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Après une approche théorique, les techniques de mesure sont appliquées, à part égale, sur des montages optoélectroniques et hyperfréquences.

**I.Traitement du signal et bruit de fond**

- Signaux déterministes et stochastiques, densités spectrales de puissance
- Échantillonnages
- Notions de bruit électronique internes/externes des systèmes électroniques
- Les différents types de bruit dans les composants, circuits et systèmes de télécomnuications, radiomètres ou radar. Rapport S/N.

**II. Optoélectronique**

- Rappels fondamentaux d'optique.
- Eléments constitutifs des appareils de mesure.
- Spectroscopie, interférométrie, imagerie.
- Photométrie / radiométrie

**III. Hyperfréquences**

- Analyseur de réseau vectoriel : technique de calibrage, instrumentation
- Analyseur de spectre : métrologie dans le domaine fréquentiel et passage au domaine temporel

## PRÉ-REQUIS

Bases de théorie du signal, de la propagation et de l'analyse de signaux.
Notions fondamentales d'optique. Techniques d'analyse de l'électronique linéaire.

## COMPÉTENCES VISÉES

-métrologie des systèmes électroniques HF et optoélectroniques
-théorie et métrologie des bruits électroniques

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Fibre optic communication devices - N. Grote et al - Springer 200Optoélectronique - R. Maciejko - Presses Internationales Polytechniques 2002
Théorie et traitement des signaux - Coulon (Dunod)
Bruits et signaux parasites - Vasilescu (Dunod)

## MOTS-CLÉS

instrumentation, métrologie, optoélectronique, hyperfréquences, bruit de fond électronique, S/N et RIN

| UE | SYSTÈME DE SYNTHÈSE DE FRÉQUENCE | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9AGU | Cours : 14h , TD : 16h | Enseignement en français | Travail personnel 45 h |
| URL | https://moodle.univ-tlse3.fr/course/view.php?id=3925 | | |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TOURNIER Eric
Email : tournier@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les synthèses de fréquences sont essentielles dans les systèmes de télécommunication, car elles permettent aux différents standards de communication (WiFi, Bluetooth, ZigBee, WiMax, WiHD, ...) d'exister et de cohabiter sur le même spectre fréquentiel. La connaissance des principes de fonctionnement de ces synthèses est primordiale dès lors que l'on souhaite en optimiser des paramètres aussi divers que la résolution, la précision, l'agilité, la pureté spectrale, afin d'assurer de hautes performances à un faible coût (accès grand public) et avec une faible consommation (bonne autonomie).

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**I. Synthèse de fréquence indirecte (PLL)**
Tour d'horizon, rôle de la synthèse de fréquence dans un émetteur/récepteur, caractéristiques fondamentales, oscillateurs contrôlés en tension (VCO), bruit de phase, division de fréquence entière et fractionnaire, détecteur phase/fréquence, pompe de charges, calcul du filtre de boucle.
**II. Synthèse de fréquence numérique directe (DDS)**
Principe des DDS, accumulateur de phase, additionneurs rapides, convertisseur phase/amplitude, implémentations matérielles et logicielles, convertisseur numérique/analogique, logiques rapides (CML/ECL), spectre, rapport signal/bruit.

## PRÉ-REQUIS

Bases d'électronique analogique et numérique. Transformées (Fourier, Laplace, en Z, FFT).

## COMPÉTENCES VISÉES

Cette unité donne les outils nécessaires à la conception et à l'analyse des différents types de synthèses de fréquence existantes (*directe* , *indirecte* , *analogique* , *numérique* et *mixte* ).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

"Synthèse de fréquence", E. Rubiola et V. Giordano, Techniques de l'ingénieur

## MOTS-CLÉS

PLL, DDS, pompe de charges, PFD, VCO, accumulateur, additionneur, pipeline, CNA, spectre

| UE | CAO MMIC CIRCUITS HYPERFRÉQUENCES (CAO hyperfréquences) | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9AHU | Cours : 8h , TP : 12h | Enseignement en français | Travail personnel 55 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TARTARIN Jean-Guy
Email : tartarin@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module est réalisé sous forme de bureaux d'études durant lesquels les étudiants sont initiés au logiciel ADS (Keysight) pour la simulation de circuits et de systèmes HF linéaires et non linéaires.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les étudiants utilisent une plateforme de simulation électronique de circuits huates fréquences.
-Simulation de circuits passifs/ actifs.
-Adaptation d'impédance (amplificateur bas niveau)
-simulation équilibrage harmonique (oscillateur)
-simulation EM de circuit intégré HF (MMIC : Microwave Monolithic Integrated Circuit)
Ces bureaux d'études d'initiation sont un prérequis pour l'Atelier Opto-hyperfréquences (simulations EM de circuits MMIC)

## PRÉ-REQUIS

Electronique HF, propagation lignes de transmission, adaptation d'impédance, circuits élecroniques analogiques

## COMPÉTENCES VISÉES

Former les étudiants à la conception de circuits hautes fréquences hybrides ou monolithiques

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Microwave and RF Design, Volume 3 (également 1 à 5) Networks by Michael Steer.
- Microwave Engineering by Pozar David M.

## MOTS-CLÉS

conception circuits HF linéaires et non-linéaires, circuits hybrides MIC et monolithiques intégrés MMIC, CAO

| UE | CAO MICROÉLECTRONIQUE ET MICROSYSTÈMES | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9AMU | Cours : 13h , TD : 5h , TP : 12h | Enseignement en français | Travail personnel 45 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

VILLENEUVE-FAURE Christina
Email : christina.villeneuve@laplace.univ-tlse.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Manier les outils de la simulation multi-physiques, de la modélisation électrique et de la réalisation des microsystèmes.
Développer une analyse critique des résultats obtenus aussi bien expérimentalement que par la simulation.
Maîtriser la modélisation électrique-physique des composants, pour proposer des motifs de tests électriques judicieux à insérés dans la conception des composants et capteurs
L'enseignement des familles logiques bipolaires permet d'illustrer l'analyse de circuit de moyenne complexité, faisant appel au différent modèle du transistor bipolaire (Giaccoletto, Ebers et Moll, ...) en fonction de son état de conduction (passant, saturé et bloqué).

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**Simulations multi-physique à l'AIME**

- La partie simulation multi-physique initie les étudiants à l'utilisation de codes numériques pour la résolution dans le domaine des micro et nanosystèmes de problèmes électrique, thermique et mécanique, ces modes étant souvent fortement couplés.
- L'objectif, quel soit le type de simulation entreprise, est d'amener l'étudiant à développer un regard critique sur les résultats numériques obtenus. Cela passe par la validation par des bilans électrique ou énergétique et confrontation avec les résultats expérimentaux.
-

**Modélisation et caractérisation électrique des composants**

- Approfondissements des modèles électriques des composants.
- Méthodes et dimensionnement de motifs de tests électrique et technologique pour l'optimisation des composants. On intègrera des considérations thermiques, haute-frèquence, sensibilité des capteurs, ...

**Familles logiques bipolaires**

- Rappels sur le fonctionnement du transistor bipolaire, et ses modélisations en fonction de son état de conduction
- En abordant successivement les familles RTL, DTL, I2L, TTL et enfin ECL, nous montrons leurs limites respective et les solutions pour les repousser.

## PRÉ-REQUIS

Bases d'électronique, connaissances élémentaires en physique pour aborder la thermique, mécanique, ...

| UE | MICRO ET NANOSYSTÈMES | 6 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9ANU | Cours : 23h , TD : 10h , TP : 21h | Enseignement en français | Travail personnel 96 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ISOIRD Karine
Email : kisoird@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Le programme associé à cet UE propose à l'étudiant d'acquérir une vision globale de la conception à la réalisation des micro et nano-systèmes. Des ouvertures vers des thématiques de recherche développées au plan local, national et international y sont introduites telles que les matériaux semiconducteurs nouvellement développés ou encore des notions de nanoélectronique CMOS.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**I Physique et technologie des LASERS**

— Principes communs de la LED au Laser, évolution des structures et des performances, introduction à la nanophotonique, éléments de technologie des lasers à semiconducteur.

**II Nano électronique**

— Présentation les enjeux et perspectives de la nanoélectronique, en décrivant les technologies des CMOS ultimes et leurs limitations physiques et technologiques inhérente aux réductions d'échelles des dispositifs.

**III TCAD microélectronique**

— Présentation des outils de simulation à éléments finis SILVACO. Simulations physiques pour mettre en évidence l'impact des paramètres géométriques et technologiques sur les performances de composants

**IV Composants à Hétérojonctions, Technologies III-V et Matériaux à Grand Gap**

— Intérêt de l'hétérojonction pour l'amélioration des performances des composants HF, Présentation des technologies mises en œuvres dans les filières III, Propriétés des matériaux à grand Gap et champs applicatifs

## PRÉ-REQUIS

Physique et chimie générale, physique des semiconducteurs et composants électronique, microtechnologie, optoélectronique.

| UE | ANGLAIS | 3 ECTS | 1er semestre |
|---|---|---|---|
| KEAE9AVU | TD : 24h | Enseignement en français | Travail personnel 51 h |
| URL | https://moodle.univ-tlse3.fr/course/view.php?id=2397 | | |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CONNERADE Florent
Email : florent.connerade@univ-tlse3.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

**Niveau C1/C2 du CECRL (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues )** L'objectif de cette UE est de permettre aux étudiants de développer les compétences indispensables à la réussite dans leur future vie professionnelle en contextes culturels variés.Il s'agira d'aquérir l'autonomie linguistique nécessaire et de perfectionner les outils de langue spécialisée permettant l'intégration professionnelle et la communication d'une expertise scientifique dans le contexte international.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les étudiants développeront :- les compétences liées à la compréhension de publications scientifiques ou professionnelles rédigées en anglais ainsi que les compétences nécessaires à la compréhension de communications scientifiques orales.- les outils d'expression permettant de maîtriser une présentation orale et/ou écrite et d'aborder une discussion critique dans le domaine scientifique, (ex. rhétorique, éléments linguistiques, prononciation...) .- la maîtrise des éléments d'argumentation critique à l'oral et/ou à l'écrit d'une publication scientifique- une réflexion plus large sur leur place, leur intégration et leur rayonnement en tant que scientifiques dans la société, abordant des questions d'actualité, d'éthique, d'intégrité.

## PRÉ-REQUIS

**Niveau B2 du CECRL**

## COMPÉTENCES VISÉES

S'exprimer avec aisance à l'oral, devant un public, en usant de registres adaptés aux différents contextes et aux différents interlocuteurs.Se servir aisément d'une langue vivante autre que le français : compréhension et expression écrites et orales :
- Comprendre un article scientifique ou professionnel rédigé en anglais sur un sujet relatif à leur domaine.
- Produire un écrit scientifique ou technique dans un anglais adapté, de qualité et respectant les normes et usages de la communauté scientifique anglophone.
-Interagir à l'oral en anglais : réussir ses échanges formels et informels lors des colloques, réunions ou entretiens professionnels.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

howjsay.com, granddictionnaire.com, linguee.fr, iate.europa.eu.

## MOTS-CLÉS

projet - Anglais scientifique - Rédaction - Publication - Communications - esprit critique scientifique - interculturel

| UE | PROPAGATION, ANTENNES (propagation Antennes) | 3 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KEAEAAAU | Cours : 18h , TD : 12h , TP : 20h | Enseignement en français | Travail personnel 25 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

PASCAL Olivier
Email : olivier.pascal@laplace.univ-tlse.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Aujourd'hui, l'étude des nombreuses technologies utilisant les microondes se focalise sur le point de vue fonctionnel sans s'attarder sur les mécanismes physiques sous-jacents. Cette unité d'enseignement a pour objectif de revenir sur la compréhension des propriétés fondamentales des ondes électromagnétiques.
Ainsi, les étudiants peuvent identifier le comportement physique de ces ondes dans des conditions inhabituelles.
La simulation numérique est abordée, notamment dans le contexte de la conception d'antennes planaires.
Le contexte spatial et les problématiques actuelles de recherche illustrent cet enseignement : la propagation ionosphérique et le black-out, la compatibilité électromagnétique des propulseurs électriques embarqués ou la protection par plasma des charges utiles.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**I Propagation :**
La démarche pédagogique part de l'étude approfondie des ondes planes dans des milieux conventionnels. Interprétation physique des formulations utilisées.
Extension du domaine à l'observation des grandeurs physiques, des milieux non-conventionnels tels que les métamatériaux ou les plasmas.
Les ondes de surface sont ensuite abordées comme une extension des ondes planes.
La propagation d'un champ quelconque est traitée par superposition d'ondes planes (technique permettant de traiter simplement le rayonnement d'une ouverture et d'aboutir à son diagramme de rayonnement).
**II Antennes :**
- Conception d'une antenne patch en appui sur un simulateur numérique.
- Antennes spatiales à fort gain pour charge utile télécom.
- Antennes Ultra Large Bande.

**III Systèmes spatiaux :**
- Compatibilité Electromagnétique des charges utiles spatiales avec les systèmes de propulsion électriques.
- Protection des récepteurs télécom.

Bureau d'étude : approfondissement scientifique et technique d'un thème d'actualité à partir d'une étude bibliographique. Les étudiants doivent restituer de manière pédagogique leur compréhension du sujet et ainsi former leurs camarades sur la question retenue.

## PRÉ-REQUIS

Ondes planes, équations de Maxwell, équation d'onde, Transformées de Fourier, Propriétés de base des antennes, architecture des systèmes de télécom.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

« Micro - ondes », P.F. Combes, volume 2, Dunod, 1997
« Antenna theory and design », C.A. Balanis, Wiley
« Field, Force, Energy and Momentum in Classical Electrodynamics », M. Mansuripur 2011

## MOTS-CLÉS

Electromagnétisme, microonde, hyperfréquence, antenne, propagation, plasma, black-out, métamatériau, onde, CEM, espace, satellite.

| UE | ATELIERS OPTO-HYPERFRÉQUENCE (Atelier Opto Hyper) | 3 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KEAEAABU | TP : 36h | Enseignement en français | Travail personnel 39 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TARTARIN Jean-Guy
Email : tartarin@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Maîtriser les régles de conception de circuits et systèmes optiques et RF en approches singulières (conception RF) et mixtes (transmissions de signaux micro-ondes sur porteuse optique).
- Etude de dispositifs de génération et de transport de signaux microonde au travers de composants optiques. Caractérisation de différentes topologies (étude du gain, du facteur de bruit, des sources de bruit).
- Concevoir des circuits actifs intégrés MMIC du cahier des charges jusqu'à la réalisation des masques et assemblage des circuits actifs pour tête de réception 10-12 GHz.
- Maîtrise des étapes de conception de circuits (LNA, Mixer, VCO) du composant actif (transistor HEMT), du choix topologique du circuit jusqu'à la simulation Electromagnétique et la réalisation du layout. Maîtrise des règles de dessin et CEM

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1. **Intégration de circuits analogiques haute-fréquence - ADS**
   - 1.1 Approche spécifique haute-fréquence et passerelles basse fréquence,
   - 1.2 Complémentarité des simulations temporelles et fréquentielles,
   - 1.3 Composants à constantes réparties et à constantes localisées (adaptation, layout),
   - 1.4 Dimensionnement des composants actifs pour applications linéaires faible bruit (amplificateurs) et non-linéaires (oscillateurs et mélangeurs de fréquence).
   - 1.5 Conception d'un récepteur MMIC en bande X (10 GHz) : *LNA* , *VCO* , *mixer*
2. **Dispositifs de génération et de transmission opto-microonde**
   - 2.1 Etude d'une liaison optique à base d'un laser VCSEL modulé en direct
   - 2.2 Etude d'une liaison optique à base d'un laser DFB et d'un modulateur externe
   - 2.3 Synthèse microonde (10 GHz) par rétrodiffusion Brillouin
   - 2.4 Caractérisation tout optique d'un amplificateur à fibre dopée erbium
   - 2.5 Caractérisation optoélectronique d'un amplificateur à fibre dopée erbium

## PRÉ-REQUIS

Bases d'électronique analogique et numérique. Électronique HF. Transformées (Fourier, Laplace, en Z). Adaptation d'impédance (Smith).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*Mathématiques du signal* , D. Ghorbanzadeh et al., Éd. Dunod, 2008
*Électronique appliquée aux hautes fréquences* , F. de Dieuleveult et al., Éd. Dunod, 2008
*Télécommunications par fibres optiques* , M. Joindot, Éd. Dunod, 1996

## MOTS-CLÉS

CAD MMIC, LNA, VCO, mixer, bande X, liaison opto-RF

| UE | STAGE | 24 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KEAEAACU | Stage : 6 mois | Enseignement en français | Travail personnel 600 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TARTARIN Jean-Guy
Email : tartarin@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de cette UE est de préparer les étudiants à leur future insertion sur le marché de l'emploi. Plus précisément, il s'agit de :

- les préparer à leur recherche d'emploi à travers leur recherche de stage (rédaction de CV, lettre de motivation, entretiens, ...),
- leur permettre d'acquérir une première expérience professionnelle valorisable par la suite sur leur CV,
- les mettre en situation en leur confiant des missions scientifiques et techniques au sein d'une entreprise (grand groupe, PME, startup) ou d'un laboratoire, selon qu'ils se destinent à une carrière dans l'industrie ou dans la recherche.

Ce stage peut être réalisé en France ou à l'étranger.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les sujets de stages doivent être en cohérence avec les thématiques du master afin que l'expérience professionnelle ainsi acquise soit valorisable pour leur future recherche d'emploi. Pendant son stage, l'étudiant travaillera au sein d'une entreprise ou d'un laboratoire sous la direction d'un responsable. Un référent parmi l'équipe pédagogique sera désigné pour faire l'interface entre le stagiaire et son responsable, et l'université. A l'issue du stage, un rapport devra être rédigé à destination de l'entreprise et des enseignants et une soutenance sera organisée.

## PRÉ-REQUIS

UE de formation générale, UE scientifiques du master.

## MOTS-CLÉS

Expérience professionnelle, mise en situation.

| UE | SYNTHÈSE CIRCUITS NUM. & CONCEPTION DE SYSTÈMES NUMÉRIQUES | 3 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KEAEAADU | Cours : 18h , TD : 10h , TP : 32h | Enseignement en français | Travail personnel 15 h |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TOURNIER Eric
Email : tournier@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif est d'introduire les notions de conception de systèmes numériques. Cette unité s'appuie sur l'utilisation intensive du langage de conception VHDL en approfondissant les connaissances acquises en 1ère année. La deuxième partie présente les techniques permettant de réaliser un système physique à partir des codes développés en VHDL.
Le second objectif est d'introduire les notions de conception de systèmes programmable ou reprogrammables sur puce : SoPC (System on Programmable Chip). Le partitionnement « hardware » et « software » sont présentés au travers d'applications concrètes mettant en œuvre des systèmes numériques simples et plus complexes visant le contrôle de processus tels que du traitement de données de capteurs, d'images, ou autre.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**1 -** Face à l'augmentation des complexités des systèmes numériques, les méthodes de conception doivent s'adapter. Le langage VHDL est mis en pratique dans une série de TP dont le but est de développer des systèmes numériques. Dans une première partie cette implémentation est effectuée sur des circuits numériques programmables (FPGA) dans l'environnement Quartus (Altera). La deuxième partie se concentre sur la synthèse de circuits logiques sur circuit intégré.
**2 - SoPC** , acronyme de « **S** ystem **o** n **Programmable C hip** », désigne un système complet embarqué sur une puce reprogrammable de type FPGA, pouvant comprendre de la mémoire (data / code), un ou plusieurs processeurs, des périphériques d'interface, ou tout autre composant nécessaire à la réalisation de la fonction attendue. L'objectif de cet enseignement et d'introduire des notions de conception hiérarchiques mixant une partie matérielle (Hardware) et une partie logicielle (Software). Au travers d'une application qui est le contrôle et le traitement de flux de données, les étudiants verront comment, dans une même application, intégrer microprocesseur, PLL, et fonctions complexes.

## PRÉ-REQUIS

Electronique numérique, VHDL, Langage C

| UE | ATELIERS DE CONCEPTION DE CIRCUITS INTÉGRÉS NUM. RAPIDES | 3 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KEAEAAEU | TP : 36h | Enseignement en français | Travail personnel 39 h |
| URL | https://moodle.univ-tlse3.fr/course/view.php?id=4724 | | |

[ Retour liste des UE ]

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TOURNIER Eric
Email : tournier@laas.fr

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La mise au point de circuits intégrés est aujourd'hui indissociable d'outils de conception assistée par ordinateur (CAO) qui permettent la description fonctionnelle par langage de haut-niveau (ex VHDL-AMS), le partitionnement logiciel/matériel (Codesign), la synthèse automatisée ou bien la saisie manuelle de composants, les simulations variées (électriques, électromagnétiques, temporelles, fréquentielles, ...), le placement/routage automatisé ou bien la saisie manuelle d'un dessin des masques, la vérification des règles de dessin (DRC), la validation par rapport à la schématique initiale (LVS), l'extraction de parasites pour la rétro-simulation, etc.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Cet atelier exploite l'environnement Cadence à travers l'étude d'un prédiviseur haute fréquence à double rapport de division $N / N + 1$, en logique ECL, destiné à être utilisé dans un diviseur de fréquence complet programmable à double module. Après une présentation du principe de division et un rappel sur les étages différentiels, une porte élémentaire inverseuse ECL est d'abord conçue, simulée et optimisée. Elle est ensuite déclinée en une porte OU/NON-OU, puis en bascule D. L'assemblage de deux portes OU/NON-OU et de trois bascules D sert au final à former un diviseur 4 / 5. Les étudiants peuvent choisir d'optimiser la puissance consommée $P$ DC ou la fréquence de fonctionnement maximale $f$ max de leur diviseur, et comparer leur résultat au travers du facteur de mérite $f$ max / $P$ DC.

## PRÉ-REQUIS

Bases d'électronique analogique et numérique. Amplificateurs opérationnels. Électronique HF. Simulation circuits.

## COMPÉTENCES VISÉES

Cette unité a pour objectif d'initier les étudiants à ces étapes de conception d'un circuit intégré (ASIC), en manipulant l'environnement CAO professionnel Cadence.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

M. Alioto and G. Palumbo, *Model and design of bipolar and MOS current-mode logic : CML, ECL and SCL digital circuits* . Dordrecht : Springer, 2005.

## MOTS-CLÉS

Verrou, Bascule D, diviseur de fréquence, étage différentiel, ECL, CML.

| UE | ATELIERS MICROÉLECTRONIQUES (AIME-INSA) | 6 ECTS | 2nd semestre |
|---|---|---|---|
| KEAEAAFU | Cours : 20h , TD : 4h , TP : 32h | Enseignement en français | Travail personnel 94 h |

[ Retour liste des UE ]

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Maîtriser les règles de conception et la réalisation technologique de circuits intégrés microélectronique, micro-systèmes et circuits micro-fluidique.
Maîtriser la réalisation de capteurs multi-physique à l'AIME, la théorie et la réalisation de composant organique et enfin la théorie de la microfluidique et la réalisation de circuits microfluidique

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

**I Réalisation de capteurs multi-physique à l'AIME**

- Présentation du process Polysens employé lors du stage en salle blanche, avec l'illustration de l'emploi des dispositifs réalisés dans de nombreux projets de recherche.
- Réalisation de Capteur Multi-physique depuis le wafer vierge au capteur monté en boitier
- Test électrique sous pointes pour illustrer le sensibilité à la température, à la déformation et à la lumière.

**II Réalisation de composant Organique (OLED) au laboratoire Laplace**

- Présentation de la technologie d'élaboration des composants organique et leur fonctionnement Etude d'une liaison optique à base d'un laser VCSEL modulé en direct
- Réalisation de diode électroluminescente organique (OLED)
- Caractérisations électrique et optique d'OLED via l'utilisation d'un spectromètre

**III Théorie et la réalisation de circuits micro-fluidiques**

- Développer des aspects théoriques et pratiques centrés sur la miniaturisation des dispositifs fluidiques. Introduire les filières technologiques de fabrication de MEMS dédiés à la manipulation de faibles volumes de fluides (nl, pl, fl). Focaliser sur les aspects multidisciplinaires alliant ingénierie, physique, chimie, bio-technologie.

## PRÉ-REQUIS

Bases de l'électronique analogique, des capteurs et de leurs technologies d'élaboration. Connaissances élémentaires en mécanique du solide et des fluides

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

P. Tabeling, Introduction à la microfluidique, Belin,&#8206 ; 2003
John G. Webster, Measurement, Instrumentation and Sensors, 1999

# GLOSSAIRE

## TERMES GÉNÉRAUX

### SYLLABUS

Dans l'enseignement supérieur, un syllabus est la présentation générale d'un cours ou d'une formation. Il inclut : objectifs, programme de formation, description des UE, prérequis, modalités d'évaluation, informations pratiques, etc.

### DÉPARTEMENT

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

### UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoires, à choix ou facultatives. Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel sont associés des ECTS.

### UE OBLIGATOIRE / UE FACULTATIVE

L'UE obligatoire fait référence à un enseignement qui doit être validé dans le cadre du contrat pédagogique. L'UE facultative vient en supplément des 60 ECTS de l'année. Elle est valorisée dans le supplément au diplôme. L'accumulation de crédits affectés à des UE facultatives ne contribue pas à la validation de semestres ni à la délivrance d'un diplôme.

### ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS constituent l'unité de mesure commune des formations universitaires de licence et de master dans l'espace européen. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement, 60 par an). Le nombre d'ECTS varie en fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

## TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

### DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart des formations de l'UT3 relèvent du domaine « Sciences, Technologies, Santé ».

### MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Il s'agit du niveau principal de référence pour la définition des diplômes nationaux. La mention comprend, en général, plusieurs parcours.

### PARCOURS

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

### LICENCE CLASSIQUE

La licence classique est structurée en six semestres et permet de valider 180 crédits ECTS. Les UE peuvent être obligatoires, à choix ou facultatives. Le nombre d'ECTS d'une UE est fixé sur la base de 30 ECTS pour l'ensemble des UE obligatoires et à choix d'un semestre.

### LICENCE FLEXIBLE

À la rentrée 2022, l'université Toulouse III - Paul Sabatier met en place une licence flexible. Le principe est d'offrir une progression "à la carte" grâce au choix d'unités d'enseignement (UE). Il s'agit donc d'un parcours de formation personnalisable et flexible dans la durée. La progression de l'étudiant·e dépend de son niveau de départ et de son rythme personnel. L'inscription à une UE ne peut être faite qu'à condition d'avoir validé les UE pré-requises. Le choix de l'itinéraire de la licence flexible se fait en concertation étroite avec une direction des études (DE) et dépend de la formation antérieure, des orientations scientifiques et du projet professionnel de l'étudiant·e. L'obtention du diplôme est soumise à la validation de 180 crédits ECTS.

### DIRECTION DES ÉTUDES ET ENSEIGNANT·E RÉFÉRENT·E

La direction des études (DE) est constituée d'enseignantes et d'enseignants référents, d'une directrice ou d'un directeur des études et d'un secrétariat pédagogique. Elle organise le projet de formation de l'étudiant·e en proposant une individualisation de son parcours pouvant conduire à des aménagements. Elle est le lien entre l'étudiant·e, l'équipe pédagogique et l'administration.

## TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

### CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiantes et d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphithéâtres. Ce qui caractérise également le cours magistral est qu'il est le fait d'une enseignante ou d'un enseignant qui en définit les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations avec l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte donc la marque de la personne qui le crée et le dispense.

### TD : TRAVAUX DIRIGÉS

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

### TP : TRAVAUX PRATIQUES

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

### PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

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

### TERRAIN

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

## STAGE

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

## SESSIONS D'ÉVALUATION

Il existe deux sessions d'évaluation : la session initiale et la seconde session (anciennement appelée "session de rattrapage", constituant une seconde chance). La session initiale peut être constituée d'examens partiels et terminaux ou de l'ensemble des épreuves de contrôle continu et d'un examen terminal. Les modalités de la seconde session peuvent être légèrement différentes selon les formations.

## SILLON

Un sillon est un bloc de trois créneaux de deux heures d'enseignement. Chaque UE est généralement affectée à un sillon. Sauf cas particuliers, les UE positionnées dans un même sillon ont donc des emplois du temps incompatibles.


Université
de Toulouse