

SCIENCES, INGÉNIERIE ET TECHNOLOGIES

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique



Niveau d'étude
visé
BAC +5

Parcours proposés

- Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique
- Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique (Apprentis)

Présentation

Infos pratiques

Lieu(x)

 INPT ENSEEIHT

Programme

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie électrique (En-Ge) 1ère année

Semestre 5 3EA-FISE

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
INTEGRATION ET PROBABILITES	UE				5 crédits
Intégration	Matière				
Variable Complexe	Matière				
Probabilités	Matière				
ALGORITHMIQUE, PROGRAMMATION ET ARCHI CALCULATEURS	UE				5 crédits
Algorithmique et Programmation impérative	Matière				
Architecture et Programmation en assembleur	Matière				
CONCEPTION DE SYSTEMES LOGIQUES	UE				5 crédits
Approche théorique de la logique combinatoire, séquentielle	Matière				
Fonction logique et technologique	Matière				
BE Conception d'unités logiques séquentielles-combinatoires	Matière				
BASES DES CIRCUITS	UE				5 crédits
Méthodes d'analyse des circuits électriques	Matière				
Méetrologie et circuits de puissance	Matière				
TP Circuits	Matière				
PHYSIQUE POUR EEEA	UE				5 crédits
Electromagnétisme	Matière				
Physique des matériaux	Matière				
Propagation dans les lignes	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 1	UE				5 crédits
Professional Communication and English-S5-LV1	Matière				
LV2-1ère année	Choix				
EPS-S5	Matière				
Careers and Management - Sem.5	Matière				

Semestre 6-3EA-FISE

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
ANALYSE NUMERIQUE ET STATISTIQUES	UE				5 crédits
Calcul différentiel et optimisation	Matière				
Statistiques	Matière				

Résolution d'EDP par différences finies	Matière	
SIGNAL ET AUTOMATIQUE	UE	5 crédits
Traitement du Signal	Matière	
Traitement Numérique du Signal	Matière	
Automatique des systèmes linéaires continus	Matière	
CIRCUITS ELECTRIQUES ET SYSTEMES	UE	5 crédits
Modélisation par analogies physiques et analyse	Matière	
Amplificateur opérationnel et compensation	Matière	
Matière à choix	Choix	
Montages amplificateurs Avancés	Matière	
Modélisation des Circuits Magnétiques	Matière	
COMPOSANTS ET ARCHITECTURES	UE	5 crédits
Physique du semiconducteur et jonction PN	Matière	
Transistors de signal et composants de puissance	Matière	
Matière à choix	Choix	
Montages amplificateurs transistors	Matière	
Introduction à la conversion statique	Matière	
UE à choix (1 parmi 3)	Choix	5 crédits
OBJETS CONNECTES	UE	5 crédits
Objets connectés	Matière	
AVION PLUS ELECTRIQUE	UE	5 crédits
Réseaux électrique de bord d'avion	Matière	
Structure de base de la conversion C/A et A/C	Matière	
Conversion électromécanique	Matière	
INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS	UE	5 crédits
Introduction aux Communications Numériques	Matière	
Introduction aux réseaux	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 2	UE	5 crédits
Elément à choix UE SHS S6 FISE	Élément constitutif	
Professional Communication and English-LV1-Sem.6	Matière	
EPS-S6-1ère Année	Matière	
Leadership Part 1 - S6	Matière	
Leadership Part 2 - S6	Matière	
Entrepreneurship Part 1 - S6	Matière	
Entrepreneurship Part 2 - S6	Matière	
Citizenship Part 1 - S6	Matière	
Citizenship Part 2 - S6	Matière	
Méthodes agiles	Matière	
Managership P1-S6	Matière	
Managership P2-S6	Matière	
Espagnol-S6	Matière	
Portugais-S6	Matière	
Chinois-S6	Matière	

Italien-S6

Japonais-S6

Russe-S6

Allemand-S6

FLE - S6

LSF - S6

Matière

Matière

Matière

Matière

Matière

Matière

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie électrique (En-Ge) 2ème année

Semestre 7 - Parcours à choix (manuel)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 7 - Parcours Electronique (EN)	Choix				30 crédits
ANALOGIQUE RF	UE				5 crédits
Circuits Actifs RF	Matière				
PLL et Oscillateurs	Matière				
Filtrage analogique	Matière				
TP Advanced Design System (ADS)	Matière				
ANALOGIQUE BF	UE				5 crédits
Classes d'amplification	Matière				
Projet Analogique	Matière				
NUMERIQUE	UE				5 crédits
VHDL	Matière				
Chaine d'instrumentation	Matière				
PROPAGATION ELECTROMAGNETIQUE	UE				5 crédits
Propagation guidée	Matière				
Circuits passifs Idéaux	Matière				
Lignes de transmission	Matière				
TRAITEMENT DE L'INFORMATION	UE				5 crédits
Signaux aléatoires	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				
Microprocesseur	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE				
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière				
LV2-2ème Année-S7	Bloc				
EPS-2A-Sem.7	Matière				
Careers and Management-S7	Matière				
Semestre 7 - Electronique, Energie Electrique et Simulations (EEES)	Choix				30 crédits
PROPAGATION ELECTROMAGNETIQUE	UE				5 crédits
Propagation guidée	Matière				
Circuits passifs Idéaux	Matière				
Lignes de transmission	Matière				
INFORMATIQUE ET FILTRAGE ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Filtrage analogique	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				

Fiabilité des calculs numériques	Matière	
CALCUL SCIENTIFIQUE 3EA	UE	5 crédits
Signaux aléatoires	Matière	
Analyse Numérique	Matière	
Méthodes Numériques pour les EDP	Matière	
COMPOSANTS DE PUISSANCE ET MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Modélisation et simulation électro-magnéto-thermique de composants en électronique de puissance	Matière	
Principe et structure des machines	CM	
MODELISATION DES MACHINES ELECTRIQUES & SIMULATION NUMERIQUE	UE	5 crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière	
Expériences numériques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE	
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière	
LV2-2ème Année-S7	Bloc	
EPS-2A-Sem.7	Matière	
Careers and Management-S7	Matière	
Semestre 7 - Energie (NRJ)	Choix	30 crédits
ARCHITECTURES ET DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES INFORMATIQUES	UE	5 crédits
Conception et Programmation Orientée-Objet	Matière	
Principe des Systèmes d'Exploitation	Matière	
Architecture des Calculateurs	Matière	
SYNTHESE ET CONCEPTION DES CVS	UE	5 crédits
Approches énergét. de la conception des Convert. Stat.(CVS)	Matière	
Projet conception CVS	Matière	
MACHINES ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière	
Principe et structure des machines	CM	
RESEAUX ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Energie d'aujourd'hui et demain	Matière	
Technologie de l'énergie électrique	Matière	
Réseau de transport de l'énergie électrique	Matière	
Modulation et filtrage des onduleurs de tension	Matière	
AUTOMATIQUE DES SYSTEMES LINEAIRES	UE	5 crédits
Identification	Matière	
Systèmes échantillonnés	Matière	
Synthèse de correcteurs et architectures de commande	Matière	
TP Automatique	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE	
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière	
LV2-2ème Année-S7	Bloc	
EPS-2A-Sem.7	Matière	
Careers and Management-S7	Matière	

Semestre 8 - Parcours à choix (manuel)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 8 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)	Choix				30 crédits
DU SILICIUM AU CIRCUIT INTEGRE	UE				5 crédits
Du Silicium au circuit intégré	Matière				
HYPERFREQUENCES	UE				5 crédits
HFSS	Matière				
Projet Antennes	Matière				
Projet Hyperfréquence	Matière				
TP Hyperfréquences	Matière				
ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière				
Technologie FPGA	Matière				
Vérification	Matière				
CIRCUIT ET OPTOELECTRONIQUE	UE				5 crédits
Circuits intégrés analogiques	Matière				
Optoélectronique	Matière				
TP Optoélectronique	Matière				
SYSTEMES NANOSATELLITES	UE				5 crédits
Cubesat platform: an introduction	Matière				
Dimensionnement de Charge Utile	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				
Semestre 8 - Parcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)	Choix				30 crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE				5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière				
Analyse hilbertienne	Matière				
Optimisation sous contraintes	Matière				
PHENOMENES PHYSIQUES ET MODELISATIONS	UE				5 crédits
Rayonnement électromagnétique et antennes	Matière				
Analyse physique de structures guidantes	Matière				
Projet Modélisation de structures en EM	Matière				
DISPOSITIFS HYPERFREQUENCES	UE				5 crédits
Antennes planaires et ouvertures rayonnantes	Matière				
Projet Hyperfréquence	Matière				
TP Hyperfréquences	Matière				
CALCUL SCIENTIFIQUE ET OPTOELECTRONIQUE	UE				5 crédits
Eléments finis pour l'électromagnétisme	Matière				
Programmation pour le calcul scientifique	Matière				
TP Optoélectronique	Matière				
Optoélectronique	Matière				
SYSTEMES NANOSATELLITES	UE				5 crédits
Cubesat platform: an introduction	Matière				

Dimensionnement de Charge Utile	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Physique Numérique (PN)	Choix	30 crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière	
Analyse hilbertienne	Matière	
Optimisation sous contraintes	Matière	
PHENOMENES PHYSIQUES ET MODELISATIONS	UE	5 crédits
Rayonnement électromagnétique et antennes	Matière	
Analyse physique de structures guidantes	Matière	
Projet Modélisation de structures en EM	Matière	
PROJETS NUMERIQUES	UE	5 crédits
Projet numérique	Matière	
MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Matériaux	Matière	
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière	
Modélisation des syst. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière	
Thermique et Mécanique des fluides	Matière	
CALCUL SCIENTIFIQUE	UE	5 crédits
Simulation numérique en optique	Matière	
Analyse numérique 2	Matière	
Programmation pour le calcul scientifique	Matière	
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière	
Eléments finis pour l'électromagnétisme	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Systèmes Automatiques Temps Réel (SATR)	Choix	30 crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE	5 crédits
Espace d'état	Matière	
Systèmes non linéaires	Matière	
Commande non linéaire	Matière	
TP Automatique	Matière	
COMMANDE NUMERIQUE	UE	5 crédits
Commande numérique	Matière	
Projet Commande Numérique	Matière	
Automatismes industriels	Matière	
TP Automatismes	Matière	
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE	5 crédits

Dimensionnement moteur vh élec. / éléments concept° CVS-Machines	Matière	
Commande des convertisseurs	Matière	
Commande des machines	Matière	
Projet chaîne de traction ZOE	Matière	
SYSTEMES A EVENEMENTS DISCRETS ET ECHANTILLONNES	UE	5 crédits
Commande Polynomiale	Matière	
Graphes et Ordonnancement	Matière	
Identification (méthodes récursives)	Matière	
TP Automatique	Matière	
Réseau de Pétri	Matière	
INGENIERIE DES RESEAUX ET DES SYSTEMES TEMPS-REELS	UE	5 crédits
Systèmes Informatiques Distribués	Matière	
Réseaux industriels	Matière	
Systèmes Temps réels	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Systèmes Mécatroniques (SM)	Choix	30 crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE	5 crédits
Espace d'état	Matière	
Systèmes non linéaires	Matière	
Commande non linéaire	Matière	
TP Automatique	Matière	
COMMANDE NUMERIQUE	UE	5 crédits
Commande numérique	Matière	
Projet Commande Numérique	Matière	
Automatismes industriels	Matière	
TP Automatismes	Matière	
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / éléments concept° CVS-Machines	Matière	
Commande des convertisseurs	Matière	
Commande des machines	Matière	
Projet chaîne de traction ZOE	Matière	
MATERIAUX POUR L'ACTIONNEMENT	UE	5 crédits
Matériaux	Matière	
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière	
Méthodes éléments finis	Matière	
Approche Lagrangienne des systèmes électromécaniques	Matière	
OUTILS ANALYTIQUES ET PHYSIQUE DE LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Optimisation et conception optimale des systèmes	Matière	
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière	
Modélisation des syst. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière	
Thermique et Mécanique des fluides	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits

Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Systèmes Electriques du Futur (SEF)	Choix	30 crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE	5 crédits
Espace d'état	Matière	
Systèmes non linéaires	Matière	
Commande non linéaire	Matière	
TP Automatique	Matière	
COMMANDE NUMERIQUE	UE	5 crédits
Commande numérique	Matière	
Projet Commande Numérique	Matière	
Automatismes industriels	Matière	
TP Automatismes	Matière	
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / élémts concept° CVS-Machines	Matière	
Commande des convertisseurs	Matière	
Commande des machines	Matière	
Projet chaine de traction ZOE	Matière	
MISE EN OEUVRE CELLULES DE COMMUTATION	UE	5 crédits
Mécanismes de Commutation dans les CVS	Matière	
Thermique	Matière	
Projet commande rapprochée des CVS	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES ET FACTS	UE	5 crédits
Introduction aux FACTS	Matière	
Energie renouvelables : éolien et photovoltaïque	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Intelligence Artificielle Traitement de l'Information (IATI)	Choix	30 crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière	
Analyse hilbertienne	Matière	
Optimisation sous contraintes	Matière	
ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière	
Technologie FPGA	Matière	
DSP	Matière	
TRAITEMENT DE L'IMAGE ET MODELISATION	UE	5 crédits
Projet Image	Matière	
Traitement d'images	Matière	
Modélisation	Matière	

Parcours au Choix Approfondissement IATI	Bloc	10 crédits
Approfondissement SIA	Choix	
SIGNAL-METHODES AVANCEES PARC. SIA	UE	5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière	
Filtrage optimal	Matière	
Analyse multivariée	Matière	
Problèmes inverses	Matière	
FONDEMENT DE L'IA	UE	5 crédits
Théorie de l'information	Matière	
Introduction au deep learning	Matière	
Statistique - méthodes avancées	Matière	
Statistiques computationnelles	Matière	
Approfondissement TSE	Choix	
SIGNAL-MET. AVANCEES TSE	UE	5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière	
Filtrage optimal	Matière	
Analyse multivariée	Matière	
INTRODUCTION A L'IA	UE	5 crédits
Introduction générale à l'IA : première intégration matérielle	Matière	
Introduction au deep learning	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie électrique (En-Ge) 3ème année

Semestre 9 - Parcours à choix (manuel)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 9 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)	Choix				30 crédits
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				

Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière	
1er Approfondissement	Choix	5 crédits
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE	5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière	
Projet ASIC analogique	Matière	
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE	5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière	
Test des circuits et simulation de faute	Matière	
2nd Approfondissement	Choix	5 crédits
POWER MANAGEMENT	UE	5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière	
MOSFET Driver Circuits	Matière	
EMC for SMPS	Matière	
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière	
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - PArcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)	Choix	30 crédits
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière	
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière	
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE	5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière	
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière	
Internet des objets	Matière	
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière	
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE	5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière	
Antennes spatiales	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Amplificateurs de puissance microondes	Matière	
CEM aéronautique 2	Matière	

PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE	5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Projet radar	Matière	
Approfondissement SysCom	Choix	5 crédits
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
MODELISATION	UE	5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
Physique des plasmas et applications	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Physique Numérique (PN)	Choix	30 crédits
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE	5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière	
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière	
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière	
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE	5 crédits
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière	
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
CEM aéronautique 1	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Calcul Haute Performance	Matière	
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Optimisation Topologique	Matière	

Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Volume finis	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Architecture de Commande Informatique et Systèmes Embarqués (ACISE)	Choix	30 crédits
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE	5 crédits
Estimation filtrage	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE	5 crédits
Commande robuste	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation combinatoire	Matière	
TER Opti	Matière	
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière	
Optimisation continue	Matière	
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE	5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière	
Simulation des systèmes à évènements discrets	Matière	
Planification et Ordonnancement	Matière	
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière	
TER Atelier Flexible	Matière	
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE	5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière	
Systèmes aéronautiques	Matière	
Robotique : Modélisation et Commande	Matière	
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière	
Commande de Systèmes électriques	Matière	
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE	5 crédits
Sécurité Informatique	Matière	
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière	
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière	
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	

Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours ElectroMécanique Avancées (EMA)	Choix	30 crédits
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière	
Modélisation numérique des machines	Matière	
CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANQUES	UE	5 crédits
Éléments de conception des convertisseurs statiques	Matière	
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière	
Initiation à la CAO	Matière	
Générateurs électriques	Matière	
ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES	UE	5 crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière	
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Estimation filtrage	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
MECATRONIQUE APPLIQUEE	UE	5 crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière	
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière	
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Conversion électrique et Réseaux d'Energie (CERE)	Choix	30 crédits
SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE	UE	5 crédits

Conception système	Matière	
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière	
CVS Réseaux HVDC	Matière	
CONCEPTION DES CVS	UE	5 crédits
Conception CVS	Matière	
Commande CVS	Matière	
TER Architecture et Commande	Matière	
Technologie EnP	Matière	
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE	5 crédits
Fiabilité CVS	Matière	
CEM	Matière	
X. Niveaux	Matière	
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière	
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE	5 crédits
Commande des actionneurs	Matière	
TER Commande des Actionneurs	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE	5 crédits
Réseaux autonomes	Matière	
Sources, reversibilité, stockage	Matière	
Smartgrids	Matière	
1/2 Journées thématiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Intelligence Artificielle et Traitement de l'Information (IATI)	Choix	30 crédits
SIGNAL ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Traitement d'antennes	Matière	
Traitement automatique de la parole	Matière	
Audio et musique	Matière	
Navigation par satellite	Matière	
IA ET MATERIEL	UE	5 crédits
Edge computing	Matière	
Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués	Matière	
Choix Approfondissement IATI Semestre 9	Bloc	15 crédits
Approfondissement SIA Semestre 9	Choix	
IMAGE - APPLICATIONS	UE	5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière	
Imagerie médicale computationnelle	Matière	

Téledétection	Matière	
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE	5 crédits
Analyse de données	Matière	
Apprentissage non supervisé	Matière	
Apprentissage supervisé	Matière	
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière	
Projet transversal	Matière	
Approfondissement TSE Semestre 9	Choix	
SYSTEMES EMBARQUES	UE	5 crédits
System on Chip	Matière	
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière	
IA ET CAPTEURS	UE	5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière	
Projet Smart Sensor	Matière	
IA AVANCEE	UE	5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière	
Data analysis 2 and classification	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours EcoEnergie (EE)	Choix	30 crédits
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE	5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière	
Ecoconception et ACV	Matière	
Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière	
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière	
SMART-GRIDS	UE	5 crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière	
Hybridation Energétique des systèmes	Matière	
Smartgrids (EE)	Matière	
VECTEUR HYDROGENE	UE	5 crédits
Production de l'hydrogène	Matière	
Stockage de l'hydrogène	Matière	
Piles à combustibles et applications de l'hydrogène	Matière	
Electrochimie	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES	UE	5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière	
APP Photovoltaïque	Matière	

Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES NON ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Biocarburants et systèmes bioénergétiques	Matière	
Valorisation Biomasse Haute Température	Matière	
Chaleur renouvelable	CM	
FORMATION GENERALE	UE	5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière	
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
Semestre 9 - Impact Entrepreneurship Low to Deep Tech 3EA	Choix	30 crédits
Choix UE Hard Skills 3EA Parcours Impact Entrepreneurship	Bloc	
Choix UE Parc. InSys Parc. Impact Entrepreneurship	Choix	
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE	5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière	
Test des circuits et simulation de faute	Matière	
POWER MANAGEMENT	UE	5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière	
MOSFET Driver Circuits	Matière	
EMC for SMPS	Matière	
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière	
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE	5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière	
Synthèse de Filtre	Matière	
Photonique intégrée	Matière	
Internet des objets	Matière	
SYSTEMES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Statégie de synthèse	Matière	
CEM pour circuits intégrés	Matière	
System on Chip	Matière	
SYSTEMES MIXTES	UE	5 crédits
CAN et CNA	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière	
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière	
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE	5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière	
Projet ASIC analogique	Matière	
Choix UE Parc. SysCom Parc. Impact Entrepreneurship	Choix	
CIRCUITS RF	UE	5 crédits

Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE	5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Projet radar	Matière	
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière	
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière	
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE	5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière	
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière	
Internet des objets	Matière	
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière	
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE	5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière	
Antennes spatiales	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Amplificateurs de puissance microondes	Matière	
CEM aéronautique 2	Matière	
MODELISATION	UE	5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
Physique des plasmas et applications	Matière	
Choix UE Parc. ACISE Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE	5 crédits
Estimation filtrage	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE	5 crédits
Commande robuste	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation combinatoire	Matière	
TER Opti	Matière	
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière	
Optimisation continue	Matière	
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE	5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière	
Simulation des systèmes à événements discrets	Matière	
Planification et Ordonnancement	Matière	
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière	

TER Atelier Flexible	Matière	
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE	5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière	
Systèmes aéronautiques	Matière	
Robotique : Modélisation et Commande	Matière	
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière	
Commande de Systèmes électriques	Matière	
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE	5 crédits
Sécurité Informatique	Matière	
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière	
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière	
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière	
Choix UE Parc.CERE Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE	UE	5 crédits
Conception système	Matière	
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière	
CVS Réseaux HVDC	Matière	
CONCEPTION DES CVS	UE	5 crédits
Conception CVS	Matière	
Commande CVS	Matière	
TER Architecture et Commande	Matière	
Technologie EnP	Matière	
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE	5 crédits
Fiabilité CVS	Matière	
CEM	Matière	
X. Niveaux	Matière	
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière	
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE	5 crédits
Commande des actionneurs	Matière	
TER Commande des Actionneurs	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE	5 crédits
Réseaux autonomes	Matière	
Sources, réversibilité, stockage	Matière	
Smartgrids	Matière	
1/2 Journées thématiques	Matière	
Choix UE Parc. EMA Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière	
Modélisation numérique des machines	Matière	

CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANQUES	UE	5 crédits
Eléments de conception des convertisseurs statiques	Matière	
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière	
Initiation à la CAO	Matière	
Générateurs électriques	Matière	
ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES	UE	5 crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière	
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Estimation filtrage	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
MECATRONIQUE APPLIQUEE	UE	5 crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière	
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière	
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Choix UE Parc. PN Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation Topologique	Matière	
Volume finis	Matière	
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE	5 crédits
Méthodes intégrales	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Modèles Multiphysiques	Matière	
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Calcul Haute Performance	Matière	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE - PN	UE	5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière	
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE	5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière	
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière	
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière	
Choix UE Parc. EE Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE	5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière	
Ecoconception et ACV	Matière	

Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière	
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière	
SMART-GRIDS	UE	5 crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière	
Hybridation Energétique des systèmes	Matière	
Smartgrids (EE)	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES	UE	5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière	
APP Photovoltaïque	Matière	
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière	
FORMATION GENERALE	UE	5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière	
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
Choix UE Parc. IATI Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
SIGNAL ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Traitement d'antennes	Matière	
Traitement automatique de la parole	Matière	
Audio et musique	Matière	
Navigation par satellite	Matière	
IA ET MATERIEL	UE	5 crédits
Edge computing	Matière	
Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués	Matière	
IMAGE - APPLICATIONS	UE	5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière	
Imagerie médicale computationnelle	Matière	
Téledétection	Matière	
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE	5 crédits
Analyse de données	Matière	
Apprentissage non supervisé	Matière	
Apprentissage supervisé	Matière	
SYSTEMES EMBARQUES	UE	5 crédits
System on Chip	Matière	
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière	
IA ET CAPTEURS	UE	5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière	
Projet Smart Sensor	Matière	
IA AVANCEE	UE	5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière	
Data analysis 2 and classification	Matière	
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière	
Projet transversal	Matière	

SOFT SKILLS 1 - PARTNERSHIPS	UE	5 crédits
SOFT SKILLS 2 - DESIGN THINKING	UE	5 crédits
Design Thinking 1 - module 15h	Matière	
Design Thinking 2 - module 18h	Matière	
Professional Communication and English - module 21h	Matière	
SOFT SKILLS 3 - PROJET DEEP TECH & CAS D'USAGE	UE	5 crédits
PDT & CU 1 - module 18h	Matière	
PDT & CU 2 - module 18h	Matière	
PDT & CU 3 - module 18h	Matière	

Semestre 10 3EA à N7

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Projet Fin d'Etude 3EA sans Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
PFE 3EA sans PL	Stage				24 crédits
PFE 3EA avec Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
Projet Long 3EA	Matière				8 crédits
Projet de Fin d'Etudes 3EA	Matière				16 crédits

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique (Apprentis)

Ingénieur ENSEEIHT par l'Apprentissage Electronique et Génie Electrique (En-Ge) 1ère année

Semestre 5-1A En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE POUR L'INGENIEUR	UE				4 crédits
Rappels de Mathématiques.	Matière				
Informatique pour l'Ingénieur	Matière				
MATHEMATIQUES ET CALCUL SCIENTIFIQUE	UE				4 crédits
Analyse Réelle et Complexe	Matière				
Matlab-Simulink	Matière				
ELECTRICITE APPLIQUEE	UE				4 crédits
Bases des circuits	Matière				
Systèmes monophasés	Matière				
Transformateur monophasé	Matière				
COMPOSANTS ET CIRCUITS ELECTRONIQUES	UE				4 crédits
Composants de l'Electronique	Matière				

Théorie des circuits	Matière	
Projet Fonction Electronique de Base	Matière	
Circuits analogiques	Matière	
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S5-FISA	UE	4 crédits
Careers and Management 1	Matière	
Careers and Management 2	Matière	
Professional Communication and English	Matière	
ENTREPRISE-Semestre 5-3EA App.	UE	10 crédits

Semestre 6-1A En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE POUR L'INGENIEUR	UE				4 crédits
Analyse réelle	Matière				
Probabilités et Statistiques	Matière				
Structure des Calculateurs	Matière				
ELECTRONIQUE ANALOGIQUE	UE				4 crédits
Projet d'Electronique Analogique	Matière				
Fonctions de l'Electronique	Matière				
Circuits analogiques	Matière				
CIRCUITS ET SYSTEMES LINEAIRES	UE				4 crédits
Logique combinatoire et séquentielle	Matière				
Filtrage	Matière				
Systèmes Linéaires Continus	Matière				
RESEAUX ELECTRIQUE ET CONVERSION D'ENERGIE	UE				4 crédits
Introduction à la Conversion Statique	Matière				
Alimentation à découpage - Structures non isolées	Matière				
Introduction à la conversion électromécanique	Matière				
Réseaux Triphasés	Matière				
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S6-FISA	UE				4 crédits
Professional Communication and English-S6-FISA	Matière				
Careers and Management 1	Matière				
Careers and Management 2	Matière				
ENTREPRISE-S6-3EA App	UE				10 crédits

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et GE 2ème année (Apprentis)

Semestre 7-2A-En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES ET SYSTEMES INFORMATIQUES	UE				4 crédits
Equation aux Dérivées Partielles	Matière				

Modél. et Dév. de Systèmes industriels : Logique programmée	Matière	
Modél. et dév. de syst.Indust.-Mod. et Dev.Orientée Objet	Matière	
SYSTEMES NUMERIQUES ET TNS	UE	4 crédits
Traitement Numérique du Signal	Matière	
Microprocesseurs	Matière	
CONVERSION STATIQUE ET COMMANDE	UE	4 crédits
Conception et mise en oeuvre de CVS	Matière	
Commande en boucle fermée des systèmes linéaires continus	Matière	
Projet Conception des CVS	Matière	
Choix Option-2A-3EA-FISA	Choix	
UE OPTION EN : LANGAGES DE DESCRIPTION MATERIELS et TR	UE	4 crédits
Conception numérique en VHDL	Matière	
Projet VHDL	Matière	
DSP, Filtrage Numérique	Matière	
UE OPTION ENERGIE: CONVERSION ELECTROMECHANIQUE	UE	4 crédits
Modèle des Machines	Matière	
Principes et structures des machines électriques	Matière	
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S7-FISA	UE	4 crédits
Professional Communication and English-S7-App	Matière	
Careers and Management 1- App Sem7	Matière	
Careers and Management 2- APP Sem7	Matière	
ENTREPRISE- Semestre 7 - 2A App. En-Ge	UE	10 crédits

Semestre 8-2A-En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
OPTION AU CHOIX	Bloc				
OPTION ENERGIE	Choix				16 crédits
AUTOMATIQUE ET TR	UE				4 crédits
Systèmes Linéaires Echantillonnés	Matière				
Systèmes non Linéaires	Matière				
Informatique Temps Réel	Matière				
Espace d'état	Matière				
ECO-ENERGIE	UE				4 crédits
Introduction aux FACTS	Matière				
Energies renouvelables	Matière				
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	UE				4 crédits
Onduleur	Matière				
Mécanismes de Commutation	Matière				
Thermique	Matière				
SYSTEME ELECTRIQUE	UE				4 crédits
Association machine/convertisseur et leur commande	Matière				
Analyse et modélisation d'un véhicule par rétro-ingénierie	CM				
OPTION ELECTRONIQUE	Choix				16 crédits

CONCEPTION DE CIRCUITS ANALOGIQUES	UE	4 crédits
Circuits linéaires	Matière	
Circuits non Linéaires	Matière	
Projet d'Electronique Analogique	Matière	
PROPAGATION ET RAYONNEMENT	UE	4 crédits
Lignes de transmission	Matière	
Electromagnétisme et Propagation Guidée	Matière	
Rayonnement et Antennes	Matière	
OPTO ET RF	UE	4 crédits
Optoélectronique	Matière	
Circuit RF	Matière	
MMIC	Matière	
Projet Numérique-RF	Matière	
INTEGRATION	UE	4 crédits
MOS	Matière	
Chaine d'instrumentation	Matière	
Conception et FPGA	Matière	
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S8-FISA	UE	4 crédits
Professional Communication and English-S8-App	Matière	
Careers and Management 1	Matière	
Careers and Management 2	Matière	
ENTREPRISE-S8-2A-App	UE	10 crédits

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et GE 3ème année (Apprentis)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 9 FISA (manuel)					
Semestre 9 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)	Choix				30 crédits
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Statégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				

1er Approfondissement	Choix	5 crédits
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE	5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière	
Projet ASIC analogique	Matière	
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE	5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière	
Test des circuits et simulation de faute	Matière	
2nd Approfondissement	Choix	5 crédits
POWER MANAGEMENT	UE	5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière	
MOSFET Driver Circuits	Matière	
EMC for SMPS	Matière	
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière	
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - PArcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)	Choix	30 crédits
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière	
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière	
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE	5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière	
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière	
Internet des objets	Matière	
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière	
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE	5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière	
Antennes spatiales	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Amplificateurs de puissance microondes	Matière	
CEM aéronautique 2	Matière	
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE	5 crédits

Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Projet radar	Matière	
Approfondissement SysCom	Choix	5 crédits
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
MODELISATION	UE	5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
Physique des plasmas et applications	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Architecture de Commande Informatique et Systèmes Embarqués (ACISE)	Choix	30 crédits
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE	5 crédits
Estimation filtrage	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE	5 crédits
Commande robuste	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation combinatoire	Matière	
TER Opti	Matière	
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière	
Optimisation continue	Matière	
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE	5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière	
Simulation des systèmes à évènements discrets	Matière	
Planification et Ordonnancement	Matière	
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière	
TER Atelier Flexible	Matière	
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE	5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière	
Systèmes aéronautiques	Matière	
Robotique : Modélisation et Commande	Matière	

TER Commande Avancée (ACISE)	Matière	
Commande de Systèmes électriques	Matière	
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE	5 crédits
Sécurité Informatique	Matière	
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière	
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière	
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours ElectroMécanique Avancées (EMA)	Choix	30 crédits
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière	
Modélisation numérique des machines	Matière	
CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES	UE	5 crédits
Éléments de conception des convertisseurs statiques	Matière	
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière	
Initiation à la CAO	Matière	
Générateurs électriques	Matière	
ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES	UE	5 crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière	
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Estimation filtrage	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
MECATRONIQUE APPLIQUEE	UE	5 crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière	
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière	
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	

Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Conversion électrique et Réseaux d'Energie (CERE)	Choix	30 crédits
SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE	UE	5 crédits
Conception système	Matière	
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière	
CVS Réseaux HVDC	Matière	
CONCEPTION DES CVS	UE	5 crédits
Conception CVS	Matière	
Commande CVS	Matière	
TER Architecture et Commande	Matière	
Technologie EnP	Matière	
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE	5 crédits
Fiabilité CVS	Matière	
CEM	Matière	
X. Niveaux	Matière	
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière	
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE	5 crédits
Commande des actionneurs	Matière	
TER Commande des Actionneurs	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE	5 crédits
Réseaux autonomes	Matière	
Sources, reversibilité, stockage	Matière	
Smartgrids	Matière	
1/2 Journées thématiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours EcoEnergie (EE)	Choix	30 crédits
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE	5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière	
Ecoconception et ACV	Matière	

Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière	
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière	
SMART-GRIDS	UE	5 crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière	
Hybridation Energétique des systèmes	Matière	
Smartgrids (EE)	Matière	
VECTEUR HYDROGENE	UE	5 crédits
Production de l'hydrogène	Matière	
Stockage de l'hydrogène	Matière	
Piles à combustibles et applications de l'hydrogène	Matière	
Electrochimie	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES	UE	5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière	
APP Photovoltaïque	Matière	
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES NON ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Biocarburants et systèmes bioénergétiques	Matière	
Valorisation Biomasse Haute Température	Matière	
Chaleur renouvelable	CM	
FORMATION GENERALE	UE	5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière	
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation Topologique	Matière	
Volume finis	Matière	
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE	5 crédits
Méthodes intégrales	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Modèles Multiphysiques	Matière	
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Calcul Haute Performance	Matière	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE - PN	UE	5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière	

Phénomènes avancés en conversion électromécanique
Modélisation des phénomènes couplés
Introduction à la magnétohydrodynamique

Matière
Matière
Matière

SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9

Professional Communication and English-Semestre 9
Scientific English
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A
Anglais Clinique
Anglais de Cambridge ou Projet
CV Entretiens(3EA)
CHOIX Careers and Management 3EA S9
Entrepreneurship Project
Corporate Project and Social Responsibility

UE 5 crédits

Bloc

Matière

Choix

Matière

Matière

Matière

Choix

Matière

Matière

ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF

BES langages avancés (C++, Python)
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique
Techniques de génération maillage, pré/post processing

UE 5 crédits

Matière

Matière

Matière

Semestre 9 Parcours Physique Numérique-3A-3EA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
OUTILS NUMERIQUES POUR LA PROPAGATION	UE				5 crédits
PHYSIQUE ET OPTIMISATION	UE				5 crédits
Physique et modélisation	Matière				
METHODES NUMERIQUES	UE				5 crédits
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE				5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière				
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière				
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière				

Semestre 10 3EA à N7

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Projet Fin d'Etude 3EA sans Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
PFE 3EA sans PL	Stage				24 crédits
PFE 3EA avec Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
Projet Long 3EA	Matière				8 crédits
Projet de Fin d'Etudes 3EA	Matière				16 crédits

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique (Apprentis)

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique



ECTS
180 crédits



Durée
3 ans



Régime(s)
d'études
Formation en
alternance,
Formation
initiale

Admission

Conditions d'admission

Selon les termes de son règlement, fixé chaque année en accord avec le Ministère chargé de l'éducation nationale, l'ENSEEIHT recrute environ 380 élèves par an sous statut étudiant (dont 140 dans la spécialisation Electronique et Génie Electrique), 60 sous statut apprenti dont 20 dans la spécialisation Electronique et Génie Electrique.

Les élèves recrutés sont issus d'un concours sur titres. L'accès est autorisé à des étudiants titulaires d'un DUT (Diplôme Universitaire Technologique) ou d'un BTS (Brevet de Technicien Supérieur).

Programme

Organisation

L'organisation des études sous statut apprenti (FISA) repose sur le principe de l'alternance école/entreprise. Le volume est d'environ 21 semaines de présence à l'école par année académique, avec un rythme d'alternance différent suivant l'année d'étude.

Ingénieur ENSEEIHT par l'Apprentissage Electronique et Génie Electrique (En-Ge) 1ère année

Semestre 5-1A En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE POUR L'INGENIEUR	UE				4 crédits
Rappels de Mathématiques.	Matière				
Informatique pour l'Ingénieur	Matière				
MATHEMATIQUES ET CALCUL SCIENTIFIQUE	UE				4 crédits
Analyse Réelle et Complexe	Matière				
Matlab-Simulink	Matière				
ELECTRICITE APPLIQUEE	UE				4 crédits
Bases des circuits	Matière				
Systèmes monophasés	Matière				
Transformateur monophasé	Matière				
COMPOSANTS ET CIRCUITS ELECTRONIQUES	UE				4 crédits
Composants de l'Electronique	Matière				
Théorie des circuits	Matière				
Projet Fonction Electronique de Base	Matière				
Circuits analogiques	Matière				
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S5-FISA	UE				4 crédits
Careers and Management 1	Matière				
Careers and Management 2	Matière				
Professional Communication and English	Matière				
ENTREPRISE-Semestre 5-3EA App.	UE				10 crédits

Semestre 6-1A En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE POUR L'INGENIEUR	UE				4 crédits
Analyse réelle	Matière				
Probabilités et Statistiques	Matière				

Structure des Calculateurs	Matière	
ELECTRONIQUE ANALOGIQUE	UE	4 crédits
Projet d'Electronique Analogique	Matière	
Fonctions de l'Electronique	Matière	
Circuits analogiques	Matière	
CIRCUITS ET SYSTEMES LINEAIRES	UE	4 crédits
Logique combinatoire et séquentielle	Matière	
Filtrage	Matière	
Systèmes Linéaires Continus	Matière	
RESEAUX ELECTRIQUE ET CONVERSION D'ENERGIE	UE	4 crédits
Introduction à la Conversion Statique	Matière	
Alimentation à découpage - Structures non isolées	Matière	
Introduction à la conversion électromécanique	Matière	
Réseaux Triphasés	Matière	
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S6-FISA	UE	4 crédits
Professional Communication and English-S6-FISA	Matière	
Careers and Management 1	Matière	
Careers and Management 2	Matière	
ENTREPRISE-S6-3EA App	UE	10 crédits

Ingénieur ENSEIHT Electronique et GE 2ème année (Apprentis)

Semestre 7-2A-En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES ET SYSTEMES INFORMATIQUES	UE				4 crédits
Equation aux Dérivées Partielles	Matière				
Modél. et Dév. de Systèmes industriels : Logique programmée	Matière				
Modél. et dév. de syst.Indust.-Mod. et Dev.Orientée Objet	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES ET TNS	UE				4 crédits
Traitement Numérique du Signal	Matière				
Microprocesseurs	Matière				
CONVERSION STATIQUE ET COMMANDE	UE				4 crédits
Conception et mise en oeuvre de CVS	Matière				
Commande en boucle fermée des systèmes linéaires continus	Matière				
Projet Conception des CVS	Matière				
Choix Option-2A-3EA-FISA	Choix				
UE OPTION EN : LANGAGES DE DESCRIPTION MATERIELS et TR	UE				4 crédits
Conception numérique en VHDL	Matière				
Projet VHDL	Matière				
DSP, Filtrage Numérique	Matière				
UE OPTION ENERGIE: CONVERSION ELECTROMECHANIQUE	UE				4 crédits

Modèle des Machines	Matière	
Principes et structures des machines électriques	Matière	
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S7-FISA	UE	4 crédits
Professional Communication and English-S7-App	Matière	
Careers and Management 1- App Sem7	Matière	
Careers and Management 2- APP Sem7	Matière	
ENTREPRISE- Semestre 7 - 2A App. En-Ge	UE	10 crédits

Semestre 8-2A-En-Ge FISA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
OPTION AU CHOIX	Bloc				
OPTION ENERGIE	Choix				16 crédits
AUTOMATIQUE ET TR	UE				4 crédits
Systèmes Linéaires Echantillonnés	Matière				
Systèmes non Linéaires	Matière				
Informatique Temps Réel	Matière				
Espace d'état	Matière				
ECO-ENERGIE	UE				4 crédits
Introduction aux FACTS	Matière				
Energies renouvelables	Matière				
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	UE				4 crédits
Onduleur	Matière				
Mécanismes de Commutation	Matière				
Thermique	Matière				
SYSTEME ELECTRIQUE	UE				4 crédits
Association machine/convertisseur et leur commande	Matière				
Analyse et modélisation d'un véhicule par rétro-ingénierie	CM				
OPTION ELECTRONIQUE	Choix				16 crédits
CONCEPTION DE CIRCUITS ANALOGIQUES	UE				4 crédits
Circuits linéaires	Matière				
Circuits non Linéaires	Matière				
Projet d'Electronique Analogique	Matière				
PROPAGATION ET RAYONNEMENT	UE				4 crédits
Lignes de transmission	Matière				
Electromagnétisme et Propagation Guidée	Matière				
Rayonnement et Antennes	Matière				
OPTO ET RF	UE				4 crédits
Optoélectronique	Matière				
Circuit RF	Matière				
MMIC	Matière				
Projet Numérique-RF	Matière				
INTEGRATION	UE				4 crédits
MOS	Matière				
Chaîne d'instrumentation	Matière				

Conception et FPGA	Matière	
SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S8-FISA	UE	4 crédits
Professional Communication and English-S8-App	Matière	
Careers and Management 1	Matière	
Careers and Management 2	Matière	
ENTREPRISE-S8-2A-App	UE	10 crédits

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et GE 3ème année (Apprentis)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 9 FISA (manuel)					
	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 9 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)	Choix				30 crédits
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				
1er Approfondissement	Choix				5 crédits
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière				
Projet ASIC analogique	Matière				
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE				5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière				
Test des circuits et simulation de faute	Matière				
2nd Approfondissement	Choix				5 crédits
POWER MANAGEMENT	UE				5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière				
MOSFET Driver Circuits	Matière				
EMC for SMPS	Matière				
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				

MEMS	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - PArcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)	Choix	30 crédits
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière	
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière	
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE	5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière	
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière	
Internet des objets	Matière	
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière	
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE	5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière	
Antennes spatiales	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Amplificateurs de puissance microondes	Matière	
CEM aéronautique 2	Matière	
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE	5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Projet radar	Matière	
Approfondissement SysCom	Choix	5 crédits
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
MODELISATION	UE	5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
Physique des plasmas et applications	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	

Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Architecture de Commande Informatique et Systèmes Embarqués (ACISE)	Choix	30 crédits
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE	5 crédits
Estimation filtrage	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE	5 crédits
Commande robuste	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation combinatoire	Matière	
TER Opti	Matière	
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière	
Optimisation continue	Matière	
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE	5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière	
Simulation des systèmes à événements discrets	Matière	
Planification et Ordonnancement	Matière	
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière	
TER Atelier Flexible	Matière	
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE	5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière	
Systèmes aéronautiques	Matière	
Robotique : Modélisation et Commande	Matière	
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière	
Commande de Systèmes électriques	Matière	
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE	5 crédits
Sécurité Informatique	Matière	
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière	
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière	
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	

Corporate Project and Social Responsibility

Semestre 9 - Parcours ElectroMécanique Avancées (EMA)

PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE

Phénomènes avancés en conversion électromécanique

Introduction à la magnétohydrodynamique

Modélisation des phénomènes couplés

METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION

Modélisation numérique par éléments finis

Commande optimale

Dimensionnement optimisé des machines électriques

Modélisation numérique des machines

CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES

Éléments de conception des convertisseurs statiques

Conception mécanique des actionneurs et générateurs

Initiation à la CAO

Générateurs électriques

ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES

Stratégie de commande des actionneurs électriques

TER Commande des Actionneurs Electriques

Compatibilité Electromagnétique

Estimation filtrage

Systèmes Multidimensionnels

MECATRONIQUE APPLIQUEE

TER Commande Avancée (EMA)

Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)

Techniques de bobinages des machines électriques

Surveillance et Diagnostic systèmes

SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9

Professional Communication and English-Semestre 9

Scientific English

Choix 2 Anglais Professionnel - 3A

Anglais Clinique

Anglais de Cambridge ou Projet

CV Entretiens(3EA)

CHOIX Careers and Management 3EA S9

Entrepreneurship Project

Corporate Project and Social Responsibility

Semestre 9 - Parcours Conversion électrique et Réseaux d'Energie (CERE)

SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE

Conception système

CVS pour conditionnement réseaux d'énergie

CVS Réseaux HVDC

CONCEPTION DES CVS

Conception CVS

Commande CVS

Matière

Choix

30 crédits

UE

5 crédits

Matière

Matière

Matière

UE

5 crédits

Matière

Matière

Matière

Matière

UE

5 crédits

Matière

Matière

Matière

Matière

UE

5 crédits

Matière

Matière

Matière

Matière

Matière

UE

5 crédits

Matière

Matière

Matière

Matière

UE

5 crédits

Bloc

Matière

Choix

Matière

Matière

Matière

Choix

Matière

Matière

Choix

30 crédits

UE

5 crédits

Matière

Matière

Matière

UE

5 crédits

Matière

Matière

TER Architecture et Commande	Matière	
Technologie EnP	Matière	
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE	5 crédits
Fiabilité CVS	Matière	
CEM	Matière	
X. Niveaux	Matière	
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière	
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE	5 crédits
Commande des actionneurs	Matière	
TER Commande des Actionneurs	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE	5 crédits
Réseaux autonomes	Matière	
Sources, reversibilité, stockage	Matière	
Smartgrids	Matière	
1/2 Journées thématiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours EcoEnergie (EE)	Choix	30 crédits
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE	5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière	
Ecoconception et ACV	Matière	
Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière	
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière	
SMART-GRIDS	UE	5 crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière	
Hybridation Energétique des systèmes	Matière	
Smartgrids (EE)	Matière	
VECTEUR HYDROGENE	UE	5 crédits
Production de l'hydrogène	Matière	
Stockage de l'hydrogène	Matière	
Piles à combustibles et applications de l'hydrogène	Matière	
Electrochimie	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES	UE	5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière	
APP Photovoltaïque	Matière	
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES NON ELECTRIQUES	UE	5 crédits

Biocarburants et systèmes bioénergétiques	Matière	
Valorisation Biomasse Haute Température	Matière	
Chaleur renouvelable	CM	
FORMATION GENERALE	UE	5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière	
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation Topologique	Matière	
Volume finis	Matière	
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE	5 crédits
Méthodes intégrales	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Modèles Multiphysiques	Matière	
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Calcul Haute Performance	Matière	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE - PN	UE	5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière	
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE	5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière	

Environnement Logiciel du Calcul Scientifique
 Techniques de génération maillage, pré/post processing

Matière
 Matière

Semestre 9 Parcours Physique Numérique-3A-3EA

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
OUTILS NUMERIQUES POUR LA PROPAGATION	UE				5 crédits
PHYSIQUE ET OPTIMISATION	UE				5 crédits
Physique et modélisation	Matière				
METHODES NUMERIQUES	UE				5 crédits
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE				5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière				
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière				
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière				

Semestre 10 3EA à N7

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Projet Fin d'Etude 3EA sans Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
PFE 3EA sans PL	Stage				24 crédits
PFE 3EA avec Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
Projet Long 3EA	Matière				8 crédits
Projet de Fin d'Etudes 3EA	Matière				16 crédits

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie Electrique



ECTS
180 crédits



Durée
3 ans



Régime(s)
d'études
Formation
professionnelle,
Formation
initiale

Programme

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie électrique (En-Ge) 1ère année

Semestre 5 3EA-FISE

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
INTEGRATION ET PROBABILITES	UE				5 crédits
Intégration	Matière				
Variable Complexe	Matière				
Probabilités	Matière				
ALGORITHMIQUE, PROGRAMMATION ET ARCHI CALCULATEURS	UE				5 crédits
Algorithmique et Programmation impérative	Matière				
Architecture et Programmation en assembleur	Matière				
CONCEPTION DE SYSTEMES LOGIQUES	UE				5 crédits
Approche théorique de la logique combinatoire, séquentielle	Matière				
Fonction logique et technologique	Matière				
BE Conception d'unités logiques séquentielles-combinatoires	Matière				
BASES DES CIRCUITS	UE				5 crédits
Méthodes d'analyse des circuits électriques	Matière				
Méetrologie et circuits de puissance	Matière				
TP Circuits	Matière				
PHYSIQUE POUR EEEA	UE				5 crédits
Electromagnétisme	Matière				
Physique des matériaux	Matière				
Propagation dans les lignes	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 1	UE				5 crédits
Professional Communication and English-S5-LV1	Matière				
LV2-1ère année	Choix				
EPS-S5	Matière				
Careers and Management - Sem.5	Matière				

Semestre 6-3EA-FISE

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
ANALYSE NUMERIQUE ET STATISTIQUES	UE				5 crédits
Calcul différentiel et optimisation	Matière				
Statistiques	Matière				
Résolution d'EDP par différences finies	Matière				
SIGNAL ET AUTOMATIQUE	UE				5 crédits
Traitement du Signal	Matière				

Traitement Numérique du Signal	Matière	
Automatique des systèmes linéaires continus	Matière	
CIRCUITS ELECTRIQUES ET SYSTEMES	UE	5 crédits
Modélisation par analogies physiques et analyse	Matière	
Amplificateur opérationnel et compensation	Matière	
Matière à choix	Choix	
Montages amplificateurs Avancés	Matière	
Modélisation des Circuits Magnétiques	Matière	
COMPOSANTS ET ARCHITECTURES	UE	5 crédits
Physique du semiconducteur et jonction PN	Matière	
Transistors de signal et composants de puissance	Matière	
Matière à choix	Choix	
Montages amplificateurs transistors	Matière	
Introduction à la conversion statique	Matière	
UE à choix (1 parmi 3)	Choix	5 crédits
OBJETS CONNECTES	UE	5 crédits
Objets connectés	Matière	
AVION PLUS ELECTRIQUE	UE	5 crédits
Réseaux électrique de bord d'avion	Matière	
Structure de base de la conversion C/A et A/C	Matière	
Conversion électromécanique	Matière	
INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS	UE	5 crédits
Introduction aux Communications Numériques	Matière	
Introduction aux réseaux	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 2	UE	5 crédits
Elément à choix UE SHS S6 FISE	Élément constitutif	
Professional Communication and English-LV1-Sem.6	Matière	
EPS-S6-1ère Année	Matière	
Leadership Part 1 - S6	Matière	
Leadership Part 2 - S6	Matière	
Entrepreneuship Part 1 - S6	Matière	
Entrepreneurship Part 2 - S6	Matière	
Citizenship Part 1 - S6	Matière	
Citizenship Part 2 - S6	Matière	
Méthodes agiles	Matière	
Managership P1-S6	Matière	
Managership P2-S6	Matière	
Espagnol-S6	Matière	
Portugais-S6	Matière	
Chinois-S6	Matière	
Italien-S6	Matière	
Japonais-S6	Matière	
Russe-S6	Matière	

Allemand-S6

FLE - S6

LSF - S6

Matière

Matière

Matière

Ingénieur ENSEEIHT Electronique et Génie électrique (En-Ge) 2ème année

Semestre 7 - Parcours à choix (manuel)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 7 - Parcours Electronique (EN)	Choix				30 crédits
ANALOGIQUE RF	UE				5 crédits
Circuits Actifs RF	Matière				
PLL et Oscillateurs	Matière				
Filtrage analogique	Matière				
TP Advanced Design System (ADS)	Matière				
ANALOGIQUE BF	UE				5 crédits
Classes d'amplification	Matière				
Projet Analogique	Matière				
NUMERIQUE	UE				5 crédits
VHDL	Matière				
Chaine d'instrumentation	Matière				
PROPAGATION ELECTROMAGNETIQUE	UE				5 crédits
Propagation guidée	Matière				
Circuits passifs Idéaux	Matière				
Lignes de transmission	Matière				
TRAITEMENT DE L'INFORMATION	UE				5 crédits
Signaux aléatoires	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				
Microprocesseur	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE				
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière				
LV2-2ème Année-S7	Bloc				
EPS-2A-Sem.7	Matière				
Careers and Management-S7	Matière				
Semestre 7 - Electronique, Energie Electrique et Simulations (EEES)	Choix				30 crédits
PROPAGATION ELECTROMAGNETIQUE	UE				5 crédits
Propagation guidée	Matière				
Circuits passifs Idéaux	Matière				
Lignes de transmission	Matière				
INFORMATIQUE ET FILTRAGE ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Filtrage analogique	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				
Fiabilité des calculs numériques	Matière				
CALCUL SCIENTIFIQUE 3EA	UE				5 crédits
Signaux aléatoires	Matière				

Analyse Numérique	Matière			
Méthodes Numériques pour les EDP	Matière			
COMPOSANTS DE PUISSANCE ET MECATRONIQUE	UE			5 crédits
Modélisation et simulation électro-magnéto-thermique de composants en électronique de puissance	Matière			
Principe et structure des machines	CM			
MODELISATION DES MACHINES ELECTRIQUES & SIMULATION NUMERIQUE	UE			5 crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière			
Expériences numériques	Matière			
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE			
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière			
LV2-2ème Année-S7	Bloc			
EPS-2A-Sem.7	Matière			
Careers and Management-S7	Matière			
Semestre 7 - Energie (NRJ)	Choix			30 crédits
ARCHITECTURES ET DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES INFORMATIQUES	UE			5 crédits
Conception et Programmation Orientée-Objet	Matière			
Principe des Systèmes d'Exploitation	Matière			
Architecture des Calculateurs	Matière			
SYNTHESE ET CONCEPTION DES CVS	UE			5 crédits
Approches énergét. de la conception des Convert. Stat.(CVS)	Matière			
Projet conception CVS	Matière			
MACHINES ELECTRIQUES	UE			5 crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière			
Principe et structure des machines	CM			
RESEAUX ELECTRIQUES	UE			5 crédits
Energie d'aujourd'hui et demain	Matière			
Technologie de l'énergie électrique	Matière			
Réseau de transport de l'énergie électrique	Matière			
Modulation et filtrage des onduleurs de tension	Matière			
AUTOMATIQUE DES SYSTEMES LINEAIRES	UE			5 crédits
Identification	Matière			
Systèmes échantillonnés	Matière			
Synthèse de correcteurs et architectures de commande	Matière			
TP Automatique	Matière			
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE			
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière			
LV2-2ème Année-S7	Bloc			
EPS-2A-Sem.7	Matière			
Careers and Management-S7	Matière			

Semestre 8 - Parcours à choix (manuel)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 8 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)	Choix				30 crédits

DU SILICIUM AU CIRCUIT INTEGRE	UE	5 crédits
Du Silicium au circuit intégré	Matière	
HYPERFREQUENCES	UE	5 crédits
HFSS	Matière	
Projet Antennes	Matière	
Projet Hyperfréquence	Matière	
TP Hyperfréquences	Matière	
ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière	
Technologie FPGA	Matière	
Vérification	Matière	
CIRCUIT ET OPTOELECTRONIQUE	UE	5 crédits
Circuits intégrés analogiques	Matière	
Optoélectronique	Matière	
TP Optoélectronique	Matière	
SYSTEMES NANOSATELLITES	UE	5 crédits
Cubesat platform: an introduction	Matière	
Dimensionnement de Charge Utile	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)	Choix	30 crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière	
Analyse hilbertienne	Matière	
Optimisation sous contraintes	Matière	
PHENOMENES PHYSIQUES ET MODELISATIONS	UE	5 crédits
Rayonnement électromagnétique et antennes	Matière	
Analyse physique de structures guidantes	Matière	
Projet Modélisation de structures en EM	Matière	
DISPOSITIFS HYPERFREQUENCES	UE	5 crédits
Antennes planaires et ouvertures rayonnantes	Matière	
Projet Hyperfréquence	Matière	
TP Hyperfréquences	Matière	
CALCUL SCIENTIFIQUE ET OPTOELECTRONIQUE	UE	5 crédits
Éléments finis pour l'électromagnétisme	Matière	
Programmation pour le calcul scientifique	Matière	
TP Optoélectronique	Matière	
Optoélectronique	Matière	
SYSTEMES NANOSATELLITES	UE	5 crédits
Cubesat platform: an introduction	Matière	
Dimensionnement de Charge Utile	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	

LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Physique Numérique (PN)	Choix	30 crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière	
Analyse hilbertienne	Matière	
Optimisation sous contraintes	Matière	
PHENOMENES PHYSIQUES ET MODELISATIONS	UE	5 crédits
Rayonnement électromagnétique et antennes	Matière	
Analyse physique de structures guidantes	Matière	
Projet Modélisation de structures en EM	Matière	
PROJETS NUMERIQUES	UE	5 crédits
Projet numérique	Matière	
MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Matériaux	Matière	
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière	
Modélisation des syt. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière	
Thermique et Mécanique des fluides	Matière	
CALCUL SCIENTIFIQUE	UE	5 crédits
Simulation numérique en optique	Matière	
Analyse numérique 2	Matière	
Programmation pour le calcul scientifique	Matière	
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière	
Eléments finis pour l'électromagnétisme	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Systèmes Automatiques Temps Réel (SATR)	Choix	30 crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE	5 crédits
Espace d'état	Matière	
Systèmes non linéaires	Matière	
Commande non linéaire	Matière	
TP Automatique	Matière	
COMMANDE NUMERIQUE	UE	5 crédits
Commande numérique	Matière	
Projet Commande Numérique	Matière	
Automatismes industriels	Matière	
TP Automatismes	Matière	
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / élémts concept° CVS-Machines	Matière	
Commande des convertisseurs	Matière	
Commande des machines	Matière	

Projet chaine de traction ZOE	Matière	
SYSTEMES A EVENEMENTS DISCRETS ET ECHANTILLONNES	UE	5 crédits
Commande Polynomiale	Matière	
Graphes et Ordonnancement	Matière	
Identification (méthodes récursives)	Matière	
TP Automatique	Matière	
Réseau de Pétri	Matière	
INGENIERIE DES RESEAUX ET DES SYSTEMES TEMPS-REELS	UE	5 crédits
Systèmes Informatiques Distribués	Matière	
Réseaux industriels	Matière	
Systèmes Temps réels	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Systèmes Mécatroniques (SM)	Choix	30 crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE	5 crédits
Espace d'état	Matière	
Systèmes non linéaires	Matière	
Commande non linéaire	Matière	
TP Automatique	Matière	
COMMANDE NUMERIQUE	UE	5 crédits
Commande numérique	Matière	
Projet Commande Numérique	Matière	
Automatismes industriels	Matière	
TP Automatismes	Matière	
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / élémts concept° CVS-Machines	Matière	
Commande des convertisseurs	Matière	
Commande des machines	Matière	
Projet chaine de traction ZOE	Matière	
MATERIAUX POUR L'ACTIONNEMENT	UE	5 crédits
Matériaux	Matière	
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière	
Méthodes éléments finis	Matière	
Approche Lagrangienne des systèmes électromécaniques	Matière	
OUTILS ANALYTIQUES ET PHYSIQUE DE LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Optimisation et conception optimale des systèmes	Matière	
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière	
Modélisation des syt. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière	
Thermique et Mécanique des fluides	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	

Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Systèmes Electriques du Futur (SEF)	Choix	30 crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE	5 crédits
Espace d'état	Matière	
Systèmes non linéaires	Matière	
Commande non linéaire	Matière	
TP Automatique	Matière	
COMMANDE NUMERIQUE	UE	5 crédits
Commande numérique	Matière	
Projet Commande Numérique	Matière	
Automatismes industriels	Matière	
TP Automatismes	Matière	
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / élémts concept° CVS-Machines	Matière	
Commande des convertisseurs	Matière	
Commande des machines	Matière	
Projet chaine de traction ZOE	Matière	
MISE EN OEUVRE CELLULES DE COMMUTATION	UE	5 crédits
Mécanismes de Commutation dans les CVS	Matière	
Thermique	Matière	
Projet commande rapprochée des CVS	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES ET FACTS	UE	5 crédits
Introduction aux FACTS	Matière	
Energie renouvelables : éolien et photovoltaïque	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	
Semestre 8 - Parcours Intelligence Artificielle Traitement de l'Information (IATI)	Choix	30 crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière	
Analyse hilbertienne	Matière	
Optimisation sous contraintes	Matière	
ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière	
Technologie FPGA	Matière	
DSP	Matière	
TRAITEMENT DE L'IMAGE ET MODELISATION	UE	5 crédits
Projet Image	Matière	
Traitement d'images	Matière	
Modélisation	Matière	
Parcours au Choix Approfondissement IATI	Bloc	10 crédits
Approfondissement SIA	Choix	
SIGNAL-METHODES AVANCEES PARC. SIA	UE	5 crédits

Représentation et analyse des signaux	Matière	
Filtrage optimal	Matière	
Analyse multivariée	Matière	
Problèmes inverses	Matière	
FONDEMENT DE L'IA	UE	5 crédits
Théorie de l'information	Matière	
Introduction au deep learning	Matière	
Statistique - méthodes avancées	Matière	
Statistiques computationnelles	Matière	
Approfondissement TSE	Choix	
SIGNAL-MET. AVANCEES TSE	UE	5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière	
Filtrage optimal	Matière	
Analyse multivariée	Matière	
INTRODUCTION A L'IA	UE	5 crédits
Introduction générale à l'IA : première intégration matérielle	Matière	
Introduction au deep learning	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière	
LV2-2è Année-Sem.8	Choix	
EPS-2A-Sem.8	Matière	
Careers and Management - Sem.8	Choix	

Ingenieur ENSEEIHT Electronique et Génie électrique (En-Ge) 3ème année

Semestre 9 - Parcours à choix (manuel)

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Semestre 9 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)	Choix				30 crédits
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				
1er Approfondissement	Choix				5 crédits
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE				5 crédits

Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière	
Projet ASIC analogique	Matière	
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE	5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière	
Test des circuits et simulation de faute	Matière	
2nd Approfondissement	Choix	5 crédits
POWER MANAGEMENT	UE	5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière	
MOSFET Driver Circuits	Matière	
EMC for SMPS	Matière	
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière	
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - PARcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)	Choix	30 crédits
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière	
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière	
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE	5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière	
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière	
Internet des objets	Matière	
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière	
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE	5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière	
Antennes spatiales	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Amplificateurs de puissance microondes	Matière	
CEM aéronautique 2	Matière	
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE	5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	

Projet radar	Matière	
Approfondissement SysCom	Choix	5 crédits
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Équipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
MODELISATION	UE	5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
Physique des plasmas et applications	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Physique Numérique (PN)	Choix	30 crédits
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE	5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière	
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière	
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière	
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE	5 crédits
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Équipement Radar	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière	
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
CEM aéronautique 1	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Calcul Haute Performance	Matière	
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Optimisation Topologique	Matière	
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Volume finis	Matière	

SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Architecture de Commande Informatique et Systèmes Embarqués (ACISE)	Choix	30 crédits
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE	5 crédits
Estimation filtrage	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE	5 crédits
Commande robuste	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation combinatoire	Matière	
TER Opti	Matière	
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière	
Optimisation continue	Matière	
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE	5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière	
Simulation des systèmes à événements discrets	Matière	
Planification et Ordonnancement	Matière	
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière	
TER Atelier Flexible	Matière	
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE	5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière	
Systèmes aéronautiques	Matière	
Robotique : Modélisation et Commande	Matière	
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière	
Commande de Systèmes électriques	Matière	
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE	5 crédits
Sécurité Informatique	Matière	
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière	
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière	
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	

CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours ElectroMécanique Avancées (EMA)	Choix	30 crédits
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière	
Modélisation numérique des machines	Matière	
CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANQUES	UE	5 crédits
Éléments de conception des convertisseurs statiques	Matière	
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière	
Initiation à la CAO	Matière	
Générateurs électriques	Matière	
ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES	UE	5 crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière	
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Estimation filtrage	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
MECATRONIQUE APPLIQUEE	UE	5 crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière	
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière	
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Conversion électrique et Réseaux d'Energie (CERE)	Choix	30 crédits
SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE	UE	5 crédits
Conception système	Matière	
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière	
CVS Réseaux HVDC	Matière	

CONCEPTION DES CVS	UE	5 crédits
Conception CVS	Matière	
Commande CVS	Matière	
TER Architecture et Commande	Matière	
Technologie EnP	Matière	
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE	5 crédits
Fiabilité CVS	Matière	
CEM	Matière	
X. Niveaux	Matière	
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière	
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE	5 crédits
Commande des actionneurs	Matière	
TER Commande des Actionneurs	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE	5 crédits
Réseaux autonomes	Matière	
Sources, reversibilité, stockage	Matière	
Smartgrids	Matière	
1/2 Journées thématiques	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours Intelligence Artificielle et Traitement de l'Information (IATI)	Choix	30 crédits
SIGNAL ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Traitement d'antennes	Matière	
Traitement automatique de la parole	Matière	
Audio et musique	Matière	
Navigation par satellite	Matière	
IA ET MATERIEL	UE	5 crédits
Edge computing	Matière	
Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués	Matière	
Choix Approfondissement IATI Semestre 9	Bloc	15 crédits
Approfondissement SIA Semestre 9	Choix	
IMAGE - APPLICATIONS	UE	5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière	
Imagerie médicale computationnelle	Matière	
Téledétection	Matière	
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE	5 crédits
Analyse de données	Matière	

Apprentissage non supervisé	Matière	
Apprentissage supervisé	Matière	
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière	
Projet transversal	Matière	
Approfondissement TSE Semestre 9	Choix	
SYSTEMES EMBARQUES	UE	5 crédits
System on Chip	Matière	
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière	
IA ET CAPTEURS	UE	5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière	
Projet Smart Sensor	Matière	
IA AVANCEE	UE	5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière	
Data analysis 2 and classification	Matière	
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE	5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
CV Entretiens(3EA)	Matière	
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix	
Entrepreneurship Project	Matière	
Corporate Project and Social Responsibility	Matière	
Semestre 9 - Parcours EcoEnergie (EE)	Choix	30 crédits
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE	5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière	
Ecoconception et ACV	Matière	
Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière	
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière	
SMART-GRIDS	UE	5 crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière	
Hybridation Energétique des systèmes	Matière	
Smartgrids (EE)	Matière	
VECTEUR HYDROGENE	UE	5 crédits
Production de l'hydrogène	Matière	
Stockage de l'hydrogène	Matière	
Piles à combustibles et applications de l'hydrogène	Matière	
Electrochimie	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES	UE	5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière	
APP Photovoltaïque	Matière	
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES NON ELECTRIQUES	UE	5 crédits
Biocarburants et systèmes bioénergétiques	Matière	

Valorisation Biomasse Haute Température	Matière	
Chaleur renouvelable	CM	
FORMATION GENERALE	UE	5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière	
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
Semestre 9 - Impact Entrepreneurship Low to Deep Tech 3EA	Choix	30 crédits
Choix UE Hard Skills 3EA Parcours Impact Entrepreneurship	Bloc	
Choix UE Parc. InSys Parc. Impact Entrepreneurship	Choix	
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE	5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière	
Test des circuits et simulation de faute	Matière	
POWER MANAGEMENT	UE	5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière	
MOSFET Driver Circuits	Matière	
EMC for SMPS	Matière	
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière	
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE	5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière	
Synthèse de Filtre	Matière	
Photonique intégrée	Matière	
Internet des objets	Matière	
SYSTEMES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Statégie de synthèse	Matière	
CEM pour circuits intégrés	Matière	
System on Chip	Matière	
SYSTEMES MIXTES	UE	5 crédits
CAN et CNA	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière	
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière	
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE	5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière	
Projet ASIC analogique	Matière	
Choix UE Parc. SysCom Parc. Impact Entrepreneurship	Choix	
CIRCUITS RF	UE	5 crédits
Equipement RF	Matière	
MMIC	Matière	
MEMS	Matière	

PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE	5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Projet radar	Matière	
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE	5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière	
Modèles Multiphysiques	Matière	
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière	
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière	
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE	5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière	
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière	
Internet des objets	Matière	
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière	
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE	5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière	
Antennes spatiales	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière	
Amplificateurs de puissance microondes	Matière	
CEM aéronautique 2	Matière	
MODELISATION	UE	5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
Physique des plasmas et applications	Matière	
Choix UE Parc. ACISE Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE	5 crédits
Estimation filtrage	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE	5 crédits
Commande robuste	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation combinatoire	Matière	
TER Opti	Matière	
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière	
Optimisation continue	Matière	
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE	5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière	
Simulation des systèmes à événements discrets	Matière	
Planification et Ordonnancement	Matière	
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière	
TER Atelier Flexible	Matière	
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE	5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière	

Systèmes aéronautiques	Matière	
Robotique : Modélisation et Commande	Matière	
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière	
Commande de Systèmes électriques	Matière	
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE	5 crédits
Sécurité Informatique	Matière	
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière	
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière	
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière	
Choix UE Parc.CERE Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE	UE	5 crédits
Conception système	Matière	
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière	
CVS Réseaux HVDC	Matière	
CONCEPTION DES CVS	UE	5 crédits
Conception CVS	Matière	
Commande CVS	Matière	
TER Architecture et Commande	Matière	
Technologie EnP	Matière	
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE	5 crédits
Fiabilité CVS	Matière	
CEM	Matière	
X. Niveaux	Matière	
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière	
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE	5 crédits
Commande des actionneurs	Matière	
TER Commande des Actionneurs	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE	5 crédits
Réseaux autonomes	Matière	
Sources, réversibilité, stockage	Matière	
Smartgrids	Matière	
1/2 Journées thématiques	Matière	
Choix UE Parc. EMA Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE	5 crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière	
Modélisation numérique des machines	Matière	
CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES	UE	5 crédits
Éléments de conception des convertisseurs statiques	Matière	
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière	

Initiation à la CAO	Matière	
Générateurs électriques	Matière	
ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES	UE	5 crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière	
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Estimation filtrage	Matière	
Systèmes Multidimensionnels	Matière	
MECATRONIQUE APPLIQUEE	UE	5 crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière	
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière	
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière	
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière	
Choix UE Parc. PN Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE	5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière	
Commande optimale	Matière	
Optimisation Topologique	Matière	
Volume finis	Matière	
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE	5 crédits
Méthodes intégrales	Matière	
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière	
Méthodes intégrales	Matière	
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE	5 crédits
Modèles Multiphysiques	Matière	
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière	
CEM aéronautique 1	Matière	
Compatibilité Electromagnétique	Matière	
Calcul Haute Performance	Matière	
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE - PN	UE	5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière	
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière	
Modélisation des phénomènes couplés	Matière	
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière	
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE	5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière	
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière	
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière	
Choix UE Parc. EE Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE	5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière	
Ecoconception et ACV	Matière	
Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière	
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière	
SMART-GRIDS	UE	5 crédits

Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière	
Hybridation Energétique des systèmes	Matière	
Smartgrids (EE)	Matière	
ENERGIES RENOUVELABLES	UE	5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière	
APP Photovoltaïque	Matière	
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière	
FORMATION GENERALE	UE	5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière	
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc	
Scientific English	Matière	
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix	
Anglais Clinique	Matière	
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière	
Choix UE Parc. IATI Parcours Impact Entrepreneurship	Choix	
SIGNAL ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Traitement d'antennes	Matière	
Traitement automatique de la parole	Matière	
Audio et musique	Matière	
Navigation par satellite	Matière	
IA ET MATERIEL	UE	5 crédits
Edge computing	Matière	
Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués	Matière	
IMAGE - APPLICATIONS	UE	5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière	
Imagerie médicale computationnelle	Matière	
Télédétection	Matière	
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE	5 crédits
Analyse de données	Matière	
Apprentissage non supervisé	Matière	
Apprentissage supervisé	Matière	
SYSTEMES EMBARQUES	UE	5 crédits
System on Chip	Matière	
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière	
IA ET CAPTEURS	UE	5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière	
Projet Smart Sensor	Matière	
IA AVANCEE	UE	5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière	
Data analysis 2 and classification	Matière	
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE	5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière	
Projet transversal	Matière	
SOFT SKILLS 1 - PARTNERSHIPS	UE	5 crédits
SOFT SKILLS 2 - DESIGN THINKING	UE	5 crédits
Design Thinking 1 - module 15h	Matière	

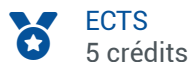
Design Thinking 2 - module 18h
 Professional Communication and English - module 21h
 SOFT SKILLS 3 - PROJET DEEP TECH & CAS D'USAGE
 PDT & CU 1 - module 18h
 PDT & CU 2 - module 18h
 PDT & CU 3 - module 18h

Matière
 Matière
 UE 5 crédits
 Matière
 Matière
 Matière

Semestre 10 3EA à N7

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Projet Fin d'Etude 3EA sans Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
PFE 3EA sans PL	Stage				24 crédits
PFE 3EA avec Projet Long	UE				30 crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
Projet Long 3EA	Matière				8 crédits
Projet de Fin d'Etudes 3EA	Matière				16 crédits

INTEGRATION ET PROBABILITES



En bref

➤ **Code Ametys:** N5EE01

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Intégration	Matière				
Variable Complexe	Matière				
Probabilités	Matière				

Intégration



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants sont en mesure de calculer des intégrales et des représentations fréquentielles rencontrées en physique (séries et transformées de Fourier). Un second objectif est la compréhension des outils mathématiques permettant cette analyse fréquentielle, notamment l'intégrale de Lebesgue.

Description

Cette matière comprend 6 cours magistraux et 5 séances de TD (plus 2 séances de tutorat). Après une présentation de l'intégrale de Lebesgue, on se concentre sur les résultats permettant de faire du calcul intégral : échange entre limite et intégrale, continuité ou dérivation sous l'intégrale, changement de variable et intégration en dimension n . On définit ensuite les représentations fréquentielles de fonctions périodiques (séries de Fourier) et intégrables (transformée de Fourier), l'accent étant mis sur les propriétés de ces représentations. On étudie enfin l'opération de convolution et son lien avec la transformée de Fourier.

Variable Complexe



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours introduit l'analyse complexe et la formule des résidus, la transformée de Laplace et la transformée en Z. L'objectif est de développer pour le physicien le cadre théorique dans lequel des formules bien connues et couramment utilisées trouvent leur justification, mais aussi de développer la pratique de leur manipulation. Les notions abordées seront utilisées aussi bien dans les autres cours de mathématiques qu'en automatisme ou en traitement numérique du signal.

Description

Définition, propriétés, calcul direct et inverse de la transformée de Laplace.
Définition, propriétés, calcul direct et inverse de la transformée de Z.

Algèbre standard des nombres complexes : propriétés, géométrie liée à la représentation vectorielle. Fonctions différentiables de deux variables réelles.

Intégrales curvilignes

Le cours se décline en trois parties principales :

- intégration dans le plan complexe

- transformée de Laplace
- transformée en Z

Pré-requis obligatoires

Algèbre usuelle des nombres complexes : propriétés, géométrie associée la représentation vectorielle.

Fonctions différentiables de deux variables réelles.

Intégrales curvilignes.

Probabilités



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ces cours ont pour objectif de permettre au futur ingénieur de construire un modèle mathématique à partir de l'observation d'un phénomène aléatoire et d'un recueil de données d'expérimentation ou d'échantillonnage. Cette construction va de la recherche et du choix du modèle à son ajustement précis, à l'aide des observations, et à sa validation. Ce modèle doit permettre alors une meilleure compréhension ou analyse du phénomène et aboutir, le cas échéant, à des prises de décision ou des prévisions.

Description

Prise de contact ; Calcul de la probabilité d'un événement lors d'une expérience aléatoire ; probabilité conditionnelle ; indépendance.

Les principaux modèles univariés ; les modèles discrets : loi de Bernoulli, loi binomiale, loi de Poisson, loi géométrique, loi hypergéométrique ; les modèles à densité : loi uniforme, loi exponentielle, loi gamma, loi gaussienne, loi log-normale, loi de Cauchy.

Les modèles multivariés ; corrélation ; loi multinomiale, loi gaussienne multidimensionnelle, loi de Pareto, Loi de Cauchy ; loi conjointe, lois marginales ; indépendance ; changement de variables .

La fonction caractéristique ; quelques types de convergence ; asymptotique et grands théorèmes ; les lois des grands nombres ; le théorème central limite. Applications.

Programme

Cours

1er cours : Prise de contact ; Espaces probabilisés sur univers infini non dénombrable.

2e cours : Les variables aléatoires réelles ; concepts de base ; lois discrètes.

3e cours : Variables aléatoires réelles ; lois à densité.

4e cours : Fin des variables aléatoires ; changement de variable. Début des vecteurs aléatoires.

5e cours : Corrélation ; lois marginales ; Indépendance. Changement de variables.

6e cours : Fonction caractéristique. Convergences. Loi des grands nombres.

7e cours : Compléments ; révisions.

Travaux dirigés

TD 1 : Le calcul d'une probabilité.

TD 2 : Les lois discrètes.

TD 3 : Variable aléatoire à densité.

TD 4 : Changement de variables bivarié.

TD 5 : Fonction caractéristique ; Convergences.

Travaux pratiques

TP 1 et 2 : Initiation à Matlab pour les probabilités et la statistique.

TP 3 et 4 : Simulation de variables aléatoires.

Pré-requis obligatoires

Notions élémentaires d'analyse et de théorie de la mesure, dénombrement, intégrale de Lebesgue, calcul intégral.

ALGORITHMIQUE, PROGRAMMATION ET ARCHI CALCULATEURS



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5EE02

Présentation

Objectifs

L'objectif de cette UE est d'acquérir les compétences de base nécessaires à la conception d'un programme informatique, ainsi que d'appréhender l'architecture interne d'un calculateur numérique et ses interactions avec son environnement.

Description

Cette UE est composée de deux parties distinctes :

- La première partie traite des outils nécessaires à la conception d'une application informatique en Langage C
- La seconde partie traite de la structure interne d'un processeur, de sa programmation en langage assembleur et de son utilisation au sein d'une application avec un environnement dynamique.

Pré-requis obligatoires

Aucun

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Algorithmique et Programmation impérative	Matière				
Architecture et Programmation en assembleur	Matière				

Algorithmique et Programmation impérative



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE02A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Les objectifs de ce cours sont d'appréhender les principaux outils permettant de concevoir des applications informatiques.

Les différentes étapes de conception sont présentées dans une démarche allant de la lecture d'un cahier des charges vers l'implantation sur un calculateur dans un langage de programmation (ici le langage C-ANSI).

Description

Le cours Algorithmique et programmation impérative est constitué de 2 parties distinctes. La première traite des outils dédiés à la conception de programmes informatiques et ce de manière totalement indépendante du langage de programmation. Nous présentons les techniques dites de raffinement informatique et leur traduction sous forme algorithmique.

Le seconde partie traite des spécificités du langage C et des méthodologies pour traduire un algorithme dans ce langage.

A ce cours est associé un Bureau d'étude qui illustre à la fois la partie conception et la partie programmation à proprement parlée. Différents exemples sont traités pour illustrer l'ensemble de la démarche de conception, du besoin à l'implantation finale du code informatique.

Pré-requis obligatoires

Aucun

Infos pratiques

Contacts

Responsable pédagogique

Jean-rene POIRIER

☎ 2381

✉ Jean-Rene.Poirier@enseeiht.fr

Architecture et Programmation en assembleur



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE02B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de ce cours est de permettre à l'étudiant:

- de maîtriser le fonctionnement simplifié d'un micro-processeur
- de comprendre le principe de fonctionnement d'un système d'exploitation.
- de maîtriser le langage Machine et Assembleur
- de produire un programme simple en assembleur
- de développer un interfaçage simple Micro-ordinateur / Système
- de maîtriser le contrôle de processus par scrutation
- de connaître le principe général des interruptions (rupture de séquence)

Pré-requis obligatoires

Obligatoires :

- Logique Combinatoire et Séquentielle

- Synthèse de système séquentiel
- Fonctions Logiques de Base (Codeurs/Décodeurs, Multiplexeur/Démultiplexeur, Compteur/Décompteur, registre, ...)
- Notion de Machine d'Etat

Facultatifs :

- Notions d'algorithmique et langage de programmation.

CONCEPTION DE SYSTEMES LOGIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5EE03

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Approche théorique de la logique combinatoire, séquentielle	Matière				
Fonction logique et technologique	Matière				
BE Conception d'unités logiques séquentielles-combinatoires	Matière				

Approche théorique de la logique combinatoire, séquentielle



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE03A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Appréhender les différentes notions liées à la conception de système de logique combinatoire et séquentielle

Description

- Algèbre de boole
 - Tables de vérités
 - Tableau de Karnaugh
 - Numérotation binaire
 - Machines à états
-

Pré-requis obligatoires

Aucun

Fonction logique et technologique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE03B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif principal de ce cours est d'aborder les principes et concepts fondamentaux de l'Électronique Numérique ainsi que de présenter certains éléments technologique liés à la réalisation expérimentale.

Description

La première partie sera dédiée à la découverte des principes de réalisation technologiques de fonctions logiques simples (logique TTL/CMOS aspect statique/dynamique, consommation). Après quelques rappels sur les transistors NMOS et PMOS, une analyse détaillée des principes de construction de fonctions logiques en logique CMOS sont abordés.

Dans la seconde partie, les principales fonctions de la logique combinatoire seront abordés (codeurs, décodeurs, multiplexeur, comparateurs ...)

La troisième partie abordera la problématique de la mémorisation de l'information avec en particulier les différents principes de réalisation d'un « point mémoire ». Il sera en particulier détaillé le fonctionnement externe et interne des principales bascules (RS, JK, Dlatch, Dflipflop, registres)

La quatrième partie sera consacrée à l'étude des fonctions séquentielles classiques: compteurs et décompteurs (synchrone et asynchrone).

Au cours de la cinquième partie seront abordés les principes technologique permettant de stocker l'information. Il sera introduit la notion de BUS (données/adresses). Les différents type de mémoires (RAM, SRAM, DRAM, ROM, EPROM, EEPROM, ...) seront ensuite présentées sous un aspect technologique.

La sixième et dernière partie sera consacrée à l'introduction aux composants programmable. Après un bref historique permettant de resituer l'évolution de ces technologies (PAL/PLD, ...) les différents blocs fonctionnels constituant un FPGA seront abordés.

Pré-requis obligatoires

UE N5EE04 Bases de circuits

UE N5EE03 Conception de systèmes Logiques

BE Conception d'unités logiques séquentielles-combinatoires



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE03C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de ce BE est de concevoir une application mettant en œuvre des systèmes logiques combinatoires et séquentiels.

Description

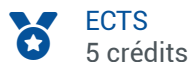
A travers la conception d'une application permettant la gestion d'une armoire à vidéo-projecteurs, l'étudiant devra réaliser complètement l'étude et la conception du système. Un développement par étapes est proposé. Plusieurs fonctionnalités sont à réaliser mêlant systèmes séquentiels et combinatoires (affichages, code de sécurité, compteurs, ...). Des étapes de simulation, de tests sont proposées tout au long du projet pour en valider la progression.

Pré-requis obligatoires

- Connaître les outils de synthèse des systèmes de logique combinatoire

- Connaître les outils de synthèse des systèmes de logique séquentielle

BASES DES CIRCUITS



En bref

> **Code Ametys:** N5EE04

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Méthodes d'analyse des circuits électriques	Matière				
Métrologie et circuits de puissance	Matière				
TP Circuits	Matière				

Méthodes d'analyse des circuits électriques



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE04A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Comprendre les méthodes permettant l'analyse des circuits électriques en régime temporel quelconque et en régime sinusoïdal permanent. Être sensibilisé au formalisme et aux logiciels utilisés dans l'industrie.

Description

Signaux et systèmes : définitions, systèmes linéaires invariants temporellement. – Généralités sur les circuits : éléments, relations énergétiques, unités. – Transformation de Laplace : propriétés, applications aux équations différentielles. – Régime permanent sinusoïdal : représentations de Bode et Nyquist, énergie. – Théorèmes généraux : divers équivalents. Quadripôles. –

Métrologie et circuits de puissance



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE04B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, l'étudiant aura connaissance du vocabulaire élémentaire de métrologie.

L'étudiant fera la distinction entre les origines systématiques et fortuites des erreurs de mesurage.

L'étudiant sera capable de quantifier les incertitudes composées dans un processus de mesurage quelconque en appliquant les méthodes préconisées par le Bureau International des Poids et Mesures.

Pré-requis obligatoires

- avoir connaissance du système d'unités internationales

TP Circuits



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

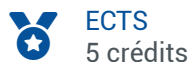
- **Code Ametys:** N5EE04C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Savoir utiliser les appareils de mesure, les sondes
- Savoir manipuler un montage sous tension en toute sécurité
- Savoir utiliser un logiciel de simulation pour compléter l'étude théorique d'un montage avant la mise en oeuvre
- Savoir faire des relevés expérimentaux, les présenter, les analyser

PHYSIQUE POUR EEEA



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5EE05

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Electromagnétisme	Matière				
Physique des matériaux	Matière				
Propagation dans les lignes	Matière				

Electromagnétisme



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE05A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- A l'issue de ce cours les étudiants auront assimilé les équations de l'électrodynamique classique et seront capables d'en décrire le sens physique.
- Ils seront capables de proposer une méthode et de formuler les hypothèses utiles à la résolution de problèmes usuels d'électromagnétisme statique ou propagatif.
- A l'issue des bureaux d'études, les étudiants seront capables de formuler les conditions requises à la résolution d'un problème d'électromagnétisme par méthodes numériques (éléments finis).

Description

- Rappels de calcul vectoriel : champ scalaire, champ vectoriel, potentiel vecteur, potentiel scalaire.
- Equations du champ électrique et magnétique dans le vide et dans les milieux, conditions de passage et conditions aux limites

- Energie et coénergie magnétique dans le vide
- Introduction aux phénomènes de propagation

Pré-requis obligatoires

- Les opérateurs vectoriels (div, rot, grad, laplacien...)
- Les systèmes de coordonnées cartésiennes et polaires

Physique des matériaux



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE05B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants:

- connaîtront les propriétés atomiques de la matière (échelle microscopique)
- maîtriseront l'interaction ondes électromagnétiques / matière (propriétés physiques)
- sauront comment contrôler la propagation des champs électromagnétiques dans la matière (propagation, rayonnement, pertes diélectriques et thermiques)
- pourront faire le lien avec les autres matières : électromagnétisme, antennes, circuits passifs, machine électrique

Description

Le cours est divisé en deux parties: les matériaux diélectriques et magnétiques. Les utilisations des différents matériaux seront explicitées. Les propriétés physiques des matériaux (permittivité, perméabilité) seront données à l'échelle microscopique et macroscopique. Les charges libres et liées, les vecteurs polarisation et aimantation seront introduits dans les équations de Maxwell

vue par ailleurs dans le cours d'électromagnétisme. Ces charges et vecteurs seront également transcrits dans les propriétés physiques des matériaux. Les relations de passage seront démontrées.

Pré-requis obligatoires

Electrostatique

Magnetostatique

Bases mathématiques

Propagation dans les lignes



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EE05C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants seront en mesure de :

- connaître les paramètres intrinsèques d'une ligne
- comprendre les spécifications sur une datasheet
- comprendre le phénomène de réflexion
- comprendre les principes de l'adaptation
- savoir mesurer les performances de la ligne
- savoir diagnostiquer les défauts dans les lignes
- comprendre les phénomènes de couplage et de diaphonie

Description

Dans le premier cours, à partir des phénomènes physiques vus en cours d'électromagnétisme, un modèle circuit RLCG (équation des télégraphistes) est explicité. Les notions d'impédance caractéristique, de constante de propagation, de longueur d'onde et de constante d'atténuation en sont déduites. Les vitesses de groupe et de phase ainsi que la tenue en puissance des lignes sont introduites.

Dans un deuxième cours, la ligne est représentée sous la forme d'un quadripôle. Les phénomènes de réflexion et d'adaptation sont explicités sur une ligne chargée. Le phénomène d'onde stationnaire est illustré.

Dans un dernier cours, la matrice de diffraction est explicitée. L'analyseur de réseau qui permet de la qualifier est présenté. Les techniques de réflectométrie sont détaillées. L'isolation et la diaphonie dans les câbles sont présentées.

Pré-requis obligatoires

Matériaux

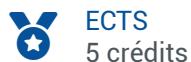
Electromagnétisme : phénomène de propagation

Notion de base sur les circuits (quadripôle, loi des noeuds, des mailles...)

Résolution d'équations aux dérivées partielles

Calcul en complexe

SOFT AND HUMAN SKILLS 1



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5EK01

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English-S5-LV1	Matière				
LV2-1ère année	Choix				
EPS-S5	Matière				
Careers and Management - Sem.5	Matière				

Professional Communication and English-S5-LV1



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Volume horaire texte (reprise v3):** 21
- **Code Ametys:** N5EK01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer la capacité à communiquer avec aisance et professionnalisme en anglais dans des contextes académiques et professionnels, notamment à travers l'analyse et la présentation d'actualités. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte du niveau B2 ou plus du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle en anglais, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Pré-requis obligatoires

Aucun.

LV2-1ère année



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5EK01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation courantes dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants choisissent parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour les étudiants poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Liste des enseignements

Nature	CM	TD	TP	Crédits

EPS-S5



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Volume horaire texte (reprise v3):** 12 séances d'une
- **Code Ametys:** N5EK01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

L'EPS s'inscrit dans la formation globale de tous les étudiants et étudiantes en contribuant au développement de compétences comportementales, relationnelles et organisationnelles complémentaires aux compétences techniques. L'EPS favorise l'équilibre de vie, la santé, et l'acquisition de compétences psychosociales, aujourd'hui et à plus long termes. Il s'agit de:

- développer et entretenir les capacités physiques, physiologiques et motrices
- développer la connaissance de soi, dans l'effort et dans l'apprentissage: engagement, persévérance, gestion de stress et confiance en soi
- développer des interactions sociales et lutter contre la sédentarité et l'isolement

Description

Pour une EPS inclusive, adaptée et motivante, l'étudiant pourra:

- choisir les activités supports parmi une vingtaine d'activités physiques et artistiques, mise en avant du travail cardio dans chacune d'elle
- développer un habitus de santé par une pratique régulière hebdomadaire et raisonnée
- apprendre en situation expérientielle,
- passer des "tests" en santé physique, sociale, et citoyenne, outil d'autoévaluation pour que l'étudiant se situe au regard d'une échelle de santé

Pré-requis obligatoires

Aucun

Careers and Management - Sem.5



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Volume horaire texte (reprise v3):** 21
- **Code Ametys:** N5EK01D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

1. Comprendre les principes fondamentaux du marketing et être capable de les mobiliser pour analyser, valoriser et promouvoir son profil personnel et professionnel dans des contextes académiques et professionnels.
2. Sensibiliser les élèves-ingénieurs aux enjeux de la responsabilité sociétale des organisations (RSO) et de l'économie circulaire, afin de leur permettre d'analyser le rôle, les responsabilités et l'impact de l'ingénieur dans les transitions écologiques, sociétales et économiques.
3. Découvrir les enjeux, les démarches et les compétences liés à l'entrepreneuriat, afin de développer l'esprit d'initiative, la créativité et la capacité à concevoir et porter un projet à valeur économique, sociale ou technologique.

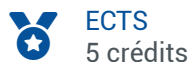
Description

L'enseignement s'organise sur un semestre de 12 séances hebdomadaires structuré en deux modules — Marketing et Engagement RSE — complété par une journée de sensibilisation à l'entrepreneuriat ainsi que des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels. L'évaluation repose sur la production d'un e-portfolio individuel et sur des prestations orales, individuelles ou en groupe, sous forme de pitch.

Pré-requis obligatoires

Aucun.

ANALYSE NUMERIQUE ET STATISTIQUES



En bref

- **Code Ametys:** N6EE01
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Calcul différentiel et optimisation	Matière				
Statistiques	Matière				
Résolution d'EDP par différences finies	Matière				

Calcul différentiel et optimisation



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Il s'agira de présenter les différents développements de Taylor pour les applications entre deux espaces vectoriels de dimension finie. Seront notamment introduites les notions de matrice Hessienne, Jacobienne, de vecteur gradient.

Une taxonomie de problèmes d'optimisation sera présentée, permettant notamment aux étudiants de pouvoir situer leur problème par rapport aux outils théoriques et numériques permettant de résoudre les problèmes. Puis seront présentées les différentes relations que vérifient les extrema d'une fonction dérivable (gradient nul, inertie de la matrice Hessienne dans le cas sans contrainte), en insistant sur l'application rigoureuse des conditions nécessaires et suffisantes disponibles. L'accent est donc mis sur la compréhension de la structure du problème et l'utilisation précise des conditions mathématiques. Le découpage suivant a été proposé :

1. Introduction classification des problèmes, convexité
2. Existence unicité, minimum local/global, conditions nécessaires suffisantes d'ordre 1 et 2.
3. Algorithmes d'optimisation basés sur Newton/Gauss-Newton/Gradient conjugué

Statistiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ces cours ont pour objectif de permettre au futur ingénieur de construire un modèle mathématique à partir de l'observation d'un phénomène aléatoire et d'un recueil de données d'expérimentation ou d'échantillonnage. Cette construction va de la recherche et du choix du modèle à son ajustement précis, à l'aide des observations, et à sa validation. Ce modèle doit permettre alors une meilleure compréhension ou analyse du phénomène et aboutir, le cas échéant, à des prises de décision ou des prévisions.

Description

Compléments sur les vecteurs gaussiens. Introduction à la Statistique : l'échantillonnage aléatoire simple.

Les outils de calage d'un modèle ; estimation d'un paramètre, estimation sans biais de variance minimum, estimation par maximum de vraisemblance.

Tests d'hypothèses ; Test le plus puissant ; Test du rapport des vraisemblances.

Régression linéaire ; régression multilinéaire.

Programme

1er cours : Prise de contact ; Lois issues de la loi normales ; la moyenne et la variance.

2e cours : Bases de l'estimation ; l'estimation sans biais de variance minimum.

3e cours : Quantité d'information ; inégalité de Cramer-Rao ; maximum de vraisemblance.

4e cours : Fondements des tests d'hypothèses ; Lemme de Neyman et Pearson.

5e cours : Test du rapport des vraisemblances ; Régression linéaire.

6e cours : Régression multilinéaire.

7e cours : Tests d'ajustement : tests du Chi2 et de Kolmogorov-Smirnov.

Travaux dirigés

TD 1 : Indépendance moyenne-variance, cas gaussien.

TD 2 : Estimation (1).

TD 3 : Estimation (2).

TD 4 : Tests d'hypothèses.

Pré-requis obligatoires

Notions et résultats élémentaires des probabilités : variable aléatoire, loi de probabilité, fonction de densité de probabilité, fonction de répartition, moments, vecteurs aléatoires, indépendance, lois classiques, convergence d'une suite aléatoire, loi des grands nombres, théorème centrale limite.

Résolution d'EDP par différences finies



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE01E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A la fin de ce cours, les étudiants auront appris les bases de la résolution d'équations aux dérivées partielles par la méthode des différences finies.

Description

Dans ce cours, les étudiants étudieront

- Equations elliptiques

Discrétisation et résolution de l'équation en 1D.

Etude de consistance, stabilité et convergence en 1D.

- Equations paraboliques

Discrétisation et résolution, stabilité, consistance et convergence.

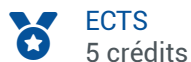
Schémas explicite, implicite, de Richardson et de Crank-Nicolson.

- Introduction aux Equations hyperboliques

Présentation d'une discrétisation et de certaines de ses propriétés.

Les exemples seront issus du département EEEA (Jonction PN, électromagnétisme, ...).

SIGNAL ET AUTOMATIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N6EE02

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Traitement du Signal	Matière				
Traitement Numérique du Signal	Matière				
Automatique des systèmes linéaires continus	Matière				

Traitement du Signal



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE02A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les différentes classes de signaux et les propriétés de leurs outils de représentation (fonction d'autocorrélation, densités spectrales d'énergie et de puissance).

Reconnaître et maîtriser les opérations de filtrage linéaire.

Comprendre les effets de l'échantillonnage idéal et réel, connaître les techniques de restitution.

Description

Chapitre 1 : Corrélation et spectres (transformée de Fourier, classes de signaux, propriétés).

Chapitre 2 : Filtrage linéaire (relations de Wiener-Lee, formule des interférences).

Chapitre 3 : Échantillonnage (échantillonnage idéal, échantillonnage réel, restitution).

Chapitre 4 : Filtrage non-linéaire (quadratureur, quantification).

Pré-requis obligatoires

Intégration.

Calcul élémentaire des probabilités.

Infos pratiques

Contacts

Responsable pédagogique

Marie CHABERT

☎ 2225

✉ Marie.Chabert@enseeiht.fr

Responsable pédagogique

Thomas OBERLIN

☎ 2220

✉ thomas.oberlin@enseeiht.fr

Responsable pédagogique

Nicolas DOBIGEON

☎ 2240

✉ Nicolas.Dobigeon@enseeiht.fr

Traitement Numérique du Signal



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE02B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Donner les bases du traitement numérique du signal : en introduisant l'outil nécessaire - la transformée de Fourier discrète et ses applications classiques - l'analyse spectrale et la synthèse de filtres numériques simples

Description

Chapitre 1 : La transformée de Fourier discrète

Chapitre 2 : Estimation de la fonction d'intercorrélation

Chapitre 3 : Estimation de la densité spectrale de puissance

Chapitre 4 : Filtrage numérique

Pré-requis obligatoires

Traitement du signal (à temps continu).

Transformé en Z.

Automatique des systèmes linéaires continus



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE02C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Maîtriser les concepts de base de l'automatique des systèmes linéaires continus : la représentation des systèmes dynamiques à l'aide du formalisme de Laplace et des schéma-blocs, l'architecture d'un asservissement, la caractérisation des performances au moyen de méthodes d'analyse temporelles (réponses à des signaux d'excitation) et fréquentielles (représentations de Bode ou de Nyquist).

Description

Introduction aux asservissements linéaires continus

- Notions relatives à l'automatique et aux systèmes linéaires invariants en temps continu
- Représentation des systèmes dynamiques à l'aide de fonctions de transfert et de schéma-blocs. Manipulation des schéma-blocs
- Principe et structure d'un asservissement

Méthodes et outils d'analyse comportementale des systèmes linéaires continus

- Réponses temporelles d'un système à un signal d'excitation
- Analyse harmonique, représentations de Bode et de Nyquist
- Application à des systèmes particuliers : 1er et second ordre, 3ème ordre avec 2nd ordre décomposable ou non décomposable

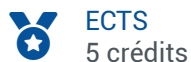
Performances des asservissements linéaires continus

- Précision statique et dynamique, rapidité, dépassement
- Stabilité des systèmes asservis : critère algébrique de Routh-Hurwitz, critères simplifiés de Bode et du revers, critère de Nyquist, Marge de stabilité (marge de gain et marge de phase)

Pré-requis obligatoires

Circuits électriques, transformée de Laplace, maîtrise du calcul en nombres complexes

CIRCUITS ELECTRIQUES ET SYSTEMES



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N6EE03

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation par analogies physiques et analyse	Matière				
Amplificateur opérationnel et compensation	Matière				
Matière à choix	Choix				
Montages amplificateurs Avancés	Matière				
Modélisation des Circuits Magnétiques	Matière				

Modélisation par analogies physiques et analyse



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE03A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir modéliser les systèmes énergétiques à l'aide du formalisme circuit quel que soit le domaine physique (électrique, mécanique, hydraulique, magnétique, thermique)

Savoir analyser le comportement temporel et fréquentiel de fonctions de transfert particulières et appliquer la méthode du lieu des racines pour l'analyse de stabilité

Description

Partie modélisation :

- Introduction aux analogies physiques dans les systèmes énergétiques : variables généralisées d'énergie et de puissance
- Les éléments des systèmes physiques : éléments sources, dissipatifs ou de stockage d'énergie (sous forme cinétique ou potentielle), éléments d'interconnexion (loi des mailles et lois des nœuds généralisées, transformateurs et gyrateurs)
- Causalité dans les systèmes physiques

- Exemples de systèmes : cas académiques, régulation de niveau, asservissement de position

Partie analyse :

Complément sur l'analyse des systèmes linéaires continus :

- Linéarisation d'un système non linéaire
- Analyse temporelle : influence des pôles et des zéros
- Analyse de stabilité par la méthode du lieu des racines

Pré-requis obligatoires

Bases de circuits, automatique des systèmes linéaires continus

Amplificateur opérationnel et compensation



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE03B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

optimiser la stabilité d'un système bouclé, basé notamment sur un montage à base d'amplificateurs opérationnels.

Description

Amplificateur opérationnel idéal et réel : principaux paramètres, fonctions de base. Propriétés des contre-réactions : gains, bande passante.

Stabilité d'un circuit bouclé : compensation en fonction du gain et de la fréquence, Slew rate.

Pré-requis obligatoires

Filtres du premier et deuxième ordre. Diagramme de Bode en phase et amplitude.

Loi des nœuds.

Matière à choix



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE03X
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Montages amplificateurs Avancés	Matière				
Modélisation des Circuits Magnétiques	Matière				

Montages amplificateurs Avancés



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE03C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Analyse de la fonction amplification réalisée avec des transistors bipolaires en fonction de la fréquence. Etude de montage amplificateur différentiel.

Description

- Réponse en fréquence des amplificateurs à couplages capacitifs : étude aux basses et aux hautes fréquences
- Circuits différentiels : mode différentiel et de mode commun, gains à sorties symétriques et asymétriques, rapport de réjection de mode commun, tension et courant de décalage, domaines de linéarité en mode différentiels et en modes communs.
- Analyse de la structure interne d'un amplificateur opérationnel.

Pré-requis obligatoires

Base de circuits ; physique du semiconducteur et jonction PN ; montages amplificateurs à transistors

amplificateurs opérationnels et compensation, montages amplificateurs à transistors

Modélisation des Circuits Magnétiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE03E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

la modélisation des circuits magnétiques comme circuits électriques équivalents, en utilisant l'analogie d'Hopkinson, dans le cas de circuits linéaires non saturés.

Comprendre l'origine du modèle de circuit du transformateur électrique monophasé.

Définir le modèle de circuit du transformateur électrique monophasé à partir des essais réalisés.

Comprendre le modèle de circuit du stator des machines électriques.

Comprendre le fonctionnement d'un transformateur triphasé (modèle, rotation des phases, rapport de transformation)

COMPOSANTS ET ARCHITECTURES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N6EE04

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Physique du semiconducteur et jonction PN	Matière				
Transistors de signal et composants de puissance	Matière				
Matière à choix	Choix				
Montages amplificateurs transistors	Matière				
Introduction à la conversion statique	Matière				

Physique du semiconducteur et jonction PN



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE04A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Les circuits intégrés sont constitués de composants actifs dont le fonctionnement repose sur les propriétés des matériaux semiconducteurs (très majoritairement le silicium). Ils représentent un condensé de science et de développement technologique de très haut niveau et, dans le même temps, un facteur de progrès socio-économique sans égal depuis la généralisation de l'électricité [1]!

[1] Sur l'évolution du secteur des semi-conducteurs et ses liens avec les micro et nanotechnologies, Rapport de l'OPECST n° 138 (2002-2003) de M. Claude SAUNIER, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. tech., déposé le 22 janvier 2003

Description

Toutes les ressources pédagogiques sont mises à disposition des étudiants sur la plateforme Moodle. La partie théorique est découpée en 3 parties et est entièrement scénarisée.

Si besoin ou intérêt, divers liens vous permettent de vous mettre à niveau:

- en cristallographie pour mieux comprendre le vocabulaire employé et les calculs effectués,
- en atomistique notamment pour comprendre le vocabulaire employé et les diagrammes réalisés.

Le module est composé de:

- 3 séances de cours magistral,
- 1 TD non encadré pendant lequel il est suggéré de faire des exercices dont les énoncés et les corrections sont sur Moodle,
- 3 séances de cours magistral,
- 1 séance de TD encadré,
- 1 examen écrit qui fait le bilan des connaissances et savoir-faire acquis.

A l'issue de ce module, vous serez prêts pour aborder le fonctionnement de tous les composants électroniques : pour l'essentiel d'entre eux basés sur une ou plusieurs jonctions PN ou sur une structure de type Métal/Oxyde/Semiconducteur (MOS).

Pré-requis obligatoires

Aucun si ce n'est les outils mathématiques acquis à l'entrée en école d'ingénieurs.

Transistors de signal et composants de puissance



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE04B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce choix de parcours vise à permettre à des étudiants de développer un projet entrepreneurial concret, allant de la low-tech à la deep-tech, en faisant preuve d'esprit d'initiative, de créativité et en mettant en application des compétences entrepreneuriales liées à la communication, au travail collaboratif, à la gestion de projet, à la réflexion critique et à l'innovation, tout en offrant un cadre authentique de mise en œuvre dans un environnement académique et professionnel. Le parcours est co-construit avec l'élève et l'écosystème entrepreneurial partenaire de l'école, afin d'adapter les projets aux intérêts, compétences et ambitions de chacune et chacun : ainsi, chaque étudiant.e choisit « à la carte » 3 Unités d'Enseignement (UE) « Hard Skills » d'un des parcours de 3^{ème} année de son diplôme, qui sont complétées par 3 UE « Soft Skills » spécifiques à l'entrepreneuriat et mises en œuvre en partie selon le projet de l'étudiant.

Description

L'enseignement combine séances théoriques, ateliers pratiques et travaux en équipe, favorisant l'apprentissage par projet, le prototypage et la simulation de situations professionnelles réelles. Les élèves documentent le développement de leur projet à travers un site de reporting (Notion ou outil équivalent), permettant de suivre l'avancement, d'analyser les choix réalisés et de capitaliser sur les enseignements tirés. Ce parcours s'appuie sur une collaboration avec des partenaires académiques (Toulouse School of

Management, Toulouse Business School, Toulouse Tech Tansfer) et des partenaires de l'éco-système entrepreneurial toulousain (la Mêlée Numérique, la French Tech Toulouse,...)

Évaluation globale du module : La réussite du module repose sur la combinaison de présentations orales (pitches) individuelles ou collectives pour chaque volet, évaluant la clarté, la structuration, la pertinence et l'originalité des projets, et de la production de sites de reporting documentant l'ensemble des projets, analysant les choix méthodologiques, la planification et les résultats.

Pré-requis obligatoires

Physique du semiconducteur et jonction PN

Matière à choix



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE04X
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Montages amplificateurs transistors	Matière				
Introduction à la conversion statique	Matière				

Montages amplificateurs transistors



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE04C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les concepts de bases de l'électronique analogique. Ce cours est axé sur la fonction amplification réalisée avec des transistors bipolaires aux moyennes fréquences.

Description

- étude en régime statique : polarisation du transistor bipolaire
- étude et caractérisation des 4 configurations dynamiques des amplificateurs à transistors bipolaires (émetteur commun, émetteur commun dégénéré, collecteur commun, base commune) : schéma équivalent, gains en tension intrinsèque et composite, impédances d'entrée et de sortie, droites de charges statiques et dynamiques, distorsion harmonique.
- Amplification à 2 étages : compatibilité entre les étages, adaptateur d'impédance, charge active.

Pré-requis obligatoires

Physique du semiconducteur et jonction PN ; bases de circuits

fonctionnement en régime linéaire du transistor bipolaire

Introduction à la conversion statique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE04D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'étudiant comprend le principe de base de la conversion statique et analyse le comportement du hacheur dévolteur.

Description

Cet enseignement est une introduction à la conversion statique de l'énergie électrique. Les notions de cellule de commutation et de filtrage sont abordées. Le fonctionnement des convertisseurs continu-continu non isolés est étudié. La mise en oeuvre d'un hacheur dévolteur, à base de transistor MOS, est réalisée dans le cadre d'un bureau d'étude.

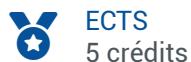
Pré-requis obligatoires

Méthodes d'étude des circuits électriques.

Analyse harmonique.

Circuits électriques du 1er ordre et du 2eme ordre : réponse indicielle et réponse harmonique.

UE à choix (1 parmi 3)



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EEF
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
OBJETS CONNECTES	UE				5 crédits
Objets connectés	Matière				
AVION PLUS ELECTRIQUE	UE				5 crédits
Réseaux électrique de bord d'avion	Matière				
Structure de base de la conversion C/A et A/C	Matière				
Conversion électromécanique	Matière				
INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS	UE				5 crédits
Introduction aux Communications Numériques	Matière				
Introduction aux réseaux	Matière				

OBJETS CONNECTES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE05
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Objets connectés	Matière				

Objets connectés



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE05A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Concevoir des chaînes d'amplification, de filtrage, de traitement analogique/numérique

Comprendre le principe de la conversion analogique-numérique

Comprendre le principe de l'émission/ réception QAM des données

Savoir analyser les données

Apprendre à travailler en groupe (savoir écouter les autres et s'investir pour participer activement au travail de groupe, se sentir responsable des apprentissages de chacun)

Apprendre à gérer un projet de la conception à la réalisation

Apprendre à rédiger un rapport de conception

Description

De nos jours, il y a une demande de plus en plus croissante pour le développement de capteurs pour enregistrer, quantifier et analyser l'état de santé à travers divers critères. Cette demande fait écho à un

sentiment de mal vivre lié au stress, aux mauvaises habitudes alimentaires et au manque d'exercice physique Les capteurs les plus répandus sont ceux qui sont liés à la mesure de l'activité physique via la vitesse, la distance parcourue, le rythme cardiaque (à l'aide de smartphone, smartwatch ...) ... Connaître la quantité d'énergie que l'on a dépensé devrait permettre de mieux adapter nos besoins alimentaires et de modifier nos comportements. Ici l'on s'intéresse plus particulièrement au suivi du rythme cardiaque. Ce dernier était jusqu'à présent essentiellement mesuré et obtenu par ECG à l'aide de bandeau à porter autour de la poitrine ce qui n'était pas très confortable (ou à l'aide d'électrodes). Depuis quelques années, un autre mode de mesure plus adéquat est apparu basé sur la mesure de la lumière absorbée par le flux sanguin : c'est la photoplethysmographie PPG [1]. De plus, de nos jours, il est aussi possible d'obtenir d'autres informations pertinentes sur l'état de santé du patient comme l'oxymétrie [2] [3] et la pression artérielle [1] [4] [5].

Le principe de fonctionnement repose sur un dispositif capable d'émettre de la lumière dans un certain spectre de longueur d'onde (infra rouge, rouge ou vert) et de quantifier la lumière qui est soit réfléchiée soit absorbée après avoir traversée des tissus. C'est la variation du volume de sang dans les vaisseaux sanguins qui module la quantité de lumière détectée. En général, la partie du corps la plus utilisée est le doigt mais ne se limite pas seulement à celle-ci. Cela peut être aussi le lobe de l'oreille, la tempe ...

Au cours de ce projet, les étudiants sont amenés à concevoir la partie analogique/numérique permettant de recueillir, amplifier, filtrer et numériser le signal issu du capteur. Il est ensuite transmis en modulation QAM et traité par des algorithmes de traitement du signal pour faire ressortir les paramètres clés contenus dans le signal.





Pré-requis obligatoires

Base des circuits

Conception de systèmes logiques

Amplificateur Opérationnel et compensation

Physique du semiconducteur et jonction PN

Transistor de signal et composants de puissance

Montages amplificateurs à transistors

Traitement Numérique du Signal

Traitement du Signal

Infos pratiques

Contacts

Responsable pédagogique

Olivier BERNAL

☎ 2553

✉ olivier.bernal@enseeiht.fr

AVION PLUS ELECTRIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE06
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître le contexte d'un réseau électrique de bord avion et les différents constituants.
Comprendre les structures de base de conversion statique AC-DC et DC-AC.
Comprendre les structures de base de la conversion électromécanique.

Description

Cet UE de spécialité génie électrique permet d'aborder autour du thème de l'avion plus électrique les principes de base de la conversion statique de l'énergie électrique et de la conversion électromécanique.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Réseaux électrique de bord d'avion	Matière				
Structure de base de la conversion C/A et A/C	Matière				
Conversion électromécanique	Matière				

Réseaux électrique de bord d'avion



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE06A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Mettre en œuvre les connaissances acquises en conversion électromécanique et en conversion statique dans le cadre d'un réseau de bord électrique avion

Description

Ce module se décompose en 2 parties :

- présentation par un ingénieur d'Airbus des enjeux futurs de l'augmentation de la place du vecteur énergétique électricité dans le contexte aéronautique (des systèmes de bord vers la propulsion).
- un bureau d'étude est réalisé en fin de module, où les étudiants mettent en œuvre les connaissances acquises sur un exemple de réseau de bord aéronautique.

Structure de base de la conversion C/A et A/C



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE06B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les structures de base de la conversion d'énergie électrique alternatif-continu et continu-alternatif.

Description

Présentation des topologies des redresseurs de tension monophasés et triphasés à diodes ou à thyristors .

Présentation des onduleurs de tension monophasés en commande pleine onde et en modulation de largeur d'impulsion.

Etudes des propriétés ces topologies et des formes d'ondes au travers de simulations et de maquettes expérimentales.

Pré-requis obligatoires

Méthodes d'étude des circuits électriques

Analyse harmonique

Notion de cellules de commutation

Conversion électromécanique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE06C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module de cours vise à se familiariser avec les principales structures de machines électriques. Il doit permettre in fine :

- de reconnaître visuellement le type de machine (Machine à courant continu, machine synchrone ou machine asynchrone)
- de faire rapidement un bilan de puissance sur une installation intégrant une machine
- de se familiariser avec des modèles électriques de base des machines afin de pouvoir calculer rapidement les grandeurs électriques et/ou mécanique en entrée/sortie de la machine
- de connaître les avantages et inconvénients d'utilisation de chacune des machines étudiées.

Description

le cours aborde des notions de base sur les machines à courant continu, les machines synchrones et les machines asynchrones qui constituent la grande majorité des machines utilisées dans tous les domaines applicatifs de l'électromécanique. Après un descriptif des architectures de base, on présentera les caractéristiques principales de chacune de ces machines à savoir :

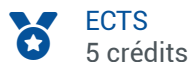
- le domaine d'application
- les schémas équivalents électriques afin de pouvoir établir rapidement un bilan de puissance et calculer les grandeurs électriques/mécaniques nécessaires pour satisfaire un point de fonctionnement ou une mission dans une application visée.
- les courbes caractéristiques mettant en évidence les liens entre couple et vitesse, tension et courant. Cela permet de se familiariser avec le comportement intrinsèque de la machine et ainsi pouvoir anticiper un mode de fonctionnement.

Pré-requis obligatoires

les prérequis nécessaires à ce cours sont :

- calculs des grandeurs électriques associées à un réseau électrique triphasé
- calculs sur des grandeurs complexes
- bilan de puissance sur un système électrique

INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS



En bref

- **Code Ametys:** N6EE07
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Introduction aux Communications Numériques	Matière				
Introduction aux réseaux	Matière				

Introduction aux Communications Numériques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE07A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Être capable d'implanter, d'analyser et d'optimiser des chaînes simples de transmission, en bande de base et sur fréquence porteuse.

Description

Cet enseignement présente les éléments de base de la couche physique d'un système de télécommunication et la manière dont on peut optimiser le bloc modulateur/démodulateur numérique en fonction du débit binaire souhaité et du taux d'erreur binaire (TEB) à atteindre. Les modulations numériques sont étudiées en bande de base (PAM) et sur fréquence porteuse (ASK, PSK, QAM). Leurs performances sont établies en termes d'efficacité spectrale et d'efficacité en puissance. Pour cela les critères de Nyquist et de filtrage adapté sont exposés, ainsi que les notions d'enveloppe complexe et de chaîne passe-bas équivalente. Un projet permet une ouverture vers d'autres blocs de la chaîne de transmission de base : codage correcteur d'erreur, synchronisation, égalisation.

Pré-requis obligatoires

Traitement du signal et traitement numérique du signal

Introduction aux réseaux



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EE07B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de cette matière est de fournir une compréhension solide des **principes fondamentaux des réseaux informatiques**, en mettant l'accent sur les **réseaux locaux** (LAN) et les **protocoles de communication d'Internet**. À travers une approche théorique et pratique, les étudiants apprendront comment les données sont échangées dans un réseau, comment les périphériques interagissent, et comment les différents niveaux de protocoles collaborent pour assurer une communication fiable et efficace.

Description

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les différentes méthodes d'accès au support partagé (ex. ALOHA, CSMA, Token Ring).
- Identifier et analyser les protocoles de couche liaison (Ethernet, WiFi).
- Comprendre les mécanismes de fonctionnement du réseau Internet : adressage IP, routage, fragmentation, protocoles de transport (TCP/UDP), services applicatifs (DNS, HTTP).
- Configurer et diagnostiquer un réseau simple en utilisant des outils concrets (Wireshark, routeurs virtuels, etc.).
- Comparer et simuler différents types d'accès multiple.

Ce cours allie théorie (cours/TD) et mise en pratique (TP) afin de consolider les connaissances et d'acquérir des compétences opérationnelles.

Pré-requis obligatoires

Pas de pré-requis

SOFT AND HUMAN SKILLS 2



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M4IJYC4P
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Renforcer l'aisance en anglais professionnel à l'oral et à l'écrit afin de communiquer efficacement dans des situations courantes de l'entreprise, telles que les échanges formels, les présentations, le travail en équipe et la recherche d'informations. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte du niveau B2 ou plus du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle en anglais, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Pré-requis obligatoires

EDP, Optimisation, programmation impérative en 1ère année.

Elements finis pour l'électromagnétisme, Optimisation sous contraintes en 2ème année

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Élément à choix UE SHS S6 FISE	Élément				
	constitutif				
Professional Communication and English-LV1-Sem.6	Matière				
EPS-S6-1ère Année	Matière				
Leadership Part 1 - S6	Matière				
Leadership Part 2 - S6	Matière				
Entrepreneurship Part 1 - S6	Matière				
Entrepreneurship Part 2 - S6	Matière				
Citizenship Part 1 - S6	Matière				
Citizenship Part 2 - S6	Matière				
Méthodes agiles	Matière				
Managership P1-S6	Matière				
Managership P2-S6	Matière				
Espagnol-S6	Matière				
Portugais-S6	Matière				
Chinois-S6	Matière				
Italien-S6	Matière				
Japonais-S6	Matière				
Russe-S6	Matière				
Allemand-S6	Matière				
FLE - S6	Matière				
LSF - S6	Matière				

Élément à choix UE SHS S6 FISE



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M23F371L

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English-LV1-Sem.6	Matière				
EPS-S6-1ère Année	Matière				
	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Leadership Part 1 - S6	Matière				
Leadership Part 2 - S6	Matière				
Entrepreneuship Part 1 - S6	Matière				
Entrepreneurship Part 2 - S6	Matière				
Citizenship Part 1 - S6	Matière				
Citizenship Part 2 - S6	Matière				
Méthodes agiles	Matière				
Managership P1-S6	Matière				
Managership P2-S6	Matière				
	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Espagnol-S6	Matière				
Portugais-S6	Matière				
Chinois-S6	Matière				
Italien-S6	Matière				
Japonais-S6	Matière				
Russe-S6	Matière				
Allemand-S6	Matière				
FLE - S6	Matière				
LSF - S6	Matière				

Professional Communication and English-LV1-Sem.6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Volume horaire texte (reprise v3):** 21
- **Code Ametys:** N6EK01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Renforcer l'aisance en anglais professionnel à l'oral et à l'écrit afin de communiquer efficacement dans des situations courantes de l'entreprise, telles que les échanges formels, les présentations, le travail en équipe et la recherche d'informations. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte du niveau B2 ou plus du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle en anglais, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Pré-requis obligatoires

Aucun.

EPS-S6-1ère Année



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Volume horaire texte (reprise v3):** 12 séances d'une
- **Code Ametys:** N6EK01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

L'EPS s'inscrit dans la formation globale de tous les étudiants et étudiantes en contribuant au développement de compétences comportementales, relationnelles et organisationnelles complémentaires aux compétences techniques. L'EPS favorise l'équilibre de vie, la santé, et l'acquisition de compétences psychosociales, aujourd'hui et à plus long termes. Il s'agit de:

- développer et entretenir les capacités physiques, physiologiques et motrices
- développer la connaissance de soi, dans l'effort et dans l'apprentissage: engagement, persévérance, gestion de stress et confiance en soi
- développer des interactions sociales et lutter contre la sédentarité et l'isolement

Description

Pour une EPS inclusive, adaptée et motivante, l'étudiant pourra:

- choisir les activités supports parmi une vingtaine d'activités physiques et artistiques, mise en avant du travail cardio dans chacune d'elle
- développer un habitus de santé par une pratique régulière hebdomadaire et raisonnée
- apprendre en situation expérientielle,
- passer des "tests" en santé physique, sociale, et citoyenne, outil d'autoévaluation pour que l'étudiant se situe au regard d'une échelle de santé

Pré-requis obligatoires

Aucun

Leadership Part 1 - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F37SV
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Leadership Part 2 - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F37VT
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Entrepreneuship Part 1 - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F37ZZ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneuship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Entrepreneurship Part 2 - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F383B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Citizenship Part 1 - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F3860
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Citizenship Part 2 - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F389W
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Méthodes agiles



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F38CW
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Description

Développer ses connaissances et compétences en gestion de projet et méthodes agiles.

Managership P1-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F38GB
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Managership P2-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F38JM
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Espagnol-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BA
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Portugais-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BB
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Chinois-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BC
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Italien-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BD
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Japonais-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BE
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Russe-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BF
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Allemand-S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BG
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

FLE - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6EK01BH
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

LSF - S6



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23F3AG1
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Semestre 7 - Parcours Electronique (EN)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

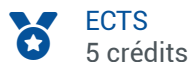
En bref

- **Code Ametys:** M8FQ4WAJ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
ANALOGIQUE RF	UE				5 crédits
Circuits Actifs RF	Matière				
PLL et Oscillateurs	Matière				
Filtrage analogique	Matière				
TP Advanced Design System (ADS)	Matière				
ANALOGIQUE BF	UE				5 crédits
Classes d'amplification	Matière				
Projet Analogique	Matière				
NUMERIQUE	UE				5 crédits
VHDL	Matière				
Chaine d'instrumentation	Matière				
PROPAGATION ELECTROMAGNETIQUE	UE				5 crédits
Propagation guidée	Matière				
Circuits passifs Idéaux	Matière				
Lignes de transmission	Matière				
TRAITEMENT DE L'INFORMATION	UE				5 crédits
Signaux aléatoires	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				
Microprocesseur	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE				
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière				
LV2-2ème Année-S7	Bloc				
EPS-2A-Sem.7	Matière				
Careers and Management-S7	Matière				

ANALOGIQUE RF



En bref

- **Code Ametys:** N7EE06
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Circuits Actifs RF	Matière				
PLL et Oscillateurs	Matière				
Filtrage analogique	Matière				
TP Advanced Design System (ADS)	Matière				

Circuits Actifs RF



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE06A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

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

- Définir les spécifications d'un amplificateur
- Choisir les architectures d'amplificateur répondant à leur cahier des charge.
- Concevoir des amplificateurs répondant à des critères de gain de puissance, linéarité, bruit, rendement de puissance.

Description

Cet enseignement permet d'acquérir les notions permettant de concevoir des amplificateurs RF en technologie hybride et intégrées (MMIC)

- Les filières technologiques en hyperfréquence
- Les amplificateurs RF :
 - HEMT : fonctionnement, caractéristique IV

- Linéarité : P&dB, IP3, C/I3
- Rendement, PAE
- Choix de la classe d'amplification
- Stabilité des transistors
- Conception d'amplificateurs :
 - Adaptation de puissance
 - Graphes de fluence
 - Optimisation en gain
 - Amplificateurs Large bande
- Exemple de conception
- Amplificateur à gain fixe
- Amplificateur faible bruit
- Oscillateurs

Pré-requis obligatoires

Lignes de transmission (N7EE09D)

PLL et Oscillateurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE06B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les **principes fondamentaux** des boucles à verrouillage de phase (PLL) et des oscillateurs.
- Identifier les **différents types de détecteurs de phase** et leurs domaines d'application.
- Maîtriser le rôle et le fonctionnement des **oscillateurs commandés en tension (VCO)** et du **Charge Pump** dans une PLL.
- Analyser la dynamique de la boucle en **mode capture** et **mode verrouillé**, ainsi que les conditions de **stabilité**.
- Concevoir et caractériser les **filtres de boucle** en lien avec les performances globales de la PLL (bande passante, bruit, temps de verrouillage).
- Comprendre le **principe des oscillateurs à contre-réaction positive**, les **oscillateurs harmoniques et LC**, ainsi que la **notion de résistance négative**.
- Connaître les **oscillateurs à quartz** et leurs caractéristiques de stabilité fréquentielle.

Description

1. Introduction générale aux PLL et oscillateurs

- Rappels sur les besoins en **synchronisation et génération de fréquence** dans les systèmes électroniques.
- Architecture de base d'une **boucle à verrouillage de phase (PLL)** : détecteur de phase, filtre de boucle, oscillateur commandé en tension (VCO), diviseur de fréquence, charge pump.
- Domaines d'application : télécommunications, conversion de données, horloges de processeurs, circuits RF.

2. Détecteurs de phase et circuits associés

- **Multiplieur de phase** : fonctionnement analogique.
- **Détecteur XOR** : approche logique et applications simples.
- **Détecteur à flip-flop** : détection séquentielle de phase.
- **Détecteur PFD (Phase-Frequency Detector)** : fonctionnement détaillé, linéarité, large plage de capture.
- **Charge Pump** : conversion courant-tension, effets de déséquilibre et impact sur le bruit de phase.

3. Filtre de boucle et dynamique de la PLL

- Structure et rôle du **filtre de boucle** : intégrateur, filtre passe-bas actif/passif.
- Analyse de la PLL en **mode verrouillé** : stabilité, marge de phase, réponse en fréquence.
- Analyse de la PLL en **mode capture** : dynamique transitoire, acquisition de phase.
- Notions de **bande passante**, **temps de verrouillage** et **jitter**.

4. Oscillateurs commandés en tension (VCO)

- Principe de fonctionnement du VCO.
- Relation tension/fréquence et linéarité.

5. Principes des oscillateurs autonomes

- Conditions d'oscillation et **contre-réaction positive**.
- **Oscillateurs harmoniques et LC** : topologies, stabilité, pureté spectrale.
- **Notion de résistance négative** : interprétation énergétique et réalisation pratique.
- **Oscillateurs à quartz** : principe de résonance, stabilité fréquentielle, app

Pré-requis obligatoires

Transistors de signal et composants de puissance

Montages amplificateurs transistors

Automatique des systèmes linéaires continus

Méthodes d'analyse des circuits électriques

Filtrage analogique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE06C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

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

- d'appréhender le rôle du filtre dans un système d'émission/réception complexe
- déterminer les spécifications d'un filtre
- développer une famille de fonctions de réseau stables répondant à une caractéristique en phase ou amplitude
- dimensionner un filtre LC respectant un cahier des charges
- Appliquer des techniques de synthèse de filtres passifs ou actifs

Description

- Étude d'un système Tx/Rx
- Notion de fonctions de réseaux
- Détermination d'une fonction $f(p)$ stable partiellement connue
- Fonctions positives et réelles et dipôles passifs
- Synthèse de dipôles passifs

- Filtres Passifs
- Filtres Actifs

Pré-requis obligatoires

Aucun

TP Advanced Design System (ADS)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE06D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Enseignement de travaux pratique sous le logiciel Agilent Advanced Design System.

Mise en applications des notions abordées en Circuits passifs RF et Circuits Actifs RF

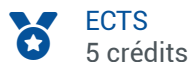
Pré-requis obligatoires

Lignes de transmission (N7EE09D)

Circuits Passifs Idéaux (N7EE09B)

Circuits Actifs RF (N7EE06D)

ANALOGIQUE BF



 Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE07
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Classes d'amplification	Matière				
Projet Analogique	Matière				

Classes d'amplification



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE07B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif est de savoir dimensionner un amplificateur de puissance adapté en maximisant le rendement.

Description

Afin d'interagir avec le monde qui nous entoure, il est souvent nécessaire de délivrer une puissance non négligeable à la charge qui peut être un objet électro-mécanique pour le mettre en mouvement (hauts-parleurs, moteurs, éléments piezo-électrique ...), une antenne afin de pouvoir émettre sur de grandes distances ... Cette tâche incombe à l'étage de sortie d'un amplificateur qui est directement connecté à cette charge. Celui-ci doit alors être capable de délivrer un signal de forte puissance sans en détériorer ses propriétés.

Aussi, l'étage de sortie doit posséder les propriétés suivantes :

- Avoir une faible impédance de sortie pour que l'impédance de la charge de sortie ne génère pas une perte de gain.
- Fournir des signaux de fortes amplitudes (en tension et en courant).
- Distordre le moins possible le signal alors que l'on a à faire à des signaux de fortes amplitudes (à mettre en regard des études petits signaux d'électronique linéaire pour réaliser la fonction d'amplification).
- Transférer la puissance à la charge avec le maximum d'efficacité, ce qui implique que la

puissance dissipée par l'étage de sortie doit être la plus faible possible. Ceci est d'autant plus important de nos jours pour rendre plus autonome les objets fonctionnant sur batterie d'accumulateurs.

— Être capable de dissiper la puissance sans détérioration des performances de ses composants actifs

Pré-requis obligatoires

Transistors de signal et composants de puissance

Montages amplificateurs transistors

Automatique des systèmes linéaires continus

Méthodes d'analyse des circuits électriques

Projet Analogique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE07C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du projet est de transmettre un signal audio (parole ou musique) à distance, par une liaison sans fil. Cette dernière se fait par faisceau optique infrarouge ($\lambda=900\text{nm}$) avec transmission dans l'air. Outre la source audio (par exemple un téléphone portable ...) et le haut parleur ou le casque, le dispositif comporte deux blocs : celui d'émission et celui de réception.

Description

L'émetteur qui comporte principalement un oscillateur contrôlé en tension (VCO) dont la fréquence varie linéairement avec l'amplitude du signal d'entrée. La fréquence centrale f_0 devra être relativement grande devant la plus élevée des fréquences audio FM du signal à transmettre. Le flux lumineux contenant l'information à transmettre est émise par une diode électroluminescente (DEL) à haut rendement dont l'intensité est proportionnelle à son courant instantané de polarisation dans la plage des fréquences de modulation. Un préamplificateur-filtre traite le signal modulant audio à transmettre avant de l'appliquer à l'entrée du VCO.

Le récepteur comporte à son entrée une photodiode PIN silicium dont la réponse spectrale est adaptée au spectre d'émission de la DEL. Ce photorécepteur génère un courant photoélectrique proportionnel à l'intensité du flux lumineux reçu. Le courant photoélectrique est amplifié par un circuit transimpédance qui donne une tension de sortie proportionnelle au courant alternatif d'entrée. Un amplificateur sélectif à grand gain amplifie le signal photoélectrique et le soumet à un discriminateur qui effectue la

conversion fréquence-tension. Pour cela, on utilise une boucle à verrouillage de phase (PLL). Après filtrage du signal audio, un amplificateur audio push-pull en classe AB permet d'exciter un haut parleur ou un casque

Pré-requis obligatoires

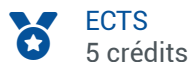
Transistors de signal et composants de puissance

Montages amplificateurs transistors

Automatique des systèmes linéaires continus

Méthodes d'analyse des circuits électriques

NUMERIQUE



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE08
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
VHDL	Matière				
Chaîne d'instrumentation	Matière				

VHDL



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE08A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre les concepts de base de la conception numérique et du langage VHDL.
- Savoir modéliser des circuits combinatoires et séquentiels simples en VHDL.
- Maîtriser la simulation et la synthèse de circuits à l'aide d'outils CAO (ex : Vivado).
- Acquérir les bonnes pratiques de codage et de documentation en VHDL.

Description

Ce cours initie les étudiants à la conception de circuits numériques à l'aide du langage VHDL (VHSIC Hardware Description Language). Il couvre la syntaxe de base, la modélisation de circuits, la simulation et la synthèse sur FPGA. Les étudiants apprendront à décrire des circuits combinatoires (porte logiques, multiplexeurs, décodeurs) et séquentiels (bascules, registres, machines d'état), ainsi qu'à utiliser des outils de CAO pour valider leurs conceptions.

Pré-requis obligatoires

- Connaissances de base en électronique numérique (algèbre booléenne, portes logiques, bascules).

- Familiarité avec un langage de programmation (C, Python, etc.) est un plus, mais non obligatoire.

Chaîne d'instrumentation



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE08B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes de base des conversions analogique-numérique (CAN) et numérique-analogique (CNA).
- Analyser les sources de bruit et d'erreur dans une chaîne d'instrumentation, notamment le bruit de quantification et le repliement de spectre (*aliasing*).
- Concevoir et dimensionner des filtres antirepliement adaptés, notamment à l'aide de filtres à capacités commutées.
- Choisir et configurer des composants (CAN, CNA, filtres) en fonction des spécifications d'une application.
- Évaluer les performances d'une chaîne d'acquisition ou de génération de signaux.

Description

Ce cours aborde les principes et les défis liés à la conversion et au traitement des signaux dans une chaîne d'instrumentation. Les thèmes principaux incluent :

- **Conversions analogique-numérique (CAN) et numérique-analogique (CNA)** : architectures (flash, SAR, sigma-delta, etc.), résolution, rapidité, et limitations.

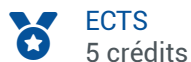
- **Bruit et erreurs** : bruit de quantification, rapport signal sur bruit (SNR), distorsion harmonique (THD), et repliement de spectre (*aliasing*).
- **Filtrage associé** : conception de filtres antirepliement, filtres à capacités commutées, et filtres numériques (FIR, IIR).
- **Applications pratiques** : étude de cas sur des chaînes d'acquisition (capteurs, conditionnement, CAN) et de génération de signaux (CNA, reconstruction, filtrage).
- **Outils et méthodes** : utilisation de logiciels de simulation (PSPice, MATLAB) et d'instruments de mesure (oscilloscope, analyseur de spectre).

Le cours combine des cours théoriques, des travaux dirigés, et des séances de laboratoire pour appliquer les concepts à des problèmes concrets.

Pré-requis obligatoires

- Connaissances de base en électronique analogique (amplificateurs opérationnels, filtres passifs et actifs).
- Notions de traitement du signal (transformée de Fourier, échantillonnage).
- Familiarité avec un logiciel de simulation (PSPice, MATLAB).
- Connaissance en programmation sur FPGA (VHDL, Vivado)

PROPAGATION ELECTROMAGNETIQUE



En bref

- **Code Ametys:** N7EE09
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Propagation guidée	Matière				
Circuits passifs Idéaux	Matière				
Lignes de transmission	Matière				

Propagation guidée



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE09A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir analyser physiquement l'interaction d'une onde électromagnétique plane avec une interface diélectrique

- **Savoir réaliser un bilan de puissance électromagnétique en espace libre**
- **Connaître les principales propriétés d'une onde plane**
- **Savoir ce que désigne l'angle de Brewster**
- **Savoir ce que désigne un mode dans un guide**
- **Savoir ce que désigne la fréquence de coupure**
- **Savoir ce que désigne la dispersion**
- **Savoir calculer la puissance véhiculée par un mode propagatif dans un guide**
- **Savoir calculer l'énergie emmagasinée par un mode évanescent dans un guide**

- Savoir réaliser un bilan de puissance en propagation électromagnétique guidée

Description

I- Rappels : Lois de l'électromagnétisme

I-1- Notion de champs électromagnétiques instantanés

I-2- Equations de Maxwell

I-3- Régime harmonique en électromagnétisme

I-4- Densité de puissance moyenne et énergie en électromagnétisme

II- Propagation électromagnétique en espace libre

II-1- Modes en espace libre: notion d'onde plane

II-2- Champ électromagnétique d'une onde plane et principales propriétés

II-3- Loi de conservation de l'énergie électromagnétique en propagation libre

II-4- Vitesses de groupe et de phase d'une onde plane

II-5- Exemple : Coefficients de réflexion et de transmission d'une surface diélectrique plane

et statique

III- Propagation électromagnétique guidée

III-1- Mode en propagation guidée : notion de modes propagatifs et évanescents

III-2- Phénomène de dispersion en électromagnétisme

III-3- Champ électromagnétique d'un mode et principales propriétés

III-4- Loi de conservation de l'énergie électromagnétique en propagation guidée

III-5- Vitesses de groupe et de phase d'un mode

III-6- Exemple : Guide rectangulaire à parois électriques ou magnétiques

Pré-requis obligatoires

Le contenu du rappel (section I de cette matière), à savoir (1) les équations de Maxwell (lois classiques de l'électromagnétisme), (2) les équations constitutives d'un milieu quelconque et (3) régime harmonique

Circuits passifs Idéaux



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE09B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

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

- Mettre en œuvre de fonctions passives distribuées (utilisant des lignes de transmission)
- Appréhender les difficultés liées à l'utilisation de techniques distribuées
- Prévoir le comportement électriques des fonctions
- Proposer des architectures de fonctions répondant à un cahier des charge
- Mettre en œuvre des techniques de synthèse de multipôles passifs

-

Description

- Spectre RF et applications
- Intégration de filtres :
 - Filtres à stubs

- Filtres à saut d'impédance
- Filtres à base d'inverseurs d'impédance
- Filtres à lignes couplées
- Multipôles
 - Diviseur
 - Coupleur
 - Coupleurs hybride
 - Coupleurs de proximité
 - Application des coupleurs : Atténuateurs, déphaseurs, mélangeur, montages équilibrés

Lignes de transmission



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE09D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Dans ce cours, les étudiants découvrent l'Abaque de Smith et ses usages pour la résolution de circuit et les techniques d'adaptation.

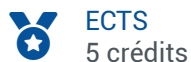
Description

Le cours est divisé en trois parties. Des supports vidéos sont disponibles entre les séances pour approfondir ou mieux comprendre certaines notions.

Pré-requis obligatoires

Le cours d'Electromagnétisme et le cours de Propagation dans les lignes de première année.

TRAITEMENT DE L'INFORMATION



En bref

- **Code Ametys:** N7EE10
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Signaux aléatoires	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				
Microprocesseur	Matière				

Signaux aléatoires



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE10A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de ce cours est revisiter des notions abordées en première année EEEA concernant le traitement des signaux déterministes et de voir comment ces notions se généralisent aux signaux aléatoires (appelés aussi processus aléatoires). Ces généralisations permettent de définir le filtre adapté (très utilisé en télécommunications) et le filtre de Wiener (utilisé en traitement d'images). Une partie du cours concerne l'étude de transformations non-linéaires de signaux aléatoires et des processus de Poisson.

Description

Analyse spectrale (autocorrélation et densité spectrale), filtrage et échantillonnage des signaux aléatoires avec une attention particulière pour le filtre adapté et le filtre de Wiener. Traitement non-linéaire des signaux aléatoires. Signaux construits à l'aide de processus de Poisson

Programmation Orientée Objet (POO)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE10B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Introduction aux concepts de base de la conception et de la programmation par objet, illustration de ces notions au travers du Langage C++.

Description

Cet enseignement consiste principalement en un travail sur un projet de programmation objet mettant en œuvre la simulation de circuit électronique précédé de quelques séances de TP encadrées et en autonomie pour acquérir les notions de base.

Caractéristiques générales des langages à objet (encapsulation, classification, héritage, polymorphisme, liaison dynamique, etc.) – Les bases de la programmation en C++ (typage, structuration de programmes, références, etc.) – Les spécificités de l'orienté-objet en C++ (classification et héritage, entrées-sorties, exceptions, templates).

Pré-requis obligatoires

Langage C. Cours d'Algorithmique et méthode de Programmation de 1ère année EEEA.

Microprocesseur



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE10C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre le **fonctionnement interne d'un microprocesseur et d'un microcontrôleur**.
- Savoir distinguer les notions fondamentales : **échantillonnage, quantification, résolution, mémoire, bus, cycles d'instructions, etc.**
- Être capable de **décrire l'architecture d'un microcontrôleur**, notamment celle des **PIC** (familles 8, 16, 32 bits).
- Apprendre à **programmer un microcontrôleur** à bas niveau :
 - Compréhension du **langage assembleur**,
 - Introduction à la **programmation en C** pour systèmes embarqués.
- Être capable de **configurer et utiliser les périphériques** internes : timers, ADC, ports GPIO, UART, SPI, interruptions...

Description

Le cours est une **introduction complète à la microélectronique embarquée**.

Il couvre :

1. Les **principes de base** du numérique (échantillonnage, quantification, bus, mémoires).

2. Le **fonctionnement détaillé d'un microprocesseur** : unités de calcul, commande, cycle d'exécution et jeu d'instructions.
3. Les **mémoires** : RAM, ROM, EEPROM, Flash, et leur hiérarchie.
4. Les **microcontrôleurs PIC** :

- Architectures **Harvard** et **Von Neumann**
- Différences **RISC / CISC**
- Organisation mémoire et gestion des **interruptions**
- Périphériques : **ports d'E/S, timers, CAN (ADC), UART, SPI**, etc.
- Exemples de **codes assembleur et C** pour PIC18 et PIC24.

C'est donc un **cours à la fois théorique et pratique**, orienté vers la **compréhension du matériel et la programmation bas niveau**.

Pré-requis obligatoires

Pour suivre efficacement ce cours, il est recommandé d'avoir :

- Des **bases solides en électronique numérique** (bits, bus, logique binaire).
- Des notions de **systèmes logiques** et de **circuits électroniques**.
- Une **initiation à la programmation en C** (syntaxe de base, boucles, variables).
- Une curiosité pour les **systèmes embarqués** et le **fonctionnement interne des processeurs**.

SOFT AND HUMAN SKILLS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EK01
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English -Lv1 -Sem.7	Matière				
LV2-2ème Année-S7	Bloc				
EPS-2A-Sem.7	Matière				
Careers and Management-S7	Matière				

Professional Communication and English -Lv1 -Sem.7



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Volume horaire texte (reprise v3):** 21
- **Code Ametys:** N7EK01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer la capacité d'analyse critique et la prise de parole argumentée en anglais dans des situations de débat et d'échange académique ou professionnel. L'enseignement vise à amener les étudiants à construire et défendre des arguments de manière claire, structurée et pertinente, tant à l'oral qu'à l'écrit. Les étudiants développent également leur capacité à rédiger en anglais académique des textes argumentatifs et analytiques, notamment sous la forme de reaction papers fondés sur l'analyse critique et la réflexion personnelle. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte du niveau B2 ou plus du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle en anglais, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. L'évaluation comprend des épreuves orales, individuelles et collectives, visant à apprécier la capacité des étudiants à argumenter, débattre et interagir en anglais de manière claire et pertinente.

Elle repose également sur une évaluation écrite individuelle permettant de mesurer la structuration de la pensée, la cohérence de l'argumentation et la qualité de l'expression écrite.

Pré-requis obligatoires

Aucun.

LV2-2ème Année-S7



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EK01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau, basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Liste des enseignements

Nature	CM	TD	TP	Crédits

EPS-2A-Sem.7



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EK01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

L' EPS s'inscrit dans la formation globale de tous les étudiants et étudiantes en contribuant au développement de compétences comportementales, relationnelles et organisationnelles complémentaires aux compétences techniques.

L'EPS favorise l'acquisition et le développement de compétences psychosociales et contribue à la santé globale de tous les étudiants aujourd'hui et à plus long termes Il s'agit de:

- développer les compétences psychosociales: respect de soi et des autres, coopération, leadership,
- renforcer les capacités de travail en collectif: entreaide, coach/élève,
- développer une santé en actes,
- développer une culture sportive et citoyenne.

Description

Pour une EPS inclusive, adaptée et motivante, l'étudiant pourra

- choisir les activités supports parmi une vingtaine, dans des modes de pratiques variées : développement personnel, activité de découverte, activité projet, activité artistique, activités compétitives,
- renforcer les compétences psychosociales, en multipliant les situations collectives et d'interactions sociales (coopération, intelligence collective, s'engager dans différents rôles sociaux)
- se tester et se responsabiliser au regard de son "Score santé" personnel
- apprendre en situation expérientielle.

Careers and Management-S7



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications



Volume horaire

21h

En bref

➤ **Code Ametys:** N7EK01D

➤ **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Ce module s'inscrit dans la continuité du Projet Professionnel Personnel (PPP) mené en L3 et vise à consolider la réflexion des étudiants sur leur parcours, leurs compétences et leurs perspectives professionnelles. Les étudiants approfondissent leur connaissance d'un secteur d'ingénierie à travers des recherches documentaires, des entretiens avec des professionnels et l'actualisation de leurs outils de candidature et de valorisation (CV, portfolio, lettre de motivation, etc.).

L'enseignement conduit à la construction et à la présentation argumentée d'un projet professionnel cohérent avec le profil de l'étudiant et les besoins du secteur visé, devant un jury associant enseignants-chercheurs, experts RH et partenaires industriels. Il permet également de développer la posture professionnelle, la capacité d'analyse des opportunités de carrière et l'ouverture au réseau professionnel.

L'enseignement s'organise sur un semestre de 12 séances hebdomadaires, structuré en deux modules — PPP Research et PPP Interview — dédiés à l'exploration des parcours professionnels et à l'approfondissement du projet professionnel personnel. Il est complété par une journée internationale consacrée à la découverte des opportunités de mobilité académique et professionnelle, ainsi que par des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels.

L'évaluation repose sur le développement d'un e-portfolio individuel et sur une présentation orale individuelle du projet professionnel devant un jury composé d'enseignants-chercheurs, d'experts en ressources humaines et de partenaires industriels.

Description

L'enseignement s'organise sur un semestre de 12 séances hebdomadaires, structuré en deux modules — PPP Research et PPP Interview — dédiés à l'exploration des parcours professionnels et à l'approfondissement du projet professionnel personnel. Il est complété par une journée internationale consacrée à la découverte des opportunités de mobilité académique et professionnelle, ainsi que par des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels.

L'évaluation repose sur le développement d'un e-portfolio individuel et sur une présentation orale individuelle du projet professionnel devant un jury composé d'enseignants-chercheurs, d'experts en ressources humaines et de partenaires industriels.

Semestre 7 - Electronique, Energie Electrique et Simulations (EEES)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

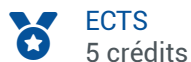
En bref

- **Code Ametys:** M8FQ69YJ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
PROPAGATION ELECTROMAGNETIQUE	UE				5 crédits
Propagation guidée	Matière				
Circuits passifs Idéaux	Matière				
Lignes de transmission	Matière				
INFORMATIQUE ET FILTRAGE ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Filtrage analogique	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				
Fiabilité des calculs numériques	Matière				
CALCUL SCIENTIFIQUE 3EA	UE				5 crédits
Signaux aléatoires	Matière				
Analyse Numérique	Matière				
Méthodes Numériques pour les EDP	Matière				
COMPOSANTS DE PUISSANCE ET MECATRONIQUE	UE				5 crédits
Modélisation et simulation électro-magnéto-thermique de composants en électronique de puissance	Matière				
Principe et structure des machines	CM				
MODELISATION DES MACHINES ELECTRIQUES & SIMULATION NUMERIQUE	UE				5 crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière				
Expériences numériques	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE				
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière				
LV2-2ème Année-S7	Bloc				
EPS-2A-Sem.7	Matière				
Careers and Management-S7	Matière				

INFORMATIQUE ET FILTRAGE ANALOGIQUE



En bref

➤ **Code Ametys:** N7EE13

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Filtrage analogique	Matière				
Programmation Orientée Objet (POO)	Matière				
Fiabilité des calculs numériques	Matière				

Fiabilité des calculs numériques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE13A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du cours est d'initier les étudiants aux erreurs causées par des calculs effectués sur ordinateurs via l'arithmétique flottante. Il vise également à présenter des méthodes permettant d'améliorer ou de garantir la précision des résultats numériques.

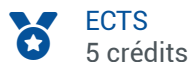
Description

Ce module introduit la représentation des nombres en simple et double précision et explique les phénomènes d'erreur liés aux calculs flottants, tels que les erreurs de cancellation et d'absorption. À partir d'exemples concrets, comme le calcul de dérivées par différences finies, les étudiants observent comment les erreurs d'arrondi influencent les résultats. Le cours présente ensuite plusieurs approches pour renforcer la fiabilité : quadruple précision, calcul exact décimal, arithmétique d'intervalles et arithmétique stochastique. Enfin, une introduction à l'optimisation globale déterministe par intervalles montre comment ces techniques permettent d'obtenir des solutions garanties numériquement. L'ensemble du module alterne cours et travaux pratiques pour donner une compréhension à la fois théorique et expérimentale des enjeux des calculs numériques.

Pré-requis obligatoires

- Connaissance des langages MATLAB ou Python pour l'implémentation
- Avoir des notions de conditionnement ou erreurs numériques (pas obligatoire mais utile)
- connaissance de quelques méthodes numériques comme le calcul d'intégrales, des dérivées par différences finies ou d'optimisation (pas obligatoire mais utile)

CALCUL SCIENTIFIQUE 3EA



En bref

- **Code Ametys:** N7EE14
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Signaux aléatoires	Matière				
Analyse Numérique	Matière				
Méthodes Numériques pour les EDP	Matière				

Analyse Numérique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HL09P
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Découvrir le principe et les propriétés de 2 notions qui sont à la base de nombreux outils d'analyse numérique : la quadrature numérique et l'interpolation.

Description

La définition et les premières propriétés sont données pour la quadrature numérique et l'interpolation. Une séance de TD est proposée pour manipuler certaines de ces notions. Une séance de BE permet de mettre en oeuvre quelques méthodes présentées sur des exemples. L'évaluation est réalisée sur le compte-rendu de BE.

Méthodes Numériques pour les EDP



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EM04B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Découvrir les problématiques associées à la résolution d'EDP par des schémas implicites et à la résolution de grands systèmes linéaires.
- Être en mesure de partir d'un logiciel existant de résolution d'une équation aux dérivées partielles (équation d'advection-diffusion 2D / code écrit en Fortran 90 / schémas explicites) et de le modifier de sorte à implémenter un schéma numérique implicite

Description

2 séances de cours magistral:

- Rappel sur les schémas explicites/implicites et la méthode des volumes finis
- Introduction aux méthodes directes et itératives de résolution de systèmes linéaires

8 séances de projet:

- 1 séance de prise en main du code explicite

- 1 séance en salle de TD pour écrire le schéma implicite
- 6 séances d'implémentation et d'exploitation du schéma implicite

Pré-requis obligatoires

- Notions d'analyse des schémas numériques pour les EDP.
- Notions de programmation (python, C, fortran, etc)
- Notions sur la méthode des volumes finis

Infos pratiques

Contacts

Responsable pédagogique

Thomas BONOMETTI

☎ 2952

✉ Thomas.Bonometti@imft.fr

COMPOSANTS DE PUISSANCE ET MECATRONIQUE



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HMSRQ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation et simulation électro-magnéto-thermique de composants en életronique de puissance	Matière				
Principe et structure des machines	CM				

Modélisation et simulation électro-magnéto-thermique de composants en électronique de puissance



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HKRB2
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Acquérir les connaissances et les compétences nécessaires pour modéliser, simuler et analyser le comportement électromagnétique et thermique des dispositifs électroniques de puissance. Comprendre les interactions multiphysiques qui influencent les performances, la fiabilité et le dimensionnement des dispositifs.

Description

Ce cours traite de la modélisation couplée électro-magnéto-thermique des composants d'électronique de puissance. Il aborde les principes fondamentaux de la conduction électrique, des champs électromagnétiques et du transfert thermique, ainsi que leur intégration dans des modèles multiphysiques complets. Des manipulations expérimentales permettront de caractériser les composants et d'identifier leurs paramètres électriques et thermiques, tandis que des simulations numériques réalisées avec des outils tels que COMSOL et Plecs serviront à analyser les pertes, les échauffements et les contraintes électromagnétiques dans les dispositifs de puissance.

Pré-requis obligatoires

connaissances de base en électrotechnique, magnétisme et électronique de puissance.

Principe et structure des machines



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** MH3467HW
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours présente les principes de fonctionnement et les structures de base des principales machines électriques tournantes utilisées dans les systèmes électromécaniques et énergétiques industrielles modernes (machines à courant continu, alternateurs, moteurs asynchrones, moteurs synchrones, etc.) et met l'accent sur la conversion d'énergie électromécanique et les principes électromagnétiques sous-jacents.

Description

- Expliquer les principes physiques de la conversion d'énergie électromécanique.
- Identifier et décrire les éléments constitutifs des machines électriques (stator, rotor, enroulements, circuits magnétiques, etc.).
- Différencier les types de machines selon leurs principes de fonctionnement (DC, AC, synchrones, asynchrones).
- Comprendre les différents régimes de fonctionnement d'une machine électrique.
- Analyser qualitativement le comportement électromagnétique et mécanique d'une machine à partir de son schéma équivalent.

Pré-requis obligatoires

- Les notions fondamentales d'électricité et d'électromagnétisme
- Les bases de l'analyse des circuits électriques
- Les principes mécaniques élémentaires

MODELISATION DES MACHINES ELECTRIQUES & SIMULATION NUMERIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HKSBV
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière				
Expériences numériques	Matière				

Modélisation électromagnétique des machines



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE03B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours vise à donner les éléments de compréhension pour établir les modèles élémentaires des machines électriques tournantes. Les différents modèles obtenus servent à traduire le comportement « vu des bornes », en vue de leur simulation par schéma électrique équivalent ou de leur commande.

Par l'énumération des différentes hypothèses simplificatrices pour la modélisation linéaire, l'apprenant.e se familiarisera avec les notions essentielles telles que la périodicité, les notions de pôles lisses ou saillants, la saturation magnétique, les effets d'encochage, autant de caractères différenciant qui impactent de façon significative les performances et la précision des modèles.

Description

À la fin du cours l'étudiant sera en mesure de :

1. Distinguer par classe les type de machines magnétiques tournantes, machine synchrone ou asynchrone, pôles lisses ou pôles saillants
2. Déployer la méthode de modélisation visant in fine à obtenir un modèle simple en régime permanent ou transitoire permettant (modèle de Behn-Eschenburg, diagramme de Blondel, modèle de Steinmetz ...)

3. Établir les relations analytiques de base afin de définir un modèle de commande (Transformée de Park, Clarke, Concordia)
4. Calculer des points de fonctionnement en régime permanent, définir les domaines de fonctionnement de la machine dans le plan couple-vitesse, calculer les courants de court-circuit ou encore son rendement

Pré-requis obligatoires

- Les notions fondamentales d'électricité et d'électromagnétisme
- Les bases de l'analyse des circuits électriques
- Les principes des machines électriques

Expériences numériques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HKSGV
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Prendre en main des logiciels de calcul métier en basses fréquences et en hautes fréquences

Être sensibilisé aux limites de ces outils (maillage / temps de calcul)

Analyser avec un regard critique les résultats obtenus par rapport à la théorie ou des références bibliographiques.

Description

Ce cours se partage en deux parties : une orientée simulation en Basses Fréquences (BF) et une en hautes fréquences (HF).

Les étudiants seront amenés à simuler sur des outils différents (BF et HF) respectivement une machine électrique et une fonction de l'électronique (antenne, filtre...). Ils analyseront les résultats obtenus par rapport à leurs calculs théoriques ou des résultats issus de publication.

Semestre 7 - Energie (NRJ)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8FQ73FU
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
ARCHITECTURES ET DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES INFORMATIQUES	UE				5 crédits
Conception et Programmation Orientée-Objet	Matière				
Principe des Systèmes d'Exploitation	Matière				
Architecture des Calculateurs	Matière				
SYNTHESE ET CONCEPTION DES CVS	UE				5 crédits
Approches énergét. de la conception des Convert. Stat.(CVS)	Matière				
Projet conception CVS	Matière				
MACHINES ELECTRIQUES	UE				5 crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière				
Principe et structure des machines	CM				
RESEAUX ELECTRIQUES	UE				5 crédits
Energie d'aujourd'hui et demain	Matière				
Technologie de l'énergie électrique	Matière				
Réseau de transport de l'énergie électrique	Matière				
Modulation et filtrage des onduleurs de tension	Matière				
AUTOMATIQUE DES SYSTEMES LINEAIRES	UE				5 crédits
Identification	Matière				
Systèmes échantillonnés	Matière				
Synthèse de correcteurs et architectures de commande	Matière				
TP Automatique	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS	UE				
Professional Communication and English -Lv1-Sem.7	Matière				
LV2-2ème Année-S7	Bloc				
EPS-2A-Sem.7	Matière				
Careers and Management-S7	Matière				

ARCHITECTURES ET DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES INFORMATIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE01
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception et Programmation Orientée-Objet	Matière				
Principe des Systèmes d'Exploitation	Matière				
Architecture des Calculateurs	Matière				

Conception et Programmation Orientée-Objet



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du cours est une introduction aux principes de la conception et à la pratique de la programmation orientée-objet. La conception OO est illustrée avec le modèle UML et la programmation est focalisée sur le langage C++.

Description

Le cours comporte un certain nombre de sections concernant la modélisation d'un système informatique sous la forme d'objets communicants.

Nous abordons dans un premier temps les concepts de base de cette modélisation (unicité, abstraction, classification et réutilisation). Après un rapide rappel des caractéristiques des langages de programmation impérative, nous introduisons les caractéristiques algorithmiques du C++, avant de développer dans le détail la notion de classification, de gestion dynamique d'objets, de traitement des entrées- sorties, de templates.

Un bureau d'étude propose aux étudiants d'effectuer une analyse d'un cahier des charges, une modélisation de la solution (UML, diagramme de classe), un développement en C++, incluant la validation du résultat. Ce BE s'accompagne d'un rapport de développement et d'une livraison du code développé.

Pré-requis obligatoires

Une bonne connaissance de l'algorithmique et de la programmation en C sont absolument nécessaires.

Principe des Systèmes d'Exploitation



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du cours est une introduction aux concepts de base, l'organisation et aux services fondamentaux d'un système d'exploitation. Le focus est une description des services de base d'un noyau de système d'exploitation dans le but de découvrir et de pratiquer la programmation multi-tâches réactive et parallèle.

Description

Le cours comporte un certain nombre de sections concernant l'organisation d'un système d'exploitation, la notion de processus / tâche, la gestion de la mémoire, l'ordonnancement de tâche, la programmation système couvrant la synchronisation par événement, programmation

multithreads, partage de donnée et synchronisation par sémaphores et moniteurs. Ce cours s'accompagne d'exemples et de la pratique de ces concepts sur Unix-Linux dans le cadre de bureaux d'études.

Trois bureaux d'étude proposent aux étudiants de découvrir (1) le Shell et les commandes de base d'Unix/Linux, (2) la mise en œuvre des applications multiprocessus et réactives (signaux logiciels), et (3) la mise en œuvre des applications multithreads avec l'utilisation de mécanisme de synchronisation par sémaphores.

Pré-requis obligatoires

Une bonne connaissance de l'algorithmique et de la programmation en C sont absolument nécessaires.

Architecture des Calculateurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

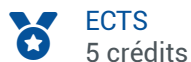
- **Code Ametys:** N7EE01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Analyser un cahier des charges robotique autonome
- Analyser et développer une architecture microprocesseur minimale
- Développer des programmes informatiques à l'aide d'interruptions
- Développer des programmes de test et validation de fonctionnement d'interface matérielles
- Analyser et mettre en œuvre des capteurs et interface microprocesseur

SYNTHESE ET CONCEPTION DES CVS



En bref

- **Code Ametys:** N7EE02
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Approches énergét. de la conception des Convert. Stat.(CVS)	Matière				
Projet conception CVS	Matière				

Approches énergét. de la conception des Convert. Stat. (CVS)



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE02A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Savoir identifier les propriétés, en tant que source instantanée (de tension ou de courant), des différentes parties d'un schéma électrique ;
- Savoir construire ou identifier sur un schéma électrique les cellules de commutation ;
- Savoir identifier à différentes échelles de temps les degrés de liberté qu'apportent ces cellules pour le contrôle des transferts de puissance ;
- Savoir exprimer les relations de transformation mathématiques réalisés sur les grandeurs électriques de la cellule ;
- Connaître les différents circuits équivalents de la cellule ;
- Savoir dimensionner les composants semi-conducteurs de la cellule ;
- Savoir construire les caractéristiques statiques et dynamiques des semi-conducteurs de la cellule ;
- Savoir synthétiser les composants semi-conducteurs de puissance de la cellule.

Description

Cet enseignement constitue la première étape et la base de l'apprentissage des méthodes de conception des convertisseurs statiques ; il s'appuie sur un ensemble de séances de cours magistraux (6) associés à des travaux dirigés (3), qui permettent de consolider l'acquisition du savoir-faire ; il est complété dans la même UE par le projet « conception des convertisseurs ».

Pré-requis obligatoires

- Méthodes d'étude classiques des circuits électriques : lois de Kirchhoff, circuit équivalent de Thévenin ou de Millman ;
- Propriétés électriques des composants réactifs (inductance, condensateur) ;
- Notion de source électrique (tension, courant) ;
- Propriétés de base des semi-conducteurs fonctionnant en commutation (diode, transistor, thyristors).

Projet conception CVS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE02B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Distinguer les degrés de liberté pour contrôler directement le transfert de puissance, et ceux pour améliorer la qualité de l'énergie électrique ou le rendement (ces deux critères sont souvent antagonistes).

Description

Il s'agira donc pour les principales topologies de base de convertisseurs (AC-DC, DC-DC, DC-AC) de :

- 1- Mettre en œuvre le transfert de puissance dans les convertisseurs,
- 2- Evaluer la qualité des formes d'ondes et dimensionner des filtres d'entrée et de sortie,
- 2- Evaluer quantitativement les pertes dans les convertisseurs de puissance.

Pré-requis obligatoires

principe de fonctionnement des topologies de base (AC-DC, DC-DC, DC-AC)
(Typiquement : N6EE04D, N6EE06B, N7EE02A)

MACHINES ELECTRIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE03
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce bureau d'études, les étudiants pourront comparer la consommation d'énergie d'un pays tel que la France avec ce que peut produire un être humain. Ils sauront évaluer la taille des sources photovoltaïques et de stockages hydroélectriques nécessaires afin d'assurer cette consommation.

Enfin, les étudiants sauront critiquer la consommation d'énergie et pourront la mettre en regard des moyens de productions renouvelables.

Description

Ce module a pour but de sensibiliser les étudiants sur ce que représente la puissance et l'énergie et qu'ils aient des ordres de grandeur de la consommation d'énergie électrique d'un pays comme la France à comparer avec la puissance que peut produire un être humain.

Pour ce faire, ce bureau d'études mène deux aspects:

- Une manipulation où les étudiants déterminent la puissance produite par un petit panneau photovoltaïque, ainsi que par eux-mêmes en tournant une manivelle .
- Une étude théorique où ils déterminent la surface de panneaux photovoltaïques qu'il faudrait afin d'assurer la production d'énergie française ou le volume d'eau qu'il faudrait turbiner dans un ouvrage hydroélectrique.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation électromagnétique des machines	Matière				
Principe et structure des machines	CM				

RESEAUX ELECTRIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE04
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Energie d'aujourd'hui et demain	Matière				
Technologie de l'énergie électrique	Matière				
Réseau de transport de l'énergie électrique	Matière				
Modulation et filtrage des onduleurs de tension	Matière				

Energie d'aujourd'hui et demain



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE04A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaitre les ordres de grandeur de consommation d'électricité d'un foyer moyen et de la France. Comparer ces grandeurs à l'échelle de la puissance produite par un être humain.

Estimer la surface de PV nécessaire pour la production et le volume de stockage hydraulique nécessaire afin de répondre aux besoins de consommation d'électricité de la France pour deux scénarios extrêmes (forte et faible consommation).

Description

À travers un bureau d'études, les étudiants étudient le profil de consommation électrique de la France. Ils font des bilans de puissance pour assurer une production 100% PV et mettent en place un stockage d'énergie sous forme hydraulique (station de transfert d'énergie par pompage) afin de compenser l'intermittence de la production. Des petites expérimentations permettent aux étudiants de connaître les ordres de grandeurs de production PV (par rapport à la surface) et de comparer avec ce que peut produire un être humain.

Pré-requis obligatoires

Notions d'énergie et de puissance et relations entre ces grandeurs

Notions de base des circuits électriques et calculs des puissances en électricité

Technologie de l'énergie électrique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE04B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Étudier la technologie de la production électrique, des réseaux de transport et de distribution. Dimensionner les constituants d'un réseau HTA et d'un réseau BT à travers des études de cas.

Description

Production électrique : Technologie électromécanique employée, puissance unitaire et mobilisable, temps de mise en route moyen, production hydroélectrique : technologies des turbines hydrauliques utilisées, production thermique à flamme, production thermique nucléaire, état des lieux et schéma fonctionnel.

Réseau de transport : état des lieux et schéma fonctionnel, la technologie d'un poste source, les fonctions, la technologie des lignes, de l'isolement, la technologie des câbles aériens et souterrains.

Réseau de distribution : état des lieux et schéma fonctionnel, le poste source, la technologie des artères, la technologie (externe) des transformateurs HTA-BT et des lignes BT.

Pré-requis obligatoires

: Relations générales de l'électrotechnique en monophasé et triphasé

Réseau de transport de l'énergie électrique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE04C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Acquérir les connaissances de base sur les réseaux de transport d'énergie électrique en courant alternatif

Description

Cet enseignement présente le principe de fonctionnement des réseaux de transport d'énergie électrique en courant alternatif et la modélisation des constituants de ces réseaux. Il comprend les points suivants :

- Architecture d'un réseau de transport et de distribution d'électricité maillé.
- Modélisation des constituants du réseau : alternateurs, transformateurs, lignes

- Réglage de tension et de Puissance Réactive
- Réglage de Fréquence.
- Calcul d'un courant de défaut dissymétrique par la méthode des composantes symétriques.

Pré-requis obligatoires

- Connaissances de base sur les circuits électriques en régime alternatif sinusoïdal. Notion de circuit électrique triphasé.

Modulation et filtrage des onduleurs de tension



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE04D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les principes de modulation et de filtrage des onduleurs de tension MLI monophasé ou triphasé.

Description

Cet enseignement présente tout d'abord les principes de base de la commande en modulation de largeur d'impulsion des onduleurs de tension monophasés ou triphasés. Les différentes formes d'ondes sont analysées afin de déterminer les éléments de filtrage des tensions et des courants. Des exemples sont traités sous la forme de travaux dirigés et de bureau d'étude.

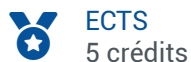
Pré-requis obligatoires

Connaissance des Structures de base de la conversion statique de l'énergie électrique

- Connaissance des filtres du 2ème ordre.

- Connaissance de base sur l'analyse spectrale.

AUTOMATIQUE DES SYSTEMES LINEAIRES



En bref

- **Code Ametys:** N7EE05
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Identification	Matière				
Systèmes échantillonnés	Matière				
Synthèse de correcteurs et architectures de commande	Matière				
TP Automatique	Matière				

Identification



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE05A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Le but de cette matière est d'appréhender la méthodologie générale de l'identification et de découvrir les méthodes Fort Signal (pour une caractérisation rapide), la méthode des Moindres Carrés (pour les systèmes linéaires) et la méthode itérative (pour les systèmes non linéaires).

Description

L'identification paramétrique est un ensemble d'outils permettant la caractérisation d'un système à partir de connaissances expérimentales sur ses entrées et ses sorties. Le but est d'obtenir un modèle mathématique décrivant le comportement global du système

Pré-requis obligatoires

Signal et Automatique

Systèmes échantillonnés



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE05B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Etre capable de...

- Identifier les différents constituants et le rôle de la période d'échantillonnage,
- Construire le schéma-blocs continu équivalent d'un asservissement discret,
- Calculer les paramètres d'un correcteur continu et le discrétiser,
- Définir le schéma-blocs en z ,
- Calculer les fonctions de transfert en z et les réponses temporelles associées,
- Calculer les pôles et en déduire le type de réponse temporelle associée,
- Calculer un correcteur PID en z et en déduire son équation récurrente et vice et versa

Description

1. Introduction

2. **Présentation d'un asservissement de vitesse échantillonné** : schéma-blocs, fonctions mises en oeuvre dans une commande numérique.

3. **Influence de la période d'échantillonnage** : influence de la période d'échantillonnage sur la stabilité, effet déstabilisant de l'Echantillonnage/Blocage.

4. **Etude de l'asservissement par l'approximation à un système continu** : définition du système continu équivalent, méthodes d'étude des asservissements échantillonnés, synthèse du correcteur en p, discrétisation de correcteur continu.

5. **Transformée en z** : définition et propriétés, fonctions de transfert discrètes, pôles réels-pôles complexes.

6. **Etude temporelle des systèmes asservis échantillonnés** : étude statique : précision, étude dynamique : stabilité, réponses temporelles.

7. **Synthèse de correcteurs échantillonnés**

8. **Réglage expérimental de correcteurs échantillonnés**

Critères de choix de la période d'échantillonnage : critère de Shannon, pôles réels, Pôles complexes, déphasage dû à l'échantillonnage/blocage, temps de traitement sur calculateur, problème de la dérivation, influence du bruit, codage des nombres sur microprocesseur.

Pré-requis obligatoires

- décomposition en série de Fourier,
- tracés des diagrammes de Bode, Black et Nyquist, calculs de correcteurs linéaires continus, boucles imbriquées et chaînes d'anticipation,
- calculs élémentaires avec la transformée en z, transformée d'un signal, transformée inverse, théorèmes de la valeur finale, de la valeur initiale, du retard...
- calculs avec les nombres complexes,
- résolution d'équation différentielle du 1° et du 2° ordre

Bibliographie

- Rivoire et Ferrier " Cours d'automatique Tome 3 " – Eyrolles,
- P.Siarry " Automatique de base " – Ellipses,
- H.R.Bühler " Réglages échantillonnés volume I " - Presses Polytechniques Romandes.

Synthèse de correcteurs et architectures de commande



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE05C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Etre capable de...

- Choisir un type de correcteur adapté à un cahier des charges,
- Faire des simplifications de modèles et déterminer leur domaine de validité,
- Calculer les paramètres d'un correcteur P, PI, Avance de phase, PID selon différentes méthodes,
- Choisir la méthode en fonction du contexte et du cahier des charges,

Description

1. **Mise en situation : application support**
2. **Intérêt de la boucle fermée** : boucle ouverte, boucle fermée, correction proportionnelle, stabilité, précision, rapidité = cruel dilemme !, calcul du correcteur proportionnel / cahier des charges
3. **Correcteurs de type intégrale** : méthode de compensation du pôle dominant, méthode de l'optimum symétrique, méthode du 1/10, implantation
4. **Correcteurs de type dérivée** : calcul des paramètres par imposition de la bande passante, par la méthode compensation de pôle, implantation

5. **Correcteurs de type PID** : calcul par compensation de pôles, par combinaison PI – Avance de phase
 6. **Méthodes expérimentales de réglage de correcteurs PI, PID** : Réglage d'expert, méthode de Broïda, de Ziegler Nichols et méthode du relais
 7. **Architectures de commande** : Le PI et plus... Plus de variables d'état à contrôler ; Un peu d'anticipation
- Conclusion : comparaisons, éléments de synthèse et de perspectives**
-

Pré-requis obligatoires

- calculs élémentaires avec la transformée de Laplace : transformée d'un signal, transformée inverse, théorèmes de la valeur finale, de la valeur initiale, du retard...
- calculs avec les nombres complexes,
- résolution d'équation différentielle du 1° et du 2° ordre
- maîtrise des diagrammes de Bode et Nyquist

TP Automatique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7EE05D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Etre capable de

résoudre des problèmes pratiques de commande linéaire, continue ou discrète, en simulation ou en expérimentation

identifier les paramètres les plus influents sur un système

analyser les performances obtenues et les écarts par rapport à la théorie ou aux pré déterminations

Description

I Asservissement de Position

Etude de quelques structures de correction en continu (en p), analyse de performance et de robustesse

II Etude de structures de commandes (double PI ou PID)

III Identification et asservissement de position d'un papillon motorisé

IV Etude des Systèmes Echantillonnés

GUI – Matlab/Simulink – Analyse et Correcteurs discrets (en z)

Pré-requis obligatoires

Méthodes d'analyse de systèmes bouclés

Méthodes de synthèse de correcteurs type PID continus ou discrets

Influence de la période d'échantillonnage

Méthode des méthodes d'identification fort signal

Semestre 8 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

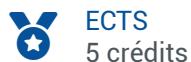
En bref

- **Code Ametys:** M8FPOUH7
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
DU SILICIUM AU CIRCUIT INTEGRE	UE				5 crédits
Du Silicium au circuit intégré	Matière				
HYPERFREQUENCES	UE				5 crédits
HFSS	Matière				
Projet Antennes	Matière				
Projet Hyperfréquence	Matière				
TP Hyperfréquences	Matière				
ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière				
Technologie FPGA	Matière				
Vérification	Matière				
CIRCUIT ET OPTOELECTRONIQUE	UE				5 crédits
Circuits intégrés analogiques	Matière				
Optoélectronique	Matière				
TP Optoélectronique	Matière				
SYSTEMES NANOSATELLITES	UE				5 crédits
Cubesat platform: an introduction	Matière				
Dimensionnement de Charge Utile	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

DU SILICIUM AU CIRCUIT INTEGRE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE12
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Conception, Fabrication et Caractérisation d'un amplificateur opérationnel CMOS à 2 étages en technologie 0.6 μm .

Description

L'objectif de cette formation est de proposer un module complet allant de la modélisation d'une technologie CMOS 6 μm jusqu'au test d'un circuit analogique fabriqué en salle blanche, après une étape de conception, simulation. En s'appuyant sur les méthodes d'Apprentissage Par Projet (APP) et de pédagogies actives, cette formation favorise l'apprentissage des outils et des méthodes de conception des circuits CMOS autour de la conception et de la réalisation concrète d'un amplificateur CMOS à 2 étages répondant à un cahier des charges précis. Tout au long de ce projet d'une durée totale de 10 journées, les étudiants organisés en groupe de 4 devront analyser et confronter leurs résultats de mesures à leur étude théorique et simulée tant pour la partie technologique (caractérisation des capacités MOS, diodes, transistors MOS) que pour la partie circuit (bande passante, gain, slew rate, offset, consommation, plage d'entrée, de sortie).

A	

Pré-requis obligatoires

N6EE04C Montages amplificateurs à transistors

N6EE04A Physique du semiconducteur et jonction PN

N6EE04B Transistors de signal et composants de puissance

N6EE03B Amplificateur opérationnel et compensation

N6EE03C Montages amplificateurs avancés

N8EE02C Circuits intégrés analogiques

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Du Silicium au circuit intégré	Matière				

Du Silicium au circuit intégré



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE12A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Conception, Fabrication et Caractérisation d'un amplificateur opérationnel CMOS à 2 étages en technologie 0.6 μm .

Description

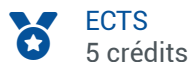
L'objectif de cette formation est de proposer un module complet allant de la modélisation d'une technologie CMOS 6 μm jusqu'au test d'un circuit analogique fabriqué en salle blanche, après une étape de conception, simulation. En s'appuyant sur les méthodes d'Apprentissage Par Projet (APP) et de pédagogies actives, cette formation favorise l'apprentissage des outils et des méthodes de conception des circuits CMOS autour de la conception et de la réalisation concrète d'un amplificateur CMOS à 2 étages répondant à un cahier des charges précis. Tout au long de ce projet d'une durée totale de 10 journées, les étudiants organisés en groupe de 4 devront analyser et confronter leurs résultats de mesures à leur étude théorique et simulée tant pour la partie technologique (caractérisation des capacités MOS, diodes, transistors MOS) que pour la partie circuit (bande passante, gain, slew rate, offset, consommation, plage d'entrée, de sortie).

Pré-requis obligatoires

Montages amplificateurs à transistors

Physique du semi-conducteur et jonction PN

HYPERFREQUENCES



En bref

- **Code Ametys:** M34HLQ8I
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
HFSS	Matière				
Projet Antennes	Matière				
Projet Hyperfréquence	Matière				
TP Hyperfréquences	Matière				

HFSS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE02A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables d'utiliser HFSS pour réaliser des simulations électromagnétiques simples de circuits hyperfréquences (lignes de propagation, filtres, antennes) en guide d'onde et en technologie planaire.

Projet Antennes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE02B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants:

- connaîtront les différents types d'antennes et leurs principes de rayonnement,
- connaîtront les différents paramètres fondamentaux qui caractérisent les antennes,
- sauront comment étudier un bilan de liaison entre deux antennes (émission et réception) (Formule de Friis),
- seront capable de dimensionner un réseau d'antennes (linéaire ou planaire) pour un cahier des charges donnée,
- connaîtront certains outils de simulation d'antennes et moyens de caractérisation (mesure),
- pourront analyser un article scientifique.

Description

Ce projet est un APP (**Apprentissage Par Projet**).

Il comporte deux parties (Cours & BE):

A- Cours

- Introduction aux rayonnements,
- Différents types d'antennes,
- Paramètres fondamentaux,
- Bilan de liaison,
- Introduction aux réseaux d'antennes,
- Outils de simulation et moyens de caractérisation (mesure),
- Introduction à l'analyse d'articles scientifiques.

B- Bureau d'études

- Analyse d'un article scientifique :

□ Pouvoir reproduire le design d'une antenne présentée dans une revue (article) scientifique et comprendre son fonctionnement,

□ Étudier les performances de cette antenne en adaptation et en rayonnement.

- Reproduction d'un design « comparaison & avis critique » :

□ Pouvoir réutiliser cette antenne en répondant à un cahier des charges bien précis (autre bande de fréquence, autre technologie, ...)

□ Pouvoir jouer sur les paramètres de conception afin de modifier les performances.

- Mise en réseau d'une antenne élémentaire :

□ Pourvoir mettre une antenne élémentaire en réseau (linéaire 1D et planaire 2D) en fixant la distance inter-élément (maille de réseau) optimale pour un dépointage donné,

□ Étude paramétrique : impact de la distance inter-élément et les nombres des antennes élémentaires (1D et 2D) sur les performances en rayonnements (directivité, gain, lobes de réseau, lobes secondaires SLL, rendements en puissance et en ouverture ...).

- Rédaction d'une fiche technique (rapport de conception)

Pré-requis obligatoires

- >> Électromagnétisme
- >> Physique des matériaux (partie matériaux diélectriques)
- >> Propagation dans les lignes
- >> Lignes de transmission

Projet Hyperfréquence



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE04A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

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

- Travailler dans un contexte coopératif entre différentes équipes de conception.
- définir un cahier des charge d'équipement permettant d'atteindre des spécifications système.
- définir la topologie de l'équipement répondant à des critères de :
 - gain (pertes), linéarité, consommation, dissipation de puissance; efficacité et rendement
- Définir des méthodes de conception adaptées
- Implémenter une fonction en technologie planaire
- Respecter des contraintes de performance électrique, d'implémentation technologie, de délais de conception
- Caractériser un équipement en simulation et en mesure
- Analyser les performances d'un équipement
- Proposer des méthodes de correction de dispositifs afin de répondre rigoureusement aux spécifications initiales.

Description

Conception d'une système Rx/TX RF en technologie planaire : transpondeur 6GHz vers 4 GHz.

Les étudiants sont en charge de développer un équipement qui s'intégrera dans le système global. L'ensemble des fonctions seront développées entièrement de la définition des spécifications jusqu'à leur réalisations physique et leur caractérisation.

Les différents équipements réalisés sont :

- Antennes
- Filtres de pré-sélection
- Filtres FI
- Filtre Images
- Amplificateurs : LNA, LLA, MLA
- Mélangeurs
- Oscillateurs
- Duplexeur

Pré-requis obligatoires

G. Prigent, Cours N7EE09B «Circuits passifs RF» - 2° année EEEA, parcours Electronique

G. Prigent, Cours N9EE06A «Circuits actifs RF» - 2° année EEEA, parcours Electronique

TP ADS, N7EE06D, 2° année EEEA, parcours Electronique

TP Hyperfréquences



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLAHB
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de cette série de TP, les étudiants sont capables de caractériser des composants hyperfréquences à l'aide d'appareils de mesure dédiés.

Description

- Différentes topologies de coupleurs, diviseurs de puissance et filtres sont mesurés à partir d'analyseurs de réseaux vectoriels.
- L'analyse spectrale permet de caractériser une conversion de fréquence réalisée à partir d'un oscillateur et d'un mélangeur ainsi que la non-linéarité d'amplificateurs de puissance. La mesure du facteur de bruit est également effectuée.
- Le diagramme de rayonnement d'une antenne est déterminé à partir de l'utilisation d'un wattmètre.

Pré-requis obligatoires

- Paramètres S

- Circuits RF passifs et actifs
- Antennes

ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE03
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière				
Technologie FPGA	Matière				
Vérification	Matière				

Conception synchrone des Systèmes Numériques



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE03E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre l'utilité des circuits numériques synchrones face aux circuits asynchrones (prédictibilité, robustesse face aux courses et aux aléas).
- Connaître et mettre en oeuvre les techniques de conception de circuits synchrones.
- Savoir déterminer les paramètres essentiels d'un tel circuit pour en connaître les limites (notamment paramètres de temps)
- Être capable de choisir une architecture de circuits pour répondre à une contrainte (de fréquence de fonctionnement, d'encombrement, de consommation électrique).
- Concevoir, sur le papier et en VHDL, des machines d'états pour décrire le comportement de circuits numériques.

Description

- La matière comporte 5h15 de cours magistral, et 17h30 de projet. Elle est évaluée par un rapport sur le projet et la validation de jalons pendant les séances de projet.
- Le cours magistral présente les notions décrites dans les objectifs d'un point de vue théorique.

- Le projet permet de mettre en pratique ces notions, en concevant en VHDL un système numérique exploitant un thermomètre. Les étudiants doivent étudier la datasheet du thermomètre pour développer des machines d'états permettant de communiquer avec ce composant.

Pré-requis obligatoires

- Connaissance en électronique combinatoire et séquentielle.
- Connaissance de l'architecture bas niveau des FPGAs vue en cours de Technologie FPGA (N8EE03C)
- Maîtrise du VHDL

Technologie FPGA



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE03C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre les différences entre un ASIC et un FPGA
- Décrire et utiliser les ressources de calcul spécialisées disponibles sur un FPGA
- Effectuer le processus de synthèse et d'implémentation d'opérations arithmétiques simples sur les structures de calcul disponibles sur un FPGA

Description

- Dans ce cours est définie en détail la famille des composants FPGA (Field Programmable Gate Array). D'abord, l'intérêt de ces composants face aux ASICs est décrit. Puis les différentes ressources (élémentaires et avancées) disponibles dans un FPGA sont détaillées. Enfin, le fonctionnement des outils de synthèse est expliqué par le biais de quelques exemples simples.

Pré-requis obligatoires

- Conception de systèmes logiques (UE N5EE03)

- Electronique numérique (UE N7EE08)
- Conception synchrone des systèmes numériques (N8EE03A)

Vérification



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLOB6
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les enjeux de la vérification des circuits numériques (besoins de fiabilité et en même temps complexités des circuits croissants).
- Connaître et mettre en œuvre en projet les techniques de vérification des circuits électroniques numériques (assertions, code coverage, vérification formelle...).
- Savoir identifier les limites de la vérification.

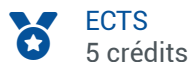
Description

- La matière comprend 3h30 de cours magistral et 10h30 de projet et est évaluée sur un rapport sur le projet.
- Le cours magistral présente les notions décrites dans les objectifs d'un point de vue théorique.
- Le projet permet de mettre en pratique ces notions, en vérifiant un circuit électronique dans lequel des erreurs ont été volontairement insérées à la conception.

Pré-requis obligatoires

- Maîtrise du VHDL
- Expérience dans la conception de systèmes numérique synchrones.

CIRCUIT ET OPTOELECTRONIQUE



En bref

- **Code Ametys:** M34HLRKR
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Circuits intégrés analogiques	Matière				
Optoélectronique	Matière				
TP Optoélectronique	Matière				

Circuits intégrés analogiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE02C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les structures de bases de l'électronique intégré en transistor bipolaire et MOS

Concevoir des chaînes d'amplification, de filtrage, de traitement analogique

Comprendre le principe de la compensation des amplificateur par effet Miller

Concevoir un amplificateur en respectant un cahier des charges

Description

A travers cet enseignement, 3 parties sont couvertes: (1) les fonctions fondamentales réalisées à l'aide de transistor MOS et bipolaire; (2) le principe de la contre-réaction, les différentes topologies et ses effets sur le gain, l'impédance d'entrée, de sortie, la bande passante; et (3) la méthode de compensation basée sur l'effet Miller d'un amplificateur.

La mise en pratique s'effectuera à travers l'analyse de l'AOP 741 (théorique et simulation) et la conception d'un amplificateur CMOS (théorie, simulation)

Pré-requis obligatoires

Base des circuits

Amplificateur Opérationnel et compensation

Physique du semiconducteur et jonction PN

Transistor de signal et composants de puissance

Montages amplificateurs à transistors

Infos pratiques

Contacts

Responsable pédagogique

Danielle ANDREU

☎ 2009

✉ danielle.andreu@enseeiht.fr

Responsable pédagogique

Olivier BERNAL

☎ 2553

✉ olivier.bernal@enseeiht.fr

Optoélectronique



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE04B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes fondamentaux des communications par fibre optique et les propriétés physiques des fibres optiques (atténuation, bande passante).
- Décrire le fonctionnement et les caractéristiques des sources de lumière à jonction PN (DEL, diodes laser) et des photodétecteurs (photodiodes).
- Concevoir et analyser des circuits d'amplification et de filtrage pour les récepteurs optiques, en tenant compte des contraintes de bruit et de bande passante.
- Évaluer l'impact du bruit en photodétection et proposer des solutions pour optimiser le rapport signal sur bruit (SNR).
- Appliquer les connaissances théoriques à des scénarios pratiques dans les systèmes de communication par fibre optique.

Description

Ce cours offre une introduction à l'optoélectronique, en se concentrant sur les systèmes de communication par fibre optique. Les principaux thèmes abordés incluent :

- **Fondamentaux des fibres optiques** : Types de fibres optiques, mécanismes d'atténuation, dispersion et limitations de bande passante.
- **Sources de lumière** : Fonctionnement et caractéristiques des sources de lumière à jonction PN (DEL et diodes laser), y compris la modulation et l'efficacité.
- **Photodétecteurs** : Principes des photodiodes (PIN, APD), responsivité et mécanismes de bruit.
- **Électronique d'amplification et de filtrage** : Conception d'amplificateurs transimpédance (TIA), analyse du bruit et techniques de filtrage pour les récepteurs optiques.
- **Bruit en photodétection** : Sources de bruit (bruit de grenaille, bruit thermique, courant d'obscurité) et stratégies pour minimiser leur impact sur les performances du système.
- **Considérations au niveau système** : Intégration des composants dans des liaisons de communication par fibre optique, y compris les calculs de bilan de liaison et l'optimisation des performances.

Le cours combine des cours théoriques, des exercices pratiques et des séances de laboratoire pour renforcer les concepts et développer des compétences pratiques.

Pré-requis obligatoires

- Connaissances de base en physique des semi-conducteurs et des jonctions PN.
- Familiarité avec l'électronique analogique (amplificateurs, filtres, analyse du bruit).
- Compréhension des principes fondamentaux des communications (modulation, transmission de signaux).

TP Optoélectronique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HL8HY
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif principal est permettre aux étudiants de mettre en pratique les notions vues en cours d'Optoélectronique afin de mieux appréhender les différents concepts en télécommunications optiques et en métrologie optique, telle que pertes et atténuation dans les composants fibrés, bande passante des systèmes de communications à base de fibre optique, voire même l'interférométrie optique pour la mesure d'une quantité physique à travers 5 TP. Ces expériences ont été conçues pour permettre aux étudiants de mieux comprendre et maîtriser les thèmes fondamentaux traités en cours d'optoélectronique de deuxième année en parcours INSys et SysCom, et d'être équipés pour réussir dans les secteurs de la télécommunication optique et de la métrologie optique.

Description

Cette série de TP Optoélectronique comprend 5 expériences traitant des thèmes divers en télécommunications optiques et en métrologie optique. Les étudiants caractérisent les pertes optiques dans les composants fibrés (tels que fibres longues, isolateurs, atténuateur optique, etc) utilisées en télécommunications optiques en TP Opto 1. En TP Opto 2, on caractérise le temps de vol et la dispersion chromatique dans des fibres optiques, deux notions fondamentales de la propagation dans une fibre optique. Les étudiants manipuleront aussi, en TP Opto 3, les sources lumineuses (LED et diode laser) afin de caractériser leur réponse et leur profile de rayonnement. En TP Opto 4, les étudiants prennent en main un interféromètre à fibre optique afin de mesurer les déplacements d'une cible ou d'objet avec une résolution sub-micrométrique dans le contexte de la métrologie optique de précision.

Enfin, les étudiants estimeront la bande passant d'un lien optique de télécommunications à base des différentes fibres optiques en TP Opto 5.

Pré-requis obligatoires

Avoir assisté au cours d'Optoélectronique de deuxième année ENSEEIHT, être capable d'utiliser et de manipuler les divers matériels et instruments vus en TP (oscilloscope, analyseur de spectre, générateur de fonction, photodétecteur, etc), principe de calcul en optique, être capable d'analyser les résultats de mesures effectuées en séances de TP Optoélectronique

SYSTEMES NANOSATELLITES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HL9MN
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Cubesat platform: an introduction	Matière				
Dimensionnement de Charge Utile	Matière				

Cubesat platform: an introduction



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HL9UW
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Appréhender les différentes contraintes système de la plateforme cubesat.
- Mettre en œuvre une analyse phase A d'une mission satellite à partir d'outil dédié à l'analyse mission.
- Comprendre les différents organes de contrôle de l'attitude et du maintien en orbite du satellite : système SCAO.
- Mettre en œuvre un contrôle d'attitude du satellite selon les besoins mission

Description

- Conférences :
 - o A. Dufour – CNES : Radiations et composants
 - o N. Verdier – CNES : les programmes cubesat Nanolab Academy
 - o J.L. Le Gal – CNES : Introduction à la mécanique spatiale
 - o J.L. Le Gal – CNES : les outils d'ingénierie concourante CNES

- CM : Système de contrôle d'attitude et d'orbite (SCAO)
 - o Description des différents modes satellites (detumbling, pointage, suivi, fin de vie)
 - o Description des actionneurs : roue à inertie, magnetocoupleurs
 - o Description de l'Architecture de nanosatellite (plateforme, charge utile, partie mécanique)
 - o Notions de mécanique spatiale :
- § Orbites
- § Systèmes de coordonnées : équatorial, écliptique, géocentrique, terrestre, orbital, satellite, instrument
- § Représentation d'attitude du satellite :
 - matrice MCD, Angles d'Euler, quaternion
 - Attitude du satellite : modèles cinématique et dynamique, couples perturbateurs
 - Simulateur d'attitude : jumeau numérique
- o Modélisation des actionneurs
- o Contrôleurs PID
- o Loi de commande à partir de la description en quaternion
- Projet cubesat :
 - o Utilisation des outils d'analyse concourante du CNES :
- § IDM-CIC : construction d'un jumeau numérique, extraction de données (masse, inertie, consommation)
- § Simu-CIC, IDM-View, VTS, STELA : Choix d'orbite en fonction des besoins mission (éclairage vs consommation, durée de vie en orbite, attitude du satellite pour réaliser la mission, temps de visibilité station sol, volume de donnée)
- o Développement d'un propageur d'attitude en orbite sous Simulink
- o Mise en œuvre d'un mode de contrôle d'attitude à partir de MTQ et de roue à réaction : detumbling, pointage sol

Pré-requis obligatoires

aucun

Dimensionnement de Charge Utile



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HL9QI
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Dimensionner une architecture de satellite devant répondre à un besoin mission. Illustration par un cas d'étude issu d'une mission Thales Alenia Space.
- Appréhender les besoins en termes de débit de données, schémas de modulation, encodage de l'information, bande de fréquences, transposition de fréquence.
- Décrire les différents équipements du satellite et leurs contraintes fonctionnelles
- Etablir les différents budgets de liaison sol-bord, interne au satellite : NF, puissance, C/I, C/I3.
- Dimensionner les besoins antennes sols et embarquées (notion de PIRE). Présentation des différentes topologies d'antennes satellite.

Description

Cours Magistral (M.F. Foulon – Thales Alenia Space) : Description de la mission METOP 5G et dimensionnement de l'architecture système du satellite à partir de l'analyse de besoin satellite

BE dimensionnement :

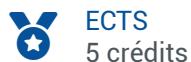
- o Extraire les caractéristiques de linéarité d'un équipement (TWTA) à partir de données mesurées (IP3, C/I, Psat, OBO, IBO, PAE, caractéristiques AM/AM, AM/PM, consommation, dissipation)
- o Etablir un modèle de simulation non linéaire d'équipement à partir des données extraites
- o Comprendre les effets du bruit et des non linéarités sur les performances des systèmes.
- o Concevoir une architecture de chaîne de conversion de fréquence selon deux modes de fonctionnements distincts : FGM (Fixed Gain Mode) et ALC (Automatic Level Control)

Pré-requis obligatoires

N7EE06A - Circuits actifs RF

N7EE06C – TP Advanced Design System

SOFT AND HUMAN SKILLS 4



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EK01
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

Professional Communication and English-Sem.8



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Volume horaire texte (reprise v3):** 21
- **Code Ametys:** N8EK01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer une communication efficace en anglais scientifique et technique, à l'oral comme à l'écrit, notamment pour présenter des projets, décrire des données, des processus et des systèmes de manière claire, structurée et rigoureuse. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte et la consolidation d'un niveau B2 ou supérieur du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Structurer et présenter une communication scientifique ou technique claire, cohérente et adaptée au public visé. Décrire, analyser et interpréter en anglais des données chiffrées, des représentations graphiques et des résultats techniques. Rédiger en anglais technique des descriptions de processus, de méthodes et de systèmes en respectant les conventions du registre professionnel et scientifique. Appliquer les principes d'intégrité académique ainsi que les normes de communication professionnelle dans les productions écrites et orales. L'évaluation comprend des présentations orales, individuelles et collectives, de nature scientifique ou technique, permettant d'apprécier la clarté du propos, la structuration du discours et l'efficacité de la communication. Elle inclut également une évaluation écrite individuelle portant sur la rédaction

technique — description de processus, de données ou de systèmes — afin d'évaluer la précision, la cohérence et la maîtrise du registre professionnel et scientifique.

Pré-requis obligatoires

Aucun.

LV2-2è Année-Sem.8



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EK01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer des compétences de communication professionnelle et interculturelle en réalisant des tâches de communication écrites, orales et de médiation dans une langue étrangère autre que l'anglais. Les étudiants poursuivent la langue choisie à leur arrivée parmi les langues suivantes : espagnol, portugais, chinois, italien, japonais, russe, allemand, langue des signes française (LSF) ou français langue étrangère (FLE). Les apprentissages s'inscrivent dans le cadre du CECRL, avec un objectif de niveau A2 en fin de deuxième année pour les étudiants débutants et B1 pour ceux poursuivant une langue déjà étudiée.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Liste des enseignements

Nature	CM	TD	TP	Crédits

EPS-2A-Sem.8



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EK01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

L' EPS s'inscrit dans la formation globale de tous les étudiants et étudiantes en contribuant au développement de compétences comportementales, relationnelles et organisationnelles complémentaires aux compétences techniques.

L'EPS favorise l'acquisition et le développement de compétences psychosociales et contribue à la santé globale de tous les étudiants aujourd'hui et à plus long termes Il s'agit de:

- développer les compétences psychosociales: respect de soi et des autres, coopération, leadership,
- renforcer les capacités de travail en collectif: entraide, coach/élève,
- développer une santé en actes,
- développer une culture sportive et citoyenne.

Description

Pour une EPS inclusive, adaptée et motivante, l'étudiant pourra

- choisir les activités supports parmi une vingtaine, dans des modes de pratiques variées : développement personnel, activité de découverte, activité projet, activité artistique, activités compétitives,
- renforcer les compétences psychosociales, en multipliant les situations collectives et d'interactions sociales (coopération, intelligence collective, s'engager dans différents rôles sociaux)
- se tester et se responsabiliser au regard de son "Score santé" personnel
- apprendre en situation expérientielle.

Careers and Management - Sem.8



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EK01G
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi cinq parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship ou Custodianship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements de travail.

Liste des enseignements

Nature	CM	TD	TP	Crédits

Semestre 8 - Parcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

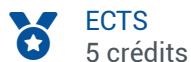
En bref

- **Code Ametys:** M8FP4ZUL
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE				5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière				
Analyse hilbertienne	Matière				
Optimisation sous contraintes	Matière				
PHENOMENES PHYSIQUES ET MODELISATIONS	UE				5 crédits
Rayonnement électromagnétique et antennes	Matière				
Analyse physique de structures guidantes	Matière				
Projet Modélisation de structures en EM	Matière				
DISPOSITIFS HYPERFREQUENCES	UE				5 crédits
Antennes planaires et ouvertures rayonnantes	Matière				
Projet Hyperfréquence	Matière				
TP Hyperfréquences	Matière				
CALCUL SCIENTIFIQUE ET OPTOELECTRONIQUE	UE				5 crédits
Eléments finis pour l'électromagnétisme	Matière				
Programmation pour le calcul scientifique	Matière				
TP Optoélectronique	Matière				
Optoélectronique	Matière				
SYSTEMES NANOSATELLITES	UE				5 crédits
Cubesat platform: an introduction	Matière				
Dimensionnement de Charge Utile	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

MATHEMATIQUES APPLIQUEES



En bref

- **Code Ametys:** N8EE22
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière				
Analyse hilbertienne	Matière				
Optimisation sous contraintes	Matière				

Algèbre linéaire avancée



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE06B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

compléter les bases en algèbre linéaire pour la résolution de problèmes provenant du traitement du signal ou de la modélisation numérique

Description

Les thèmes suivant seront abordés

- * Décomposition en valeurs propres/singulières :
 - définition, existence, caractérisation.
 - approximation de faible rang et lien avec l'ACP
 - quelques éléments sur la théorie de la perturbation (en lien avec l'incertitude sur les données et le calcul en arithmétique finie)

- principales méthodes numériques pour le calcul des paires propres (QR, puissance itérée et méthodes de sous-espace, méthode de Lanczos/Arnoldi)
- * Résolution de systèmes d'équations linéaires
- caractérisation des solutions: inverse, moindre carré et pseudo-inverse
- quelques éléments sur la théorie de la perturbation - lien avec le conditionnement et l'arithmétique finie
- principales méthodes numériques pour la résolution de systèmes linéaires (à base de factorisation ou de méthodes itératives)
point fixe et méthodes de sous espaces emboîtés
- principe d'accélération de convergence (préconditionnement)

Pré-requis obligatoires

base sur les espaces vectoriels et le calcul matriciel.

Analyse hilbertienne



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE06C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Introduction aux bases de la théorie des espaces de Hilbert, afin de pouvoir traiter la résolution de certains problèmes d'EDP.

Description

Dans ce cours, seront introduites les définitions et propriétés des espaces de Hilbert, la notion de produit scalaire et d'orthogonalité, les théorèmes de projection orthogonale sur un convexe fermé, ou sur un sous-espace fermé, ainsi que les notions de base hilbertienne. En application, nous exploiterons la décomposition spectrale des opérateurs pour approcher les solutions de problèmes types d'Équations aux Dérivées Partielles.

Pré-requis obligatoires

Intégrale de Lebesgue, Espaces L^p , analyse de Fourier, algèbre linéaire, optimisation

Optimisation sous contraintes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HL4UJ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du cours est de comprendre comment formuler et analyser un problème d'optimisation comportant des contraintes d'égalité ou d'inégalité. Il vise également à présenter les méthodes classiques permettant de résoudre numériquement ce type de problèmes, notamment les approches SQP, point intérieur, active set et Uzawa.

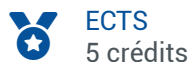
Description

Ce module introduit les fondements de l'optimisation continue sous contraintes, en partant de la fonction de Lagrange et des multiplicateurs associés. Les conditions de Karush–Kuhn–Tucker sont présentées et interprétées de manière intuitive pour comprendre le rôle des contraintes actives et la nature des points stationnaires. Le cours décrit ensuite les principales méthodes numériques utilisées en pratique, comme les approches de type SQP, les algorithmes de point intérieur ou active set, ainsi que la méthode d'Uzawa (premier algorithme). Des exemples simples illustrent les différences de comportement entre les algorithmes et leur sensibilité au choix du point initial. Le cours met également l'accent sur l'utilisation des solveurs MATLAB, notamment fmincon, afin d'établir un lien direct entre théorie et mise en œuvre.

Pré-requis obligatoires

Une connaissance des bases de l'optimisation continue est recommandée (1A-ENSEEIH), en particulier les notions de gradient, Hessienne, convexité locale et méthodes de descente. Des compétences élémentaires en calcul différentiel et une pratique minimale de MATLAB ou de Python sont souhaitables pour comprendre les exemples et expérimenter les méthodes numériques présentées.

PHENOMENES PHYSIQUES ET MODELISATIONS



 Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE26
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Rayonnement électromagnétique et antennes	Matière				
Analyse physique de structures guidantes	Matière				
Projet Modélisation de structures en EM	Matière				

Rayonnement électromagnétique et antennes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE26A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître l'origine physique du rayonnement électromagnétique – Savoir calculer et interpréter physiquement le champ électromagnétique rayonné par une distribution de courant électrique harmonique

- **Connaître, savoir calculer et savoir manipuler les descripteurs fondamentaux des antennes**
- **Connaître les propriétés fondamentales des antennes filaires**
- **Savoir formuler et interpréter physiquement des bilans de liaison impliquant une antenne d'émission et une antenne de réception**

Description

I- Champ électromagnétique rayonné par une distribution de courant électrique harmonique

II- Puissance rayonnée par une distribution de courant électrique harmonique

III- Notion d'intensité de rayonnement électromagnétique

IV- Descripteurs fondamentaux des antennes

IV-1- Directivité (diagramme de rayonnement, lobe principal, directions aveugles, angle

d'ouverture à 3dB, niveau des lobes secondaires, plans E et H)

IV-2- Impédance d'entrée

IV-3- Efficacité

IV-4- Gain

IV-5- Polarisation

IV-6- Surface effective

IV-7- Bande passante

IV-8- Centre de phase

V- Bilan de liaison (Equation de Friis)

VI- Perspectives dans le domaine des antennes et technologies associées

Pré-requis obligatoires

La matière « Propagation guidée et en espace libre » (code Apogée N7EE09A1)

Analyse physique de structures guidantes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE07E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir analyser physiquement les propriétés électromagnétique de structures guidantes et de cavités - Savoir calculer la puissance véhiculée et l'énergie emmagasinée dans des structures guidantes excitées par des sources de champ électromagnétique - Savoir établir et résoudre numériquement l'équation de dispersion de structures guidantes quelconques - Savoir établir et résoudre numériquement l'équation de résonance de cavités quelconques

Description

I- Représentation modale du champ électromagnétique

I-1 - Base modale orthonormée dans les structures guidantes

I-2 - Représentation modale du champ électromagnétique

II- Représentation symbolique des relations de fermeture et de passage en électromagnétisme

II-1 - Représentation symbolique des relations de fermeture

II-1-1- Dipôle pour la représentation d'un demi-guide infini

II-1-2- Dipôle pour la représentation d'un demi-guide court-circuité

II-1-3- Quadripôle pour la représentation d'un tronçon de guide

II-1-4- Application : maximisation de la puissance délivrée par une source de courant harmonique dans un guide d'onde

II-2- Représentation symbolique des relations de passage imposées au champ électromagnétique à la traversée d'une surface

II-2-1- Sources virtuelles de champ électromagnétique et leurs grandeurs duales

II-2-2- Quadripôle pour la représentation d'une surface quelconque

III- Formulation des problèmes aux limites sans sources réelles de champ électromagnétique

III-1- Schéma équivalent de structures guidantes sans sources réelles

III-1- Formulation de problèmes aux limites à partir des lois de Kirchhoff et d'Ohm

IV- Résolution des problèmes aux limites sans sources réelles de champ électromagnétique

IV-1- Méthode de Galerkin avec une fonction d'essai par source virtuelle

IV-2- Application No1 : équation de dispersion d'une ligne microruban

IV-3- Application No2 : équation de dispersion d'un guide nervuré

V- Perspectives dans le domaine de la modélisation électromagnétique de structures guidantes

Pré-requis obligatoires

La matière « Propagation guidée et en espace libre » (code Apogée N7EE09A1)

Projet Modélisation de structures en EM



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE07F
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Mise en œuvre des compétences théoriques en modélisation, des compétences sur l'utilisation des logiciels sur une application donnée. Chaque groupe a un sujet différent portant sur la caractérisation de ligne en terme de propagation (équation de dispersion notamment).

Description

Au cours de ce projet, les étudiants doivent mettre en pratique les compétences acquises en modélisation électromagnétique. Ce projet comporte 5 séances. Les trois premières séances sont généralement dédiées à la résolution analytique du problème posé. Les deux séances suivantes permettent de programmer sous MATLAB les équations obtenues et confronter les résultats à ceux obtenus avec un logiciel de simulation électromagnétique 3D : Ansoft-HFSS. Une analyse critique et comparative est attendue sur les résultats obtenus.

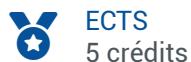
Pré-requis obligatoires

Cours d'Electromagnétisme

Cours de Ligne de Transmission

Cours d'analyse physique des structures guidantes Utilisation des outils Ansoft-HFSS, Matlab.

DISPOSITIFS HYPERFREQUENCES



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLADK
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Antennes planaires et ouvertures rayonnantes	Matière				
Projet Hyperfréquence	Matière				
TP Hyperfréquences	Matière				

Antennes planaires et ouvertures rayonnantes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE08B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir calculer le champ électromagnétique rayonné par les ouvertures rayonnantes et les antennes planaires

- **Savoir interpréter physiquement le rayonnement d'une ouverture rayonnante et d'une antenne planaire**
- **Savoir calculer les descripteurs fondamentaux des ouvertures rayonnantes et des antennes planaires**
- **Connaitre les propriétés fondamentales des ouvertures rayonnantes et des antennes planaires**
- **Connaitre les techniques d'excitation des ouvertures rayonnantes et des antennes planaires**
- **Savoir concevoir une ouverture rayonnante ou une antenne planaire à partir d'un cahier des charges**

Description

I- Ouvertures rayonnantes

I-1- Dualité des équations de Maxwell pour les sources de courants électriques et

magnétiques

I-2- Champ électromagnétique rayonné par des distributions de courants électriques et

magnétiques harmoniques

I-3- Intégrales du rayonnement électromagnétique

I-4- Principes d'équivalence en électromagnétisme (principe d'équivalence de LOVE)

I-5- Application : Ouverture rayonnante rectangulaire

I-6- Ouvertures rayonnantes usuelles et leurs propriétés

II- Antennes planaires

II-1- Principe de fonctionnement

II-2- Choix du substrat et technologie MMIC

II-3- Modèle électromagnétique d'une antenne planaire

II-4- Application : Antenne planaire rectangulaire

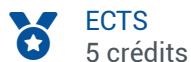
II-5- Excitation des antennes planaires

III- Perspectives dans le domaine des ouvertures rayonnantes et des antennes planaires

Pré-requis obligatoires

La matière « Rayonnement électromagnétique et antennes » (code Apogée N8EE26A)

CALCUL SCIENTIFIQUE ET OPTOELECTRONIQUE



En bref

- **Code Ametys:** M34HL81X
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Éléments finis pour l'électromagnétisme	Matière				
Programmation pour le calcul scientifique	Matière				
TP Optoélectronique	Matière				
Optoélectronique	Matière				

Éléments finis pour l'électromagnétisme



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE22A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Résolution approchée des équations aux dérivées partielles par la méthode des éléments finis, sur des problèmes physiques fréquemment rencontrés par les ingénieurs électroniciens.

Description

Principes des éléments finis

formulation variationnelle

fonctions de bases et discrétisation

maillages 1D et 2D

résolution.

BE d'application à l'aide de la PDE toolbox matlab sur des problèmes liés à l'électronique (physique du semi-conducteur, guide d'ondes).

Poursuite de la mise en œuvre à travers le cours de programmation

Pré-requis obligatoires

Cours EDP par différences finis 1ère année EEEA.

Programmation pour le calcul scientifique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE22B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Initier les étudiants au langage fortran 90 encore très utilisé dans le domaine des méthodes numérique et du calcul scientifique à travers des exemples issus du cours éléments finis et appliqué à des problèmes de guide d'ondes.

Description

Cours d'initiation à linux et au langage Fortran. Les principales notions de syntaxe sont vues à travers des séances d'exercices en autonomie ainsi qu'un projet d'application. L'interfaçage avec le langage python est vu en fin de projet.

Note : Le travail de développement est effectué obligatoirement sous linux afin de permettre aux étudiants d'approfondir leurs connaissances de ce système d'exploitation.

Pré-requis obligatoires

Base de la programmation, éléments finis

Semestre 8 - Parcours Physique Numérique (PN)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8FP89Q7
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE				5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière				
Analyse hilbertienne	Matière				
Optimisation sous contraintes	Matière				
PHENOMENES PHYSIQUES ET MODELISATIONS	UE				5 crédits
Rayonnement électromagnétique et antennes	Matière				
Analyse physique de structures guidantes	Matière				
Projet Modélisation de structures en EM	Matière				
PROJETS NUMERIQUES	UE				5 crédits
Projet numérique	Matière				
MECATRONIQUE	UE				5 crédits
Matériaux	Matière				
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière				
Modélisation des syst. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière				
Thermique et Mécanique des fluides	Matière				
CALCUL SCIENTIFIQUE	UE				5 crédits
Simulation numérique en optique	Matière				
Analyse numérique 2	Matière				
Programmation pour le calcul scientifique	Matière				
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière				
Éléments finis pour l'électromagnétisme	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

PROJETS NUMERIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HMGHF
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Projet numérique	Matière				

Projet numérique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HMGLG
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Conduire un projet de groupe en semi-autonomie

Description

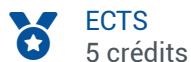
Étudier un phénomène physique à partir d'outils de simulations numériques déjà existants ou à développer

Pré-requis obligatoires

EDP, Optimisation, programmation impérative en 1ère année.

Elements finis pour l'électromagnétisme, Optimisation sous contraintes en 2ème année

MECATRONIQUE



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HMH1J
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Matériaux	Matière				
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière				
Modélisation des syst. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière				
Thermique et Mécanique des fluides	Matière				

Matériaux



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE20A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Être capable de choisir le bon matériau lors de la phase de conception d'un système électromécanique (matériaux mécaniques, matériaux magnétiques et matériaux diélectriques).
- Acquérir une culture suffisante des matériaux (élaboration, propriétés, traitements, etc.) pour pouvoir dialoguer efficacement avec des fournisseurs.

Description

Voici les différents thèmes qui seront abordés dans ce cours :

- Caractéristiques et propriétés des matériaux
- Élaboration des matériaux
- Emploi général des grandes familles de matériaux

Pré-requis obligatoires

Aucun prérequis n'est nécessaire pour ce cours.

Matériaux Intelligent électroactifs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE20C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- A l'issue de ce cours les étudiants auront assimilé plusieurs solutions alternatives pour la conversion électromécanique.
- Ils seront capables de décrire les principes physiques à l'oeuvre dans les dispositifs piézoélectriques, electro- et magnéto-strictifs, à alliage à mémoire de forme.

Description

- Rappels de la définition de matériaux intelligents
- Description des principes physiques intervenant dans la magnetostriction, la piezoelectricité, les alliages à mémoire de forme.
- Comparaison des performances électromécaniques des solutions et illustration des champs applicatifs
- Approfondissement des principes et de la mise en oeuvre des matériaux piézoélectriques

Modélisation des syst. électromagnétiques P/calcul analytique



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE21C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- A l'issue de ce cours les étudiants auront assimilé les équations et les différentes formulations analytiques pour décrire l'état magnétique des machines et dispositifs électromagnétiques
- Ils seront capables d'établir un modèle analytique nécessaire au prédimensionnement des systèmes électromagnétiques et d'identifier l'influence des paramètres prépondérants

Description

- formuler et justifier des hypothèses simplificatrices permettant de définir un problème de magnétostatique
- résoudre un problème de magnétostatique 2D en coordonnées polaires régi par une équation de Laplace en potentiel vecteur magnétique
- calculer et exprimer les grandeurs observables d'une machine électrique à partir de ses caractéristiques géométriques et structurelles

- appliquer la méthode proposée dans le cas d'un modèle simplifié de machines synchrone à aimants permanents avec ou sans encoches
- lister les étapes principales de cette méthode dans le cas d'un modèle simplifié de machine asynchrone à double alimentation et de machine à courant continu

Thermique et Mécanique des fluides



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE21E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- A l'issue de ce cours les étudiants auront assimilé les principes physiques qui régissent les échanges thermiques et les équations associées
- Ils sauront capables de décrire les mécanismes physiques qui régissent la mécanique des fluides

Description

- Statique des Fluides
- Theoreme de Bernoulli
- Theoreme d'Euler
- Pertes de Charges

CALCUL SCIENTIFIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HMI7B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Simulation numérique en optique	Matière				
Analyse numérique 2	Matière				
Programmation pour le calcul scientifique	Matière				
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière				
Éléments finis pour l'électromagnétisme	Matière				

Simulation numérique en optique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE11A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module est proposé pour des futurs ingénieurs souhaitant explorer le domaine des capteurs à fibres optiques et de l'instrumentation des capteurs.

Description

Ce module enseigne par le biais des CM les essentiels du domaine. Un BE viendra approfondir l'apprentissage du cours en proposant la modélisation et la simulation d'un capteur à fibre optique actuellement exploité en recherche.

Analyse numérique 2



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HMIIT
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Il s'agit dans ce module de :

- comprendre quelques résultats et propriétés élémentaires concernant l'interpolation et la quadrature ;
- comprendre comment l'interpolation et la quadrature sont utiles pour définir des méthodes à un pas ou à pas multiples permettant de résoudre des équations différentielles ordinaires.

Description

Le module aborde deux notions fondamentales de l'analyse numérique, à savoir l'interpolation et la quadrature, et montre leur utilité pour construire des méthodes de résolution d'équations différentielles ordinaires. Une séance de travaux dirigés et 2 séances de BE permettent de mettre en œuvre les notions vues en cours.

Pré-requis obligatoires

Pas de pré-requis

Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE21B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Comprendre comment intégrer l'optimisation mathématique dans un processus de conception d'actionneurs électromécaniques comme les machines électriques par exemple. Le but est d'être capable de formuler un problème de conception en un problème d'optimisation complet incluant modèles physiques et contraintes et ensuite de le résoudre à l'aide d'algorithmes (MatLab).

Description

Ce BE présente une méthodologie moderne de conception d'actionneurs électromécaniques fondée sur l'optimisation numérique. Il couvre les étapes essentielles en partant des bases de la modélisation électromagnétique, de la formulation des objectifs (volumes, masse, pertes), de la prise en compte des contraintes (mécaniques, géométriques, de couple ou de rendement) et de sa résolution par des algorithmes adaptés. L'accent est mis sur l'utilisation de modèles principalement analytiques (rapides) dans la boucle d'optimisation, ainsi que sur les compromis temps de calcul / précision. Le cours s'appuie sur des exemples concrets d'actionneurs et de moteurs issus de la R&D industrielle. Les étudiants découvriront comment passer d'un cahier des charges à une architecture optimale, en réduisant les itérations manuelles.

Pré-requis obligatoires

- Modélisation analytique des machines électriques.
- Bases en optimisation sous contraintes (programmation non linéaire, dérivées, gradients).
- Connaissances de base en électromagnétisme (lois de Maxwell, circuits magnétiques).
- Idéalement : une première expérience en simulation de machines électriques ou en modélisation multiphysique.

Semestre 8 - Systèmes Automatiques Temps Réel (SATR)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

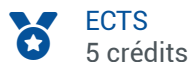
En bref

- **Code Ametys:** M8FP9235
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE				5 crédits
Espace d'état	Matière				
Systèmes non linéaires	Matière				
Commande non linéaire	Matière				
TP Automatique	Matière				
COMMANDE NUMERIQUE	UE				5 crédits
Commande numérique	Matière				
Projet Commande Numérique	Matière				
Automatismes industriels	Matière				
TP Automatismes	Matière				
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE				5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / élémts concept° CVS-Machines	Matière				
Commande des convertisseurs	Matière				
Commande des machines	Matière				
Projet chaine de traction ZOE	Matière				
SYSTEMES A EVENEMENTS DISCRETS ET ECHANTILLONNES	UE				5 crédits
Commande Polynomiale	Matière				
Graphes et Ordonnancement	Matière				
Identification (méthodes récursives)	Matière				
TP Automatique	Matière				
Réseau de Pétri	Matière				
INGENIERIE DES RESEAUX ET DES SYSTEMES TEMPS-REELS	UE				5 crédits
Systèmes Informatiques Distribués	Matière				
Réseaux industriels	Matière				
Systèmes Temps réels	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES



En bref

- **Code Ametys:** N8EE13
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Espace d'état	Matière				
Systèmes non linéaires	Matière				
Commande non linéaire	Matière				
TP Automatique	Matière				

Espace d'état



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE13A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Modéliser des systèmes dynamiques à temps continu et à temps discret dans l'espace d'état,
- 2) Analyser le comportement dynamique de ces systèmes à partir de leur modélisation dans l'espace d'état (pôles, zéros, stabilité, commandabilité, observabilité, fonctions de transfert, réponse temporelle),
- 3) Synthétiser des architectures de commande par retour d'état, et retour d'état avec action intégrale en temps continu,
- 4) Synthétiser des observateurs d'ordre entier et d'ordre réduit,

Description

Utiliser des architectures de commande basées sur des correcteurs linéaires d'ordre faible de type P, PI ou PID permet de réaliser la commande d'une certaine classe de systèmes avec de très bonnes performances mais comment faire si le système en boucle ouverte est déjà d'ordre 4,5,...10,...100,... comme le sont une grande majorité des systèmes autour de nous et dans l'industrie (systèmes électriques comme des convertisseurs, des actionneurs électriques ou des réseaux; mais aussi des systèmes de production d'énergies renouvelables, des véhicules, des robots, des chaînes de productions, des systèmes de chauffages, des

systèmes économiques,...). Les correcteurs précédemment évoqués ont une action efficace sur plage de fréquence déterminée mais ont une efficacité limitée quand il s'agit de maîtriser le comportement dynamique d'un système d'ordre important, qui plus est, quand ses pôles sont éparpillés dans le spectre fréquentiel. Ce que propose ce cours est l'introduction d'un formalisme de modélisation dit "dans l'espace d'état" qui permet l'analyse et la synthèse de lois de commandes appropriées pour de tels systèmes, quelque soit leur ordre, que nous côtoyons au quotidien.

Pré-requis obligatoires

- Cours "N7EE05C: Synthèse de correcteurs et architectures de commande"
- Cours "N7EE05B: Systèmes échantillonnés"
- Algèbre et opérations matricielles (produit de matrices, valeurs et vecteurs propres, déterminant, inversion de matrice, diagonalisation)
- Transformée de Laplace, Calcul intégral,

Systèmes non linéaires



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE13B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Etre capable de...

- caractériser un système non linéaire par la méthode du 1^{er} harmonique et identifier le domaine de validité de la méthode,
- synthétiser un correcteur linéaire pour modifier les caractéristiques de l'auto-oscillation,
- caractériser un système non linéaire par la méthode du plan de phase
- régler des éléments de commande simple (seuil, hystérésis, coefficient de retour, correcteur linéaire) en vue d'obtenir une performance donnée.

Description

1. Introduction à l'automatique des systèmes non linéaires

Limitation des méthodes linéaires, définition d'un système non linéaire et de son domaine de définition, les non linéarités les plus fréquentes les méthodes d'étude et leur classification

2. Méthode du premier harmonique

Principes et séries de Fourier, méthode de calcul de la transmittance équivalente, stabilité des auto-oscillations, exemples l'asservissement de température en TOR, de l'amplificateur saturé, correction linéaire des systèmes non linéaires

3 Méthode du plan de phase

Principe, méthode du calcul des trajectoires, principes de correction linéaire des systèmes non linéaires dans le plan de phase, représentation d'état

Pré-requis obligatoires

- décomposition en série de Fourier,
- calculs avec les nombres complexes,
- résolution d'équation différentielle du 1^{er} et du 2^o ordre
- bases du calcul matriciel
- N6EE02 : Signal & Automatique
- N6EE03 : Circuits électriques et systèmes

Commande non linéaire



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE13C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours vise à initier les étudiants à l'analyse et à la commande des systèmes non linéaires.

Description

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

1. Identifier la nature des phénomènes non linéaires présents dans un système étudié (saturation, rotation, bilinéarité, couplage entre dynamiques, discontinuités, etc.) ;
2. Calculer les points d'équilibre d'un système non linéaire ;
3. Distinguer les différentes notions de stabilité (locale, globale, asymptotique, exponentielle) ;
4. Appliquer la première méthode de Lyapunov pour analyser la stabilité d'un système non linéaire, notamment en étudiant la stabilité du système linéarisé autour d'un point de fonctionnement ;
5. Appliquer la deuxième méthode de Lyapunov pour analyser la stabilité du système non linéaire, en particulier pour les grands signaux, et estimer le domaine de stabilité si nécessaire ;
6. Synthétiser différents types de lois de commande non linéaire afin de garantir des performances optimales en boucle fermée (commande Bang-Bang, commande par mode glissant, commande par retour d'état linéarisant).

En complément des séances de cours, les travaux dirigés permettent aux étudiants de manipuler ces concepts et de les appliquer à l'analyse et à la commande de systèmes réels présentant des non-linéarités. Enfin, un projet de synthèse et d'implémentation de lois de commande non linéaire pour un problème de poursuite de trajectoire d'un robot mobile à roues est proposé. Ce travail est réalisé en simulation, dans le cadre d'un bureau d'étude encadré.

Pré-requis obligatoires

N8EE13A - Espace d'état

N8EE13B - Systèmes non linéaires

TP Automatique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE13D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de cette série de travaux pratiques est d'illustrer les concepts fondamentaux de l'Automatique, en mettant l'accent sur la modélisation, l'analyse de la stabilité, et la synthèse de lois de commande des systèmes dynamiques. Les manipulations sont conçues pour développer des compétences pratiques en simulation et en expérimentation, tout en renforçant la compréhension des concepts théoriques.

Description

Cette série de travaux pratiques portera sur les notions de (i) Commande par Retour d'État et Observateurs pour un Système Instable, (ii) Stabilité au sens de Lyapunov et Commande Non-Linéaire d'un système Non-Linéaire (iii) Étude des Auto-Oscillations dans les Systèmes Non-Linéaires. Le travail réalisé permettra à l'étudiant d'acquérir les compétences suivantes :

1. Modélisation de procédés : Identification des équations dynamiques et des paramètres physiques ;
2. Analyses de stabilité : Calcul des points d'équilibres d'un système non-linéaire, analyse de stabilité locale au sens de Lyapunov, estimation du domaine de stabilité et visualisation des trajectoires du système avec un outil graphique (pplane) ;
3. Synthèse de loi de commande par retour d'état : Assurer précision et régime transitoire compatible avec le domaine de fonctionnement ;

4. Conception d'une commande basée-observateur : Reconstruction des états non mesurables ou de mauvaise qualité du système avec un observateur d'état, puis insertion de l'observateur dans une boucle de commande ;
5. Conception de loi de commande de type mode glissants pour un système fortement non linéaire ;
6. Simulation des différentes solutions sur Matlab/Simulink ;
7. Validation expérimentales sur différentes maquettes : dispositif de type pendule (grue ou pendule inversé), caractérisé par un ordre élevé (4°) et la présence de pôles instables, système Non-Linéaire bille sur rail, synchronisation de la position de trois disques reliés par des fils de torsion entraînés par un moteur de type brushless

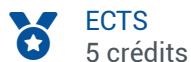
Pré-requis obligatoires

N8EE13A – Espace d'Etat

N8EE13B – Systèmes non linéaires

N8EE13C - Commande non linéaire

COMMANDE NUMERIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE14
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Commande numérique	Matière				
Projet Commande Numérique	Matière				
Automatismes industriels	Matière				
TP Automatismes	Matière				

Commande numérique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE14A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif principal est d'appréhender les différentes problématiques rencontrées lors de la commande numérique d'un système en temps réel sous contraintes temporelle forte.

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de généralités sur le contrôle numérique ainsi que les notions de boucle ouverte et boucle fermée. Le détail d'une architecture dédiée au contrôle numérique temps réel sera alors proposé.

Le second chapitre sera focalisé sur la notion de capteurs (précision, bande passante, linéarité, ...) et sur les différentes technologies de conversion Analogique/Numérique et Numérique/Analogique (simple et double rampe, approximations successives, flash, pipeline, ...).

Le troisième sera une étude comparative sur les différents modes de contrôle d'un processus en particulier le mode scrutation et le mode interruption. Les avantages et inconvénients seront alors étudiés.

Le quatrième et dernier chapitre sera consacré à l'étude de l'évolution des architectures de microprocesseurs en vue d'augmenter la performance. Les architectures suivantes seront alors décrites : RISC/CISC, pipeline d'exécution, Superscalaire, VLIW, Harvard, cache mémoire, introduction au multiprocessing.

Description

La commande numérique d'un système en temps réel fait apparaître des contraintes très fortes sur l'architecture numérique utilisée qui doit donc être très différente des architectures traditionnellement utilisées sur un PC. Ces contraintes seront donc analysées et traduites en besoins sur l'architecture numérique.

Le contrôle numérique de système fait également apparaître de façon centrale la notion de capteur afin de connaître l'état du système à piloter. Il sera donc proposé d'une part une étude des propriétés et défauts principales des capteurs et d'autre part l'étude des systèmes de conversion de l'analogique vers le numérique et inversement.

Les besoins en termes de performances (calcul numérique, échantillonnage rapide) dans le cadre de la commande numérique nous amènerons à étudier les dernières avancées en termes d'architecture des microprocesseurs en vue de cette augmentation de la performance.

Pré-requis obligatoires

N5EE03-Conception des systèmes Logiques

N5EE02- Eléments de base de l'algorithmique, programmation et architecture des ordinateurs

N7EE01- Architecture et développement de systèmes informatiques

Projet Commande Numérique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE14B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Développer la régulation numérique de la vitesse d'un système mécatronique composé d'un convertisseur de puissance et d'un moteur DC Brushless. L'ensemble est piloté par un système numérique comportant un FPGA et un processeur de type SOPC.

Description

L'objectif est d'amener les étudiants à développer l'ensemble des fonctionnalités nécessaires à la régulation de vitesse d'une machine DC Brushless. Le travail est réalisé en binôme, chacun d'entre eux possédant une maquette pour les réalisations expérimentales.

L'autopilotage est réalisé à partir d'une logique de contrôle numérique mettant en œuvre une modulation de largeur d'impulsion développée en langage VHDL et de capteurs de position.

Un capteur de vitesse est ensuite conçu, toujours en VHDL, pour permettre la mesure nécessaire à la régulation de vitesse.

Les étudiants conçoivent alors l'ensemble de l'algorithme de pilotage en vitesse, de la simulation à l'implantation sur processeur en utilisant le langage C.

Pré-requis obligatoires

- Notion d'autopilotage des machines électriques
- Pilotage d'un convertisseur d'énergie en modulation de largeur d'impulsion
- Dimensionnement d'un régulateur continu et de son équivalent numérique

Automatismes industriels



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE14C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir modéliser et programmer la logique séquentielle sur processeur

Description

Modélisation de systèmes séquentiels à événements discrets. Modélisation et enchaînement fonctionnels. Machine d'Etat et GRAFCET (SFC Sequential Functional Chart). Equations logiques équivalentes et implémentation du code structuré exécutable mono processeur. Technologie des API Automates Programmables Industriels (PLC Programmable Logic Computer).

Pré-requis obligatoires

logique combinatoire, logique séquentielle, Operating Système, Fonctionnement processeur

TP Automatismes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE14D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Manipuler des Matériels et Logiciels de programmation des Automatismes Industriels.

Comprendre et assurer le fonctionnement temps réel des automatismes (franchissements simultanés, échange de mots par communication par Bus de Terrain Industriel).

M340, Transbordeur, FESTO, TSX-micro, TSX-Premium, Magasin Rotatif, Bras de Robot pneumatique, Usine virtuelle Factory, FipWay...

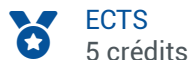
Description

Mise en œuvre pratique sur logiciels et parties opératives variées. environnement de developpement, festo, uNity, pl7 dispositifs: transbordeur, magasin rotatif, Factory virtuelle, distributeur vertical

Pré-requis obligatoires

cours Automatismes et logique programmée

ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE15
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / éléments concept° CVS-Machines	Matière				
Commande des convertisseurs	Matière				
Commande des machines	Matière				
Projet chaîne de traction ZOE	Matière				

Dimensionnement moteur vh élec. / éléments concept° CVS-Machines



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLZFW
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif est de fournir aux futurs ingénieurs les compétences nécessaires pour établir un cahier des charges pour le moteur d'un véhicule électrique puis de trouver les principales dimensions de ce moteur dans le cas d'un moteur synchrone à aimants permanents. Acquérir les connaissances fondamentales et les compétences nécessaires à la conception et à l'optimisation des couplages entre convertisseurs de puissance et machines électriques. Comprendre les interactions électriques, les contraintes de contrôle et de rendement, afin de pouvoir dimensionner et intégrer efficacement ces systèmes dans des applications industrielles et énergétiques.

Description

Le cours « **Dimensionnement moteur pour véhicule électrique** » aborde les principes fondamentaux du choix et du dimensionnement des machines électriques utilisées dans les véhicules à propulsion électrique. Les étudiants y apprennent à relier les exigences dynamiques du véhicule (couple, vitesse) aux caractéristiques du moteur et de son système d'alimentation. Le programme couvre les moteurs synchrones à aimants permanents et leurs méthodes de modélisation au premier ordre. Le cours « **Éléments de conception des associations CVS-machines** » aborde les principes de couplage entre les convertisseurs statiques

(CVS) et les machines électriques (asynchrones, synchrones, à aimants permanents, etc.). Il présente les modèles électriques, les stratégies de contrôle, les contraintes de puissance et de rendement. Des études de cas et des simulations permettront d'illustrer les options de conception et d'intégration en fonction des applications (traction, systèmes intégrés au réseau).

Pré-requis obligatoires

Connaissances en électronique de puissance et en machines électriques.

Commande des convertisseurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE15C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Modéliser des systèmes de conversion statique de l'énergie électrique en vue de leur commande: modèle instantané, modèle discret et modèle moyen,
- 2) Synthétiser des architectures de commande pour la régulation de courants, de tensions, de puissances et d'énergies (approches globales, boucles imbriquées, compensation de non-linéarités),
- 3) Synthétiser des architectures de commande pour des topologies classiques de convertisseurs (DC-DC, DC-AC Onduleur/Redresseur Monophasé, DC-AC Onduleur/Redresseur Triphasé, Power Factor Corrector),
- 4) Acquérir des notions des enjeux de performances que l'on rencontre pour l'opération des convertisseurs statiques,

Description

Faire fonctionner un convertisseur autour d'un point de fonctionnement donné décrit par un ensemble de valeurs figées de rapports cycliques ou d'états de cellules de commutation est une première approche en boucle ouverte qui ne permet pas de garantir l'atteinte du point de fonctionnement visé. Aussi, il n'est alors pas possible d'atteindre des performances dynamiques pourtant cruciales au bon fonctionnement des systèmes électriques (qualité harmonique des signaux électriques, qualité de l'énergie électrique et facteur de puissance, rejet de perturbations, régulation de niveaux de courants et de tensions, zones de fonctionnement étendues...). Ce que propose ce cours est donc des savoirs et des méthodologies avec dans l'objectif de concevoir des architectures de

commande des convertisseurs statiques afin de conférer à ces systèmes de conversion d'énergie des performances indispensables au fonctionnement des infrastructures électriques terrestres et embarquées

Pré-requis obligatoires

- - Cours "N7EE05C: Synthèse de correcteurs et architectures de commande"
- - Cours "N7EE05B: Systèmes échantillonnés"
- - Cours "N7EE02A: Approches énergétiques de la conception des convertisseurs statiques (CVS)"
- - Cours "N7EE04D: Modulation et filtrage des onduleurs de tension"

Commande des machines



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE15D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

1. Se familiariser avec les différents éléments constituant un variateur de vitesse pour les machines électriques triphasées.
2. Apprendre à modéliser les machines électriques en vue de leur commande.
3. Mettre en œuvre des commandes vectorielles pour les machines électriques triphasées.
4. Synthétiser des commandes scalaires pour les machines synchrones et asynchrones.
5. Sensibiliser aux problématiques du fonctionnement en haute vitesse.

Description

Ce cours permet aux étudiants de mobiliser les compétences acquises en automatique et en modélisation des machines électriques pour concevoir des variateurs de vitesse destinés aux machines électriques alimentées par onduleurs.

Pour atteindre cet objectif, le premier chapitre présente le principe de la commande d'une machine à courant continu, qui constitue la base de la commande des machines électriques triphasées. Un rappel des différents modèles des machines synchrones et asynchrones est effectué, en précisant les limitations de leur utilisation pour la synthèse de lois de commande.

Ensuite, à l'aide de la transformée de Park, des modèles dédiés à la commande des machines synchrones et asynchrones sont présentés, en détaillant les particularités de chaque type de machine. Ces modèles servent de base pour la conception de la commande dans les variateurs de vitesse pour les différentes machines. Les méthodes de synthèse des boucles de régulation (couple électromagnétique, vitesse, position) sont exposées, en discutant les limitations imposées par la machine (limitation en courant) et par l'onduleur (tension limitée). Des méthodes de modulation de largeur d'impulsion (MLI) pour la commande de l'onduleur par les régulateurs continus sont également présentées.

Enfin, la possibilité d'atteindre différents points de fonctionnement dans le plan couple-vitesse est abordée, en détaillant les stratégies de calcul des références pour les deux types de machines. Les problématiques spécifiques au pilotage en haute vitesse sont introduites.

Pré-requis obligatoires

N7EE03B - Modélisation électromagnétique des machines

N7EE03F - Principes et structures des machines électriques

N7EE05C - Synthèse de correcteurs et architectures de commande

N7EE04D - Modulation et filtrage des onduleurs de tension

Projet chaine de traction ZOE



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE15E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Acquérir une vision transversale des compétences enseignées au sein de la spécialité énergie du département pour mieux saisir les liens et la complémentarité entre les différents pôles de savoirs et de compétences (conception des actionneurs électromécaniques, électronique de puissance, automatique et commande)
- 2) Conception des actionneurs électromécaniques: Acquérir une méthodologie de prédimensionnement analytique des machines électriques triphasées
- 3) Électronique de puissance: Comprendre les interactions entre convertisseurs et machines électriques lorsqu'ils sont associés, et modéliser les limites de fonctionnement atteignables dans le plan couple-vitesse
- 4) Automatique et commande: Concevoir des architectures de commande scalaire et vectorielle des machines électriques triphasées, et Développer des stratégies de commande de leur couple

Description

Le projet consiste en la conception d'une chaîne électromécanique dans un contexte de traction pour véhicule électrique de type voiture citadine. Cette conception met en œuvre une démarche globale qui, à partir d'un cahier des charges donné, commence par l'analyse du cahier des charges et le dimensionnement du moteur électrique. Une fois le moteur dimensionné, celui-ci vient être alimenté par un onduleur raccordé à la batterie du véhicule. La chaîne électromécanique alors obtenue est analysée afin de

déterminer les limites de fonctionnement dont l'ensemble est capable. Cette analyse est indispensable pour comprendre comment concevoir la stratégie de pilotage de l'ensemble. L'architecture de commande du système ainsi que les stratégies de commande associées sont alors élaborées pour amener le système à atteindre les différents points de fonctionnement requis par le cahier des charges.

Pré-requis obligatoires

- Cours "N8EE15D - Commande des machines"
- Cours "N8EE15C - Commande des convertisseurs"
- Cours "N8EE15F - Dimensionnement moteur pour véhicule électrique / Éléments de conceptions des associations CVS-machines"

SYSTEMES A EVENEMENTS DISCRETS ET ECHANTILLONNES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- > **Code Ametys:** N8EE16
- > **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Commande Polynomiale	Matière				
Graphes et Ordonnancement	Matière				
Identification (méthodes récursives)	Matière				
TP Automatique	Matière				
Réseau de Pétri	Matière				

Commande Polynomiale



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE16A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Maîtriser la conception de méthodes de synthèse pour la définition de lois de commande discrètes destinées à être implantées sur un calculateur numérique

Description

I Introduction et Généralités

Bref historique

Structure d'une commande numérique

Représentation des systèmes linéaires discrets

II Approche fréquentielle

Numérisation des régulateurs standard

Synthèse directe en fréquentiel

III Synthèse de régulateurs numériques

Formalisme et notations

Régulateur généralisé

Le régulateur RST

Le prédictiveur de Smith

IV Synthèse d'un retour d'état discret

Placement de pôles

Adjonction d'une action intégrale

V Observateurs d'état discret

Observateur d'ordre complet

Observateur d'ordre réduit

VI Dispositifs d'anti-saturation

Pré-requis obligatoires

Transformée en z

Systèmes échantillonnés

Asservissement linéaires continus

Graphes et Ordonnancement



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE16B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Appréhender les concepts élémentaires et la terminologie des graphes
- Identifier et modéliser des problématiques de différents domaines ou cahiers des charges sous forme de problèmes d'identification, d'énumération ou d'optimisation dans un graphe.
- Maîtriser les méthodes d'identification et énumération de chemins, arbres, circuits et stables dans un graphe
- Résoudre des problèmes polynomiaux d'optimisation sur les graphes : recherche du plus court chemin, arbre recouvrant de poids minimum, couplage maximum, etc.
- Appliquer les algorithmes de graphes à des problèmes réels issus de différents domaines, dont la gestion de projet

Description

Ce cours propose une introduction aux graphes et aux algorithmes associés, en mettant l'accent sur leur application à des problèmes concrets issus de différents domaines.

Pré-requis obligatoires

Aucun

Identification (méthodes récursives)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE16C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Concevoir des méthodes d'identification en ligne pour la représentation des systèmes linéaires

Description

Généralités

1. Estimation au sens des moindres carrés
2. La méthode du gradient
 - prédiction " a priori "
 - prédiction " a posteriori "
3. Les moindres carrés récursifs

4. Quelques considérations importantes

- signal d'excitation
- blancheur de la séquence des erreurs de prédiction

5. Moindres Carrés Etendu

Application:

Identification d'un système à paramètres lentement variable

Pré-requis obligatoires

Systèmes échantillonnés

Transformée en z

Fonction de transfert

TP Automatique



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE16D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

La commande des systèmes complexes s'articule généralement autour de deux niveaux :

- **La commande rapprochée**, qui pilote directement les actionneurs à partir des informations fournies par les capteurs par exemple.
- **L'ordonnancement/décision**, qui coordonne les différents éléments techniques (automatismes élémentaires, actionneurs, processus) afin d'assurer un fonctionnement cohérent et optimisé du système, en tenant compte des contraintes techniques.

L'objectif de ces travaux pratiques est d'illustrer cette structure décisionnelle à deux niveaux sur différents systèmes physiques, en mettant l'accent sur l'un ou les deux niveaux selon l'application.

Description

Cette série de travaux pratiques, composée de trois sujets, permettra aux étudiants d'acquérir les compétences suivantes :

I. Mise en œuvre de commandes rapprochées

Pour garantir le respect d'un cahier des charges en boucle fermée, l'étudiant apprendra à :

1. Modéliser un système en vue de la synthèse d'un correcteur discret ;
2. Analyser les contraintes liées à l'échantillonnage, notamment le choix de la période d'échantillonnage ;
3. Synthétiser des lois de commande numérique ;
4. Implémenter les commandes numériques sur un système physique (suspension magnétique commandé par ordinateur).

II. Ordonnancement des tâches et fiabilité d'un procédé de fabrication

À partir d'un réseau ferroviaire simplifié, cette manipulation permettra de :

1. Souligner l'intérêt d'une structure à plusieurs niveaux de commande pour la maîtrise de systèmes complexes ; Montrer l'importance de la modélisation des systèmes pour le niveau supérieur (décision) de la structure ;
2. Mettre en œuvre un algorithme d'optimisation du fonctionnement du réseau, visant à minimiser la durée totale de réalisation ;
3. Implémenter logiciellement cet algorithme à partir d'une méthode de base (algorithme de Ford) ; Illustrer la mise en forme des résultats à l'aide de diagrammes temporels de fonctionnement (exemple : diagramme de Gantt) ;
4. Aborder l'analyse de l'impact des contraintes sur la qualité de la solution élaborée dans la procédure d'optimisation.

Pré-requis obligatoires

N8EE16B - Graphes et ordonnancement

N8EE16A - Commande polynomiale

N8EE13C - Commande non linéaire

Réseau de Pétri



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE16E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Appréhender les concepts fondamentaux et terminologie des réseaux de Petri.
- Identifier et modéliser des systèmes à événements discrets
- Analyser les propriétés structurelles et comportementales des réseaux de Petri.
- Comprendre les limitations du modèle classique et le principe des extensions
- Prendre en main un logiciel graphique de modélisation, édition et analyse tel que TINA avec application à des systèmes concurrents et distribués

Description

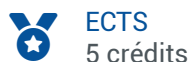
Dans ce cours sont étudiés les réseaux de Petri utilisés pour résoudre des problèmes dans des systèmes concurrents et distribués, où plusieurs processus ou événements se produisent simultanément et interagissent de manière complexe. Ils permettent de

modéliser et d'analyser des scénarios tels que la synchronisation de tâches, la gestion des ressources partagées, la détection de blocages, et la vérification de propriétés de sécurité et de vivacité dans des environnements dynamiques et imprévisibles.

Pré-requis obligatoires

- Algèbre linéaire
- Graphes

INGENIERIE DES RESEAUX ET DES SYSTEMES TEMPS-REELS



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE17
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Systèmes Informatiques Distribués	Matière				
Réseaux industriels	Matière				
Systèmes Temps réels	Matière				

Systèmes Informatiques Distribués



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE17A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Les systèmes informatiques actuels, qu'ils soient embarqués (avionique, automobile) ou non (systèmes de production par exemple), sont distribués, c'est-à-dire que les applications et les services sont mis en œuvre sur un réseau de calculateurs. La programmation distribuée peut

être définie comme un ensemble d'entités logicielles communicantes qui réalisent une fonction du système.

L'objectif de ce cours est de décrire et de mettre en pratique (1) les concepts de base de la programmation distribuée selon le modèle client-serveur, ainsi que (2) les principes de l'algorithmique distribuée.

Description

La programmation distribuée est illustrée en utilisant les BSD Sockets pour réaliser des applications client-serveur avec différents protocoles de communication, datagramme (UDP) et connecté (TCP). Différents modèles de serveur sont présentés, du serveur séquentiel en mode datagramme au serveur multi-threaded en mode connecté. Les différents modèles sont mis en œuvre dans un bureau d'étude sur un réseau de machines Linux.

La programmation distribuée est abordée selon la problématique de la diffusion fiable de messages vers un groupe de processus et la problématique du consensus.

Un bureau d'étude propose aux étudiants de mettre en œuvre un mécanisme de diffusion fiable et de l'utiliser dans une application peer-to-peer.

Pré-requis obligatoires

Une bonne connaissance de l'algorithmique, des protocoles sur réseau IP, de la programmation en C, des principes des systèmes d'exploitation, en particulier la pratique de Linux, sont nécessaires.

Réseaux industriels



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE17B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module présente les spécificités des architectures de réseaux dans le cadre d'applications devant respecter des contraintes temporelles. Il s'appuie sur un ensemble d'exemples significatifs de différents contextes applicatifs, en particulier l'automobile, l'aéronautique et l'espace.

Description

Des architectures de communication partagée sont utilisées depuis les années 80 pour les applications temps réel, pour remplacer les liens dédiés, beaucoup trop coûteux en terme de câblage et ne passant pas à l'échelle. Dans un premier temps, des solutions de type bus de terrain, dédiées à des contextes applicatifs particuliers, se sont imposées. Elles permettent la maîtrise des latences de communication, mais offrent le plus souvent un débit limité. Elles sont donc peu à peu remplacées par des solutions de type Ethernet temps réel, qui offrent un débit beaucoup plus important et une meilleure intégration du système dans son environnement. Le module se déroule de la manière suivante.

- Nous introduisons la problématique générale des communications temps réel et les différents paradigmes de communication utilisés.

- Nous étudions Controller Area Network (CAN), les méthodes d'analyse temporelles associées et les évolutions du protocole.
- Nous étudions le réseau Ethernet commuté avion (AFDX) avec un focus particulier sur l'analyse pire cas mise en œuvre par les industriels.
- Nous montrons les problèmes posés par le partage d'un réseau Ethernet temps réel entre des flux avec différents niveaux de criticité. Nous présentons la solution Ethernet TSN.
- Nous présentons les technologies Mil-Std-1553 et Spacewire utilisées dans le domaine spatial.

Systèmes Temps réels



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE17C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Les systèmes informatiques critiques sont omniprésents dans notre quotidien. Ils contrôlent nos voitures, pilotent nos avions, distribuent notre électricité, ... Ces systèmes sont dits critiques car leur défaillance peut entraîner des conséquences dramatiques que ce soit d'un point de vue financier, matériel ou humain. Les systèmes critiques doivent donc offrir des garanties fortes quant à la correction de leur exécution, et satisfaire certaines exigences de réactivité.

Nous verrons comment un système d'exploitation temps-réel peut aider à offrir ces garanties. Nous présenterons des méthodes d'analyse rigoureuses permettant de garantir la réactivité du système. Nous montrerons aussi comment ces résultats peuvent être utilisés pour

aider au dimensionnement optimal du système.

Description

Dans une première partie, le module s'intéressera aux méthodes classiques permettant un partage cohérent d'un processeur entre plusieurs tâches. Cette problématique sera abordée au travers de la réalisation d'un ordonnanceur de tâches simple et implémentable sur

un micro-contrôleur de type Arduino. Nous présenterons ainsi les spécificités d'un système d'exploitation temps réel destiné aux systèmes embarqués critiques et en particulier les algorithmes d'ordonnancement temps réel. Grâce à ces algorithmes, l'analyse d'ordonnabilité du système est possible, ce qui permet de prouver formellement la correction de la réactivité du système.

Dans une deuxième partie, nous présenterons le standard OSEK/VDX, très utilisé dans les OS temps réel du secteur automobile et qui est le fondement du standard AUTOSAR. Les concepts seront manipulés en bureau d'étude dans un contexte embarqué avec l'OS temps réel

Trampoline RTOS.

Pré-requis obligatoires

Une bonne connaissance de l'algorithmique, de la programmation en C, des principes des systèmes d'exploitation, en particulier la pratique de Linux, sont nécessaires.

Semestre 8 - Parcours Systèmes Mécatroniques (SM)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

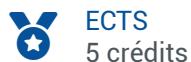
En bref

- **Code Ametys:** M8FPAGMW
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE				5 crédits
Espace d'état	Matière				
Systèmes non linéaires	Matière				
Commande non linéaire	Matière				
TP Automatique	Matière				
COMMANDE NUMERIQUE	UE				5 crédits
Commande numérique	Matière				
Projet Commande Numérique	Matière				
Automatismes industriels	Matière				
TP Automatismes	Matière				
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE				5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / élémts concept° CVS-Machines	Matière				
Commande des convertisseurs	Matière				
Commande des machines	Matière				
Projet chaine de traction ZOE	Matière				
MATERIAUX POUR L'ACTIONNEMENT	UE				5 crédits
Matériaux	Matière				
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière				
Méthodes éléments finis	Matière				
Approche Lagrangienne des systèmes électromécaniques	Matière				
OUTILS ANALYTIQUES ET PHYSIQUE DE LA MECATRONIQUE	UE				5 crédits
Optimisation et conception optimale des systèmes	Matière				
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière				
Modélisation des syst. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière				
Thermique et Mécanique des fluides	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

MATERIAUX POUR L'ACTIONNEMENT



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE24
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Matériaux	Matière				
Matériaux Intelligent électroactifs	Matière				
Méthodes éléments finis	Matière				
Approche Lagrangienne des systèmes électromécaniques	Matière				

Méthodes éléments finis



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE20D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Résolution approchée des équations aux dérivées partielles par la méthode des éléments finis, sur des problèmes physiques fréquemment rencontrés par les ingénieurs électroniciens.

Description

Principes des éléments finis

formulation variationnelle

fonctions de bases et discrétisation

maillages 1D et 2D

résolution.

BE d'application à l'aide de la PDE toolbox matlab sur des problèmes liés à l'électronique (physique du semi-conducteur, guide d'ondes)

Pré-requis obligatoires

Cours EDP par différences finis 1ère année EEEA.

Approche Lagrangienne des systèmes électromécaniques



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE24A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Pouvoir établir simplement la loi de comportement d'un système complexe grâce à la mécanique Lagrangienne.

Description

- Avantages de la mécanique Lagrangienne :
Elle permet d'établir la loi de comportement d'un système en analysant les échanges d'énergie de ce dernier avec l'extérieur contrairement à la mécanique Newtonienne qui permet d'établir la loi de comportement d'un système en analysant les efforts qui s'appliquent sur chacun des solides qui le composent. Ainsi :
 - Pas besoin de manipuler tous les efforts qui n'échangent pas d'énergie avec le système comme, par exemple, les efforts de liaison. Ceci permet de simplifier l'étude des systèmes complexes à grand nombre de solides (et donc de liaisons).
 - L'approche énergétique permet de traiter des systèmes multiphysiques.

- Il s'agit d'une approche scalaire (énergies) plutôt que vectorielle (efforts).
- Plus besoin d'isoler chaque solide.
- Contenu du cours : (6 créneaux de cours, 1 créneau de TD)
- Rappel des notions principales de mécanique (repères, forces, moments, liaisons cinématiques...).
- Rappel des principes de la mécanique Newtonienne (PFD).
- Présentation des concepts utilisés en mécanique Lagrangienne (mobilité d'un système, coordonnées généralisées, énergies).
- Présentation des équations de mécanique Lagrangienne à partir des équations de mécanique Newtonienne.
- Présentation du concept de mobilité virtuelle.
- Ajustement des équations afin de pouvoir traiter des problèmes

électromécaniques.

Les cours se feront au tableau et devront être recopiés par les étudiants.

OUTILS ANALYTIQUES ET PHYSIQUE DE LA MECATRONIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE25
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Optimisation et conception optimale des systèmes	Matière				
Conception optimale d'un actionneur pour tuyère de fusée	Matière				
Modélisation des syt. électromagnétiques P/calcul analytique	Matière				
Thermique et Mécanique des fluides	Matière				

Optimisation et conception optimale des systèmes



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE21A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- A l'issue de ce cours les étudiants auront assimilé l'approche de formulation d'un problème d'optimisation sous contrainte en vue de sa résolution.
- Ils seront capables de décrire le problème en terme de fonction objectif sous contraintes et d'utiliser des outils numériques pour sa résolution optimale.

Description

- illustration de problèmes de design formalisés comme des problèmes d'optimisation avec contraintes
- Rappels sur l'optimisation sans contrainte : Théorèmes Mathématiques et Algorithmes de Gradient, Gradient à pas optimal, Newton et quasi-Newton.
- Optimisation avec contraintes de bornes sur les variables : premier algorithme simple de projection
- Formalisation mathématiques des problèmes d'optimisation avec contraintes.

- Présentation des méthodes de Pénalisation
- Définition de la fonction de Lagrange
- Théorème KKT (Karush-Khun-Tucker)
- Algorithme d'Uzawa, Active-set, SQP, algorithme des points intérieurs

Semestre 8 - Parcours Systèmes Electriques du Futur (SEF)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

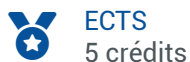
En bref

- **Code Ametys:** M8FPCGCR
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SYSTEMES AUTOMATIQUES ET NON LINEAIRES	UE				5 crédits
Espace d'état	Matière				
Systèmes non linéaires	Matière				
Commande non linéaire	Matière				
TP Automatique	Matière				
COMMANDE NUMERIQUE	UE				5 crédits
Commande numérique	Matière				
Projet Commande Numérique	Matière				
Automatismes industriels	Matière				
TP Automatismes	Matière				
ARCHITECTURES ET COMMANDES DES SYSTEMES ELECTRIQUES	UE				5 crédits
Dimensionnement moteur vh élec. / élémts concept° CVS-Machines	Matière				
Commande des convertisseurs	Matière				
Commande des machines	Matière				
Projet chaine de traction ZOE	Matière				
MISE EN OEUVRE CELLULES DE COMMUTATION	UE				5 crédits
Mécanismes de Commutation dans les CVS	Matière				
Thermique	Matière				
Projet commande rapprochée des CVS	Matière				
ENERGIES RENOUVELABLES ET FACTS	UE				5 crédits
Introduction aux FACTS	Matière				
Energie renouvelables : éolien et photovoltaïque	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

MISE EN OEUVRE CELLULES DE COMMUTATION



En bref

- **Code Ametys:** N8EE18
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Mécanismes de Commutation dans les CVS	Matière				
Thermique	Matière				
Projet commande rapprochée des CVS	Matière				

Mécanismes de Commutation dans les CVS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE18A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir choisir et dimensionner un composant semi-conducteur de puissance. Savoir interpréter les formes d'ondes de commutation. Savoir élaborer un modèle simple capable de rendre compte du comportement dynamique en commutation. Connaître les principales techniques de réduction des contraintes de commutation (subies ou émises) et de réduction des pertes au niveau circuit de puissance, composant et circuit de commande rapprochée (driver).

Description

En principe, cet enseignement suit le plan suivant :

- présentation des mécanismes physiques mis en jeu et des technologies de semi-conducteurs de puissance : unipolaire, bipolaire, HEMT 2DEG, substrat Si, SiC, GaN, nouveaux matériaux et composants hybrides avancés. Technologies actuelles grand-gap et futures ultra-grand-gap.
- rappel des fondamentaux de la commutation sur cellule DC/DC. Introduction du vocabulaire et des définitions.

- élaboration du modèle statique et dynamique par éléments de circuits équivalents du transistor MOSFET et IGBT. Cas du RC-IGBT. Introduction du modèle de la diode à jonction PN et de la diode à barrière Schottky. Approfondissement sur la modélisation non-linéaire des capacités structurelles. Analyse de la conduction en inverse 3^{ème} quadrant du MOSFET.
- application de la conduction inverse du MOSFET en DC/DC "synchronous buck" et AC/DC "redressement synchrone".
- analyse de la commutation "dure" : modélisation du di/dt , dv/dt , des oscillations et degrés de liberté sur compromis pertes – EMI. Sur-courant, sur-tension et oscillations : techniques de réduction. Lien avec le cours de 3A – Fiabilité.
- volet technologique : réduction de l'inductance parasite de maille de commutation par circuit de puissance busbar sur "plaques" ou sur PCB multi-couches. Réduction de la maille de grille. Introduction à l'intégration de puissance.
- principes de la commutation "adoucie" (snubber) et auxiliaires de commutation.
- exemple de convertisseur dit quasi-résonnant.
- introduction à la commutation "douce" : convertisseurs DC/DC sur filtre LC à large ondulation. Propriétés, avantages – inconvénients et domaines d'application.
- lien avec les topologies DC/AC : MLI commutation "dure" et pleine onde commutation "douce" (introduction au cours 3A CERE).

Deux séances de TD suivent le dernier cours et permettent aux étudiants de s'exercer à l'analyse des formes d'ondes de commutation sur PLECS et à l'utilisation des degrés de liberté sur le gate-driver pour satisfaire à des compromis entre réduction des pertes par commutation et maîtrise des contraintes dynamiques (di/dt , dv/dt).

Pré-requis obligatoires

Cours 1A et spécialisation en électronique de puissance.

Thermique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE18B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de cet enseignement et du Bureau d'étude qui l'accompagne, les étudiants seront capables de produire le modèle nodale d'un problème de thermique.

Le BE décomposé en deux parties permet également d'utiliser des outils numériques pour mener à bien le dimensionnement du système de refroidissement d'un convertisseur d'électronique de puissance.

Description

Plan du cours:

- Rappels de thermique – Equation de la chaleur – Conduction
 - Convection
- Rayonnement
- Méthode nodale
- Thermique des semiconducteurs

- Recherches actuelles et perspectives

5 créneaux de cours magistraux sont suivis d'un bureau d'étude au cours duquel les étudiants vont pouvoir mettre en pratique les méthodes de modélisation et différents outils numériques.

Le compte-rendu du BE sert d'évaluation pour ce module.

Projet commande rapprochée des CVS



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE18C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Maîtriser les contraintes temps réel liées au pilotage numérique d'un convertisseur statique (Cellule de commutation)
Découvrir et mettre en œuvre des composants FPGA et Processeur SoC SoftCore
Découvrir et mettre en œuvre des architectures de calcul avec contraintes temporelles fortes (qq 10us)
Mettre en place et expérimenter des lois de commande numérique avec le Processeur et le FPGA
Mettre en œuvre un lien DCPFC utilisant deux cellules de commutation avec les techniques et outils proposés

Description

Le pilotage d'une cellule de commutation fait apparaître un certain nombre de difficultés principalement dû au fait d'une part que ces systèmes traitent une puissance non négligeable (plusieurs kWatts) et d'autre part que les interrupteurs de puissance de la cellule commutent à des fréquences élevées (plusieurs dizaines de kHz). Dans un environnement fortement contraint temporellement, il est proposé de réaliser la commande numérique du courant dans une cellule de commutation.

Pré-requis obligatoires

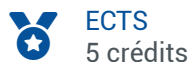
N5EE03-Conception des systèmes Logiques

N5EE02- Eléments de base de l'algorithmique, programmation et architecture des ordinateurs

N7EE01- Architecture et développement de systèmes informatiques

N8EE14- Commande Numérique

ENERGIES RENOUVELABLES ET FACTS



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE19
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Introduction aux FACTS	Matière				
Energie renouvelables : éolien et photovoltaïque	Matière				

Introduction aux FACTS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE19A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les principes de contrôle de puissance réactive dans les réseaux de transport d'énergie électrique .

Description

Cet enseignement est une introduction aux dispositifs électroniques de puissance pour le contrôle de la puissance réactive dans les réseaux de transport d'énergie électrique. Les principes des compensations parallèle et série sur les lignes électriques sont présentés. Les réalisations à base de réactances contrôlées par thyristors et par gradateurs à découpage sont présentées.

Pré-requis obligatoires

Méthodes de modélisation et d'étude des réseaux de transports d'énergie électrique.

Energie renouvelables : éolien et photovoltaïque



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE19B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Découvrir les deux technologies renouvelables de production d'électricité, le photovoltaïque et l'éolien

Description

Cet enseignement présente les aspects technico-économiques du photovoltaïque et de l'éolien.

Photovoltaïque : de la cellule photovoltaïque au système, rayonnement solaire, conversion photovoltaïque, panneaux photovoltaïques, centrales de production, coût, impact environnemental.

Eolien : Caractérisation de la ressource éolienne (le vent), effets d'altitude et de sillage, éléments théoriques (limite de Betz) sur le productible éolien et sur l'efficacité énergétique des aérogénérateurs ; du contrôle mécanique par réglage des pâles aux zones de fonctionnement du démarrage à l'arrêt en sécurité.

Constitution des aérogénérateurs électriques : nacelles avec et sans multiplicateur de vitesse.

Compétences visées

Savoir dimensionner diverses centrales photovoltaïques (autoconsommation, ombrières, centrales au sol). Choix du matériel. Évaluation coût, rentabilité, TRI

Aborder les premiers éléments de conception des chaînes éoliennes selon leur taille et leur technologie

Bibliographie

Fundamentals of Solar Cells and Photovoltaic Systems Engineering 1st Edition - June 8, 2024, Editor: Marta Victoria, Language: English Paperback ISBN: 9780323961059

 <http://www.photovoltaique.info>

B. Multon, X. Roboam, B. Dakyo, C. Nichita, O. Gergaud, H. Ben Ahmed, "Aérogénérateurs électriques", Techniques de l'ingénieur D3960, Novembre 2004

Semestre 8 - Parcours Intelligence Artificielle Traitement de l'Information (IATI)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8FPDU2A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE				5 crédits
Algèbre linéaire avancée	Matière				
Analyse hilbertienne	Matière				
Optimisation sous contraintes	Matière				
ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière				
Technologie FPGA	Matière				
DSP	Matière				
TRAITEMENT DE L'IMAGE ET MODELISATION	UE				5 crédits
Projet Image	Matière				
Traitement d'images	Matière				
Modélisation	Matière				
Parcours au Choix Approfondissement IATI	Bloc				10 crédits
Approfondissement SIA	Choix				
SIGNAL-METHODES AVANCEES PARC. SIA	UE				5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				
Problèmes inverses	Matière				
FONDEMENT DE L'IA	UE				5 crédits
Théorie de l'information	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				
Statistique - méthodes avancées	Matière				
Statistiques computationnelles	Matière				
Approfondissement TSE	Choix				
SIGNAL-MET. AVANCEES TSE	UE				5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				
INTRODUCTION A L'IA	UE				5 crédits
Introduction générale à l'IA : première intégration matérielle	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 4	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Sem.8	Matière				
LV2-2è Année-Sem.8	Choix				
EPS-2A-Sem.8	Matière				
Careers and Management - Sem.8	Choix				

ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMERIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLK4D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception synchrone des Systèmes Numériques	Matière				
Technologie FPGA	Matière				
DSP	Matière				

DSP



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EE03D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre l'architecture et la spécificité d'un DSP par rapport à un microcontrôleur classique
- Maîtriser les outils et langages de programmation.
- Comprendre la nécessité d'optimisation de code pour l'implémentation sur cible embarquée.

Description

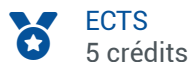
Ce cours est divisé en deux parties : Cours et Travaux pratiques. Le cours permettra d'aborder la place d'un Digital Signal Processor (DSP) au sein de la chaîne de traitement du signal. Dans un second temps, les étudiants aborderont les spécificités matérielles et logicielles d'un DSP. Une dernière partie du cours est dédiée aux différents langages de programmation d'un DSP (C et Assembleur) . La partie travaux pratiques est divisée en 4 séances de 3h45. La première partie est dédiée à la maîtrise du logiciel de développement. Dans un second temps, les étudiants auront à mettre en œuvre une modulation FSK sur une cible embarquée.

Pré-requis obligatoires

· Langages C et assembleur

Architecture et programmation des Microcontrôleurs

TRAITEMENT DE L'IMAGE ET MODELISATION



 Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLLP8
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Projet Image	Matière				
Traitement d'images	Matière				
Modélisation	Matière				

Projet Image



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLLTC
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du projet image est d'approfondir un sujet vu en cours de traitement d'images (par exemple la segmentation, la restauration, la manipulation des couleurs), et d'implémenter un algorithme assez récent qui répond à une de ces problématiques.

Traitement d'images



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EN11A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Introduction des principaux traitements d'images numériques: analyse de l'histogramme, convolution linéaire et non-linéaire, filtrage gaussien, détection de contours, segmentation non supervisée et construction de superpixels afin que chaque étudiante et étudiant possède une vue d'ensemble des techniques classiques existantes.
- 2) Découverte guidée des approches les plus classiques de segmentation en travaux pratiques comme les k-moyennes.

Infos pratiques

Contacts

Sylvie CHAMBON

☎ 2178

✉ sylvie.chambon@enseeiht.fr

Modélisation



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8EN11B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Apprentissage de la mise en oeuvre d'une chaîne complète de rendu en travaux pratiques.
- 2) Mise en pratique d'une méthode d'analyse de forme en 2D : de la détection de son squelette à la reconstruction 3D de la forme.

Pré-requis obligatoires

De bonnes connaissances en algèbre linéaire, optimisation et probabilités faciliteront le suivi de ce cours.

Infos pratiques

Contacts

Geraldine MORIN

☎ 2170

✉ Geraldine.Morin@enseeiht.fr

Parcours au Choix Approfondissement IATI



ECTS

 10 crédits



Composante

 École Nationale

 Supérieure

 d'Électrotechnique

 d'Électronique

 d'Informatique

 d'Hydraulique

 et des

 Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLE8M
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Approfondissement SIA	Choix				
SIGNAL-METHODES AVANCEES PARC. SIA	UE				5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				
Problèmes inverses	Matière				
FONDEMENT DE L'IA	UE				5 crédits
Théorie de l'information	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				
Statistique - méthodes avancées	Matière				
Statistiques computationnelles	Matière				
Approfondissement TSE	Choix				
SIGNAL-MET. AVANCEES TSE	UE				5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				
INTRODUCTION A L'IA	UE				5 crédits
Introduction générale à l'IA : première intégration matérielle	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				

Approfondissement SIA



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLECN
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SIGNAL-METHODES AVANCEES PARC. SIA	UE				5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				
Problèmes inverses	Matière				
FONDEMENT DE L'IA	UE				5 crédits
Théorie de l'information	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				
Statistique - méthodes avancées	Matière				
Statistiques computationnelles	Matière				

SIGNAL-METHODES AVANCEES PARC. SIA



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLEGK
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				
Problèmes inverses	Matière				

Représentation et analyse des signaux



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLEMK
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Se placer dans un espace transformé permet de mettre en évidence des caractéristiques particulières du signal. Le cours a pour but de présenter la diversité des outils de représentations des signaux déterministes ou aléatoires et l'usage que l'on peut en faire en matière de décision, d'analyse, de compression...

Description

- Les différentes classes de signaux
- Rappel des représentations classiques (corrélations, densités spectrales)
- Décomposition sur des bases de fonctions (Fourier, Haar, Hadamard, ...)
- Représentations temps-fréquence (Transformée de Fourier glissante, distributions d'énergie - classe de Cohen : Wigner-Ville,...)

· Représentations temps-échelle (transformée en ondelette continue décompositions en ondelettes orthogonales, bi-orthogonales, frames, analyse multirésolution).

Pré-requis obligatoires

- N5EE01A - Intégration
- N5EE01B - Variable complexe
- N6EE02A - Traitement du signal
- N6EE02B - Traitement numérique du signal

Filtrage optimal



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLERZ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les solutions de filtrage optimal et savoir en implémenter les versions adaptatives.

Description

- Les différents problèmes traités : identification, inversion, annulation de bruit, prédiction
- Filtre optimal de Wiener
- Algorithme du gradient stochastique
- Filtre optimal au sens des moindres carrés
- Algorithme des moindres carrés récurrents
- Algorithme de Kalman

Pré-requis obligatoires

- N5EE01C - Probabilités
- N6EE01A - Calcul différentiel et optimisation
- N6EE02A - Traitement du signal
- N6EE02B - Traitement numérique du signal

Analyse multivariée



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLEYQ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du présent cours est d'introduire les techniques de base pour l'analyse quantitative de données multivariées, avec un accent particulier sur les techniques utiles pour le traitement du signal et l'apprentissage automatique. Les méthodes qui vont nous intéresser dans ce contexte sont de nature à la fois statistique et algébrique.

À l'issue du cours, l'étudiant-e pourra expliquer les principes des techniques abordées, les distinguer, les appliquer en pratique et en choisir une qui soit appropriée pour une application donnée.

Description

La partie initiale du cours comprend des rappels en algèbre linéaire (décomposition spectrale, décomposition en valeurs singulières) et en probabilités et statistiques (vecteur aléatoire, matrice de covariance, moments empiriques), ainsi qu'une introduction au problème d'approximation de rang faible d'une matrice. Ensuite, nous donnons une formulation statistique à la technique d'analyse en composantes principales (PCA), et puis nous étudions ses propriétés et les aspects pratiques liés à son utilisation. Enfin, nous introduisons le problème d'analyse en composantes indépendantes (ICA), pour ensuite décrire quelques approches classiques

(maximisation de la kurtosis, maximisation de la néguentropie, minimisation de l'information mutuelle) et des algorithmes basiques qui en découlent.

Pré-requis obligatoires

- algèbre linéaire et analyse matricielle (décomposition spectrale, décomposition en valeurs singulières, normes de Frobenius et spectrale d'une matrice)
- probabilités et statistiques (vecteurs aléatoires, leurs moments théoriques et empiriques)

Problèmes inverses



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLF5J
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir identifier un problème inverse, comprendre la notion de problème mal-posé ou de problème mal-conditionné, comprendre l'intérêt de la régularisation, maîtriser quelques méthodes de régularisation, formuler une régularisation dans un contexte bayésien

Description

Plan du cours

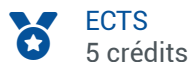
- Exemple introductif : déconvolution de signaux parcimonieux
- # modélisation direct
- # inversion naïve et solutions des moindres carrés
- # régression parcimonieuse (MP, OMP)
- Caractérisation des problèmes inverses

- # problèmes mal-posés
 - # conditionnement
 - # solutions basés sur la SVD
 - Régularisation/pénalisation
 - # formulation pénalisées et contraintes
 - # régularisations de Tikhonov
 - # régularisation parcimonieuses
 - Formulation probabiliste
 - # inversion et estimation
 - # cas linéaire gaussien
 - # régularisation bayésienne
-

Pré-requis obligatoires

- traitement (numérique) du signal
- algèbre linéaire
- probabilités
- statistiques (estimation)
- statistiques avancées (estimation bayésienne)

FONDEMENT DE L'IA



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLFTA
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Théorie de l'information	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				
Statistique - méthodes avancées	Matière				
Statistiques computationnelles	Matière				

Théorie de l'information



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLFZM
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Introduire les concepts fondamentaux en théorie de l'information, à savoir, l'entropie, l'entropie relative et l'information mutuelle.

Pré-requis obligatoires

Probabilités de première année.

Introduction au deep learning



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLG5B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours a pour objectif d'introduire les notions fondamentales qui sont à la base de l'apprentissage automatique, et plus particulièrement de l'apprentissage profond. Un second objectif est de familiariser les élèves avec les bibliothèques numpy et pytorch de python, largement utilisées dans l'académie et l'industrie pour l'apprentissage automatique.

Description

Cette matière se décline sous la forme d'une séance de cours (CM) suivie de trois séances de cours-TP (CTP) combinant l'exposition des concepts à des exemples pratiques sur jupyter. La séance CM fournit les éléments de base pour comprendre l'apprentissage automatique (données, hypothèses, risque statistique, risque empirique, fonction de perte, ...), et en particulier le paradigme d'apprentissage supervisé, sur lequel se focalise ce cours. Ensuite, la première séance CTP permet la prise en main de numpy avec une implémentation d'une couche classique (MLP) d'un modèle d'apprentissage profond (réseau de neurones), et de son entraînement. Le deuxième CTP se focalise sur l'entraînement d'un modèle profond, les techniques de régularisation et leur lien avec la capacité de généralisation du modèle. Nous introduisons dans le troisième CTP les réseaux de neurones convolutifs (CNN) et leur motivation, ainsi que leur implémentation en pytorch.

Pré-requis obligatoires

- algèbre linéaire et analyse matricielle (dérivées d'une fonction multivariée)
- optimisation (descente du gradient)
- probabilités et statistiques
- traitement du signal (convolution, filtres linéaires)
- programmation en python

Statistique - méthodes avancées



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLGBT
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Introduire des modélisations et des méthodes statistiques avancées.

Description

Plan du cours

- chaînes de Markov
- estimation bayésienne
- modèles de régression

Pré-requis obligatoires

- algèbre linéaire

- probabilités
- statistiques (estimation du maximum de vraisemblance)

Statistiques computationnelles



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLGGK
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Introduire les principaux algorithmes d'estimation.

Description

Plan du cours

- algorithme expectation-maximization
- algorithmes de Monte Carlo
- approximation variationnelle

Pré-requis obligatoires

- algèbre linéaire

- probabilités
- statistiques (estimation)
- statistiques avancées (chaînes de Markov, estimation bayésienne)

Approfondissement TSE



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

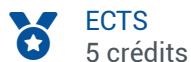
En bref

- **Code Ametys:** M34HLHRO
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SIGNAL-MET. AVANCEES TSE	UE				5 crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				
INTRODUCTION A L'IA	UE				5 crédits
Introduction générale à l'IA : première intégration matérielle	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				

SIGNAL-MET. AVANCEES TSE



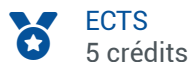
En bref

- **Code Ametys:** M34HLHWD
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Représentation et analyse des signaux	Matière				
Filtrage optimal	Matière				
Analyse multivariée	Matière				

INTRODUCTION A L'IA



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLIJQ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Introduction générale à l'IA : première intégration matérielle	Matière				
Introduction au deep learning	Matière				

Introduction générale à l'IA : première intégration matérielle



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HLINC
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître l'histoire de l'Intelligence Artificielle (IA) et ce qui explique son essor.
- Connaître les différentes catégories d'IA, d'apprentissage automatique et profond.
- Être conscient des limites de l'IA et des difficultés de développement (notamment liés aux bases de données)
- Connaître différents algorithmes d'IA avec leurs avantages et leurs inconvénients.
- Développer une base de données cohérente et complète pour le développement d'un modèle embarqué (réalisé au semestre précédent).

Description

- La matière comporte 7hde cours magistral, et 21h de projet. Elle est évaluée par un rapport sur le projet.
- Le cours magistral présente les notions décrites dans les objectifs d'un point de vue théorique.

- Le projet permet de prendre conscience de la difficulté de créer une base de données, même pour une application relativement simple. Il permet également de prendre en main des outils et du matériel pour le développement de modèles d'IA embarqués sur cible matérielle contrainte.

Pré-requis obligatoires

Pour le projet, maîtrise du C pour les systèmes embarqués (μ C) et du Python

Semestre 9 - Parcours INTégration de SYStèmes (INSYS)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

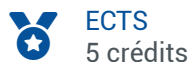
En bref

- **Code Ametys:** M8FQG5ZK
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				
1er Approfondissement	Choix				5 crédits
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière				
Projet ASIC analogique	Matière				
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE				5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière				
Test des circuits et simulation de faute	Matière				
2nd Approfondissement	Choix				5 crédits
POWER MANAGEMENT	UE				5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière				
MOSFET Driver Circuits	Matière				
EMC for SMPS	Matière				
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

SYSTEMES ANALOGIQUES-RF



En bref

- **Code Ametys:** M34HPMMF
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				

Composants et Circuits Optoélectroniques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE04B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Comprendre les ressorts des choix technologiques permettant la réalisation de systèmes de communication sur fibre optique à haut débit de données.

Être capable de concevoir un système de communication haute fréquence sur fibre optique.

Analyser les limites en performance des systèmes de communication sur fibre et identifier les éléments limitants.

Description

Ce cours présente les dernières évolutions pour les systèmes optoélectroniques dans le domaine des hautes fréquences avec un focus sur les applications télécos courtes distance telles que la norme 10Gb ethernet. La modélisation des composants essentiels à ces systèmes : diode laser, photodiode, modulateur électro-optique, etc. est présentée en détail. La conception de circuits dédiés à la modulation haute-fréquence des diodes laser et à l'amplification des signaux photodétectés est permet d'envisager dans une approche système la conception d'une système de communication dans le domaine GHz.

Pré-requis obligatoires

Connaissances sur les composants semi-conducteur pour l'optique

Connaissances sur les télécommunications à fibre optique (structure d'une fibre optique, atténuation et dispersion).

Connaissances de bases sur le bruit en électronique

Synthèse de Filtre



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE06C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce projet, les étudiants seront en mesure de :

- définir les spécifications de filtres répondant aux contraintes globales d'un multiplexeur hyperfréquences
- établir et analyser la matrice de couplage associée à chacun des filtres.
- définir et développer la topologie de filtre répondant aux spécifications.
- déterminer et simuler l'architecture globale du multiplexeur.
- analyser les performances et proposer des méthodes de conception et de corrections

Description

Cet enseignement est un apprentissage par projet de conception de multiplexeurs hyperfréquences à partir de la détermination de matrices de couplage.

Pré-requis obligatoires

Cours «Filtrage analogique» - 2° année EEEA, parcours Electronique

TP ADS, N7EE06D - 2° année EEEA, parcours Electronique

Photonique intégrée



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HPMTN
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes fondamentaux de la propagation guidée de la lumière en milieu intégré.
- Analyser et concevoir les structures élémentaires de la photonique intégrée (edge coupler, grating coupler, filtres optiques, interféromètre de Mach-Zehnder, résonateurs microrings, réseau de guides d'ondes arrayed waveguide grating, modulateurs...).
- Savoir Utiliser des outils de simulation avancés (EME, FDTD 2D, 3D) pour la modélisation et l'optimisation de composants photoniques intégrés.
- Concevoir un réfractomètre intégré pour la détection de biomolécules en utilisant des logiciels de simulation adaptés.
- Interpréter et analyser les résultats de simulation pour évaluer les performances des dispositifs conçus.
- Rédiger un rapport de conception détaillé présentant la méthodologie, les choix de conception et les performances du dispositif.

Description

1. Introduction à la photonique intégrée

- Rappel des principes de base de l'optique guidée : équations de propagation, modes guidés, dispersion.

- Notion d'indice effectif, indice de groupe
- Comparaison des principales plateformes de photonique intégrée (Silicium, SiN...).
- Comparaison fibre optique / photonique intégrée

2. Structures fondamentales et composants passifs

- Couplage optique : edge coupler, grating coupler.
- Structure passive: Guide optique simple, Guide optique courbe, Y-splitter, Multi-Mode Interferometer, coupleur directionnel
- Interféromètres et filtres optiques : Mach-Zehnder Interferometer (MZI), anneaux résonants (microring resonator), réseaux de guides d'ondes (AWG).

3. Composants actifs et modulateurs

- Principe des modulateurs optiques : modulateurs électro-optiques, thermo-optiques et acousto-optiques.
- Détection et conversion opto-électronique.

4. Outils et techniques de simulation

- Introduction aux méthodes de simulation : méthodes EME (Eigenmode Expansion), FDTD (Finite-Difference Time-Domain).
- Prise en main des logiciels de simulation et paramétrage des structures photoniques.

5. Bureau d'étude : conception d'un réfractomètre intégré

- Spécifications du projet : détection de biomolécules via un changement d'indice de réfraction.
- Conception et optimisation de la structure à l'aide des logiciels de simulation.
- Analyse des performances et validation du dispositif.
- Rédaction d'un rapport de conception détaillé.

Pré-requis obligatoires

- Electromagnétisme
- Propagation guidée
- Optoélectronique
- TP Optoélectronique

Internet des objets



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE06D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Avoir une idée précise du rôle des systèmes électroniques dans IoT. Se familiariser avec la norme ISO/IEC14443 comme une illustration des IoT, et ses besoins en conception et réalisation de sa couche physique.

Description

- 1) Généralités sur IoT: Histoire et évolution – architecture – applications
- 2) Données dans IoT : Codage – Modulation – Intégrité des données – Sécurité des données – choix en fonction des applications
- 3) Exemple des systèmes IoT : NFC (Fréquence/portée/application – Standards NFC – Exemple ISO/IEC14443 – Solutions proposées par NXP)

4) Couche physique et exemples de conception électronique : circuit de couplage inductif pour applications HF – problématique d'alimentation des tags passifs – adaptation d'antenne – bilan des puissances

Pré-requis obligatoires

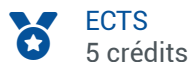
Signaux électroniques analogiques/numériques/radio fréquence

Codage et modulation des signaux

Circuits analogiques et radio fréquence

Electromagnetisme/ paramètres S/Adaptation d'antenne

SYSTEMES NUMERIQUES



 Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HP010
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Statégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				

Stratégie de synthèse



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE05A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Connaître les principes fondamentaux de la microélectronique et les étapes clés de la fabrication des circuits intégrés (analogiques, numériques, mixtes) et leurs applications .
- Maîtriser les concepts et structures fondamentales du langage **VHDL** pour la description matérielle.
- Écrire, simuler et implémenter des modules en VHDL en tenant compte des contraintes matérielles.
- Comprendre le lien direct entre le code et le matériel.
- Comprendre les notions de timing, métastabilité et asynchronisme
- Connaître les techniques pour gérer les asynchronismes
- Concevoir un banc de test (*Testbench*) et effectuer des simulations/debugging pour vérifier la fonctionnalité des circuits.
- Réaliser la synthèse et le routage de circuits, en analysant les performances et optimisant l'architecture en fonction des besoins.
- Comprendre les compromis **puissance/performance/cible** et les stratégies d'optimisation des circuits numériques.

Description

Première partie : Vision globale du monde de la microélectronique (2h - Cours magistral)

- **Introduction à la microélectronique**
 - Principes de base et rôle dans l'industrie électronique.
 - Évolution historique et avancées technologiques.
- **Présentation des matériaux et composants clés**
 - **Wafer** : fabrication et rôle dans la conception des circuits.
 - **Masques et boîtiers** : processus de fabrication et impact sur les performances.
 - **Types de circuits intégrés** : analogiques, numériques, mixtes (exemples et applications).
- **Présentation des structures et contraintes de base du VHDL**
- **Présentation du projet**

Deuxième partie : Introduction et approfondissement du langage VHDL (TP – 3 sessions de 4h)

TP1 – Introduction aux structures de base (4h)

- Compréhension et modélisation de composants clés (**RAM, ROM, DSP...**).
- Utilisation des structures génériques (**génériques, constantes, bus complexes**).

TP2 – Simulation et implémentation (4h)

- Création et validation d'un **Testbench**.
- Simulation et **debugging** des circuits numériques.
- Introduction aux notions de **timing (Setup/Hold)** et contraintes associées.

TP3 – Synthèse et optimisation (4h)

- Processus de **synthèse** et **routage** sur FPGA/ASIC.
- Analyse des performances et stratégies d'optimisation.
- **Tradeoff puissance/performance/cible** : découpage, parallélisation, mutualisation des ressources.

Troisième partie : Notion de timing, métastabilité et asynchronisme (2h - Cours magistral; TP – 1 sessions de 4h)

TP4 – Timing, métastabilité et asynchronisme (4h)

- Les contraintes de flux de données et les asynchronismes
- Les notions de violations de timing et métastabilité
- **Les techniques pour gérer les asynchronismes**

CEM pour circuits intégrés



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HPOT5
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes fondamentaux de la compatibilité électromagnétique (CEM) appliquée aux circuits intégrés.
- Identifier et analyser les mécanismes de couplage électromagnétique dans les circuits intégrés.
- Maîtriser les unités et concepts de base associés aux mesures en CEM.
- Interpréter l'utilisation des bandes de fréquence en fonction des applications et des réglementations.
- Analyser les signaux dans le domaine temporel (théorie du signal carré) et dans le domaine fréquentiel (mesure de puissance).
- Classifier les broches des circuits intégrés en fonction des exigences CEM et des normes de conformité.
- Appréhender les principales normes CEM pour l'automobile (IEC, ISO) et leurs spécifications.
- Comprendre le processus de certification et les tests de conformité associés aux circuits intégrés.

Description

1. Introduction à la CEM

- Définition et enjeux de la compatibilité électromagnétique.

- Contexte d'application aux circuits intégrés.

2. Mécanismes de couplage électromagnétique

- Couplage capacitif, inductif, rayonné et conduction.
- Impact des mécanismes de couplage sur le comportement des circuits intégrés.

3. Concepts fondamentaux et unités en CEM

- Grandeurs et unités utilisées en CEM.
- Mesures de compatibilité électromagnétique.

4. Utilisation des bandes de fréquence

- Réglementations et allocations des bandes de fréquence.
- Applications et contraintes liées aux bandes de fréquence en CEM.

5. Analyse des signaux en CEM

- Domaine temporel : théorie du signal carré et impact sur la CEM.
- Domaine fréquentiel : théorie de la mesure de puissance et implications en CEM.

6. Classification des broches et conformité des circuits intégrés

- Typologie des broches et impact sur la CEM.
- Classes de conformité et exigences spécifiques.

7. Normes et réglementations CEM pour l'automobile

- Introduction aux standards CEM appliqués aux circuits intégrés automobiles.
- Principales normes IEC et ISO.
- Spécifications de test génériques pour les circuits intégrés (Generic IC EMC Test Specification v1.2).

8. Processus de certification et tests de conformité

- Classification des tests et niveaux de conformité.
- Limites et seuils acceptables en CEM pour l'automobile.
- Prolifération des standards et leur évolution.

System on Chip



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE05C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue des séances de CM, les étudiants de 3ème année, parcours InSys du département EEEA seront en mesure :

- * de définir précisément ce qu'est un SoC ;
- * d'expliquer les avantages de ces circuits
- * de comparer la pertinence dans le choix d'un SoC par rapport à un ASIC.

A l'issue des séances de projet, les étudiants de 3ème année, parcours InSys du département EEEA seront en mesure :

- de générer un SoC et de l'intégrer sur un circuit FPGA Xilinx Zynq ;
- de tester différentes techniques de développement de fonctions sur cette famille de circuit (matérielle ou logicielle)
- d'imaginer et produire des fonctions audio implantables sur le circuit, en ayant choisi la technique la plus performante.

Description

L'enseignement de System-On-Chip se compose de 2 CM et d'une dizaine de séances de projet.

Les CMs décrivent de façon précise ce qu'est un System-On-Chip, quels en sont les avantages technologiques et économiques, les limites et les enjeux, et pourquoi ces circuits constituent un marché en pleine expansion. En particulier sont détaillées les notions de *reuse*, d'*IP* et de co-développement matériel/logiciel.

Les séances de projet mettent en pratique ces dernières notions, par la conception, dans l'environnement de développement Xilinx Vivado, sur carte de développement Zynq, d'un dispositif d'effet audio. Durant les première séances, les étudiants développent la configuration matérielle du Zynq et programment le microcontrôleur en langage C afin de piloter succinctement un Codec audio. Ensuite, ils développent et ajoutent, à cette configuration de base, des effets audio de leur choix, en C ou en VHDL.

L'évaluation comporte deux parties : une démonstration en séance du circuit et des effets développés, et un rapport, en anglais, sur le modèle d'une notice d'utilisation du dispositif

Pré-requis obligatoires

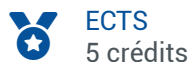
connaissances de base en micro-électronique et système embarqués, en particulier :

- technologie silicium
- architecture des microprocesseurs,
- analyse de chronogrammes

* expérience de base sur l'environnement de développement Xilinx Vivado

* expérience de base en langage de programmation VHDL et C

SYSTEMES MIXTES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HPPS9
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				

CAN et CNA



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE06B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Concevoir un convertisseur analogique-numérique en technologie CMOS

Savoir caractériser les performances du convertisseur

Connaître les différentes architectures de convertisseur et leurs performances

Description

Les différentes architectures de convertisseurs analogique-numérique sont présentées ainsi que les paramètres utilisés pour caractériser les convertisseurs.

Le schéma d'un convertisseur en technologie CMOS est conçu pour répondre à un cahier des charges données et vérifié par simulation.

Pré-requis obligatoires

Base des circuits

Montages à transistors

Montages à amplificateur opérationnel

Circuits intégrés analogiques

Conférences systèmes embarqués spatiaux



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOTV8
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

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

- Comprendre les enjeux et contraintes des systèmes embarqués spatiaux et des technologies électroniques utilisées dans l'industrie aéronautique et spatiale.
- Appréhender les particularités des antennes pour SmallSats, leurs spécificités et tendances futures.
- Explorer les défis de l'espace durable, incluant la gestion des débris, la réglementation et les stratégies de mitigation des risques en orbite.
- Identifier les effets radiatifs sur les équipements avioniques et spatiaux et comprendre les stratégies de protection et de fiabilisation des systèmes électroniques.

Description

Cet enseignement est dispensé par plusieurs intervenants extérieurs sur la thématique des systèmes embarqués spatiaux. Les sujets sont divers et peuvent inclure

- l'espace durable
- les antennes pour les smallsats
- les technologies hyperfréquences embarquées sur satellites
- les effets radiatifs sur les équipements avioniques

Pré-requis obligatoires

Aucun

Intégration de chaines d'instrumentation



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE07A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Concevoir une interface analogique CMOS pour un accéléromètre MEMS
- Comprendre les techniques "fully differential" des amplificateurs opérationnels
- Concevoir des architectures de contrôle de mode commun pour amplificateur "full differential"
- Comprendre les techniques de réduction de bruit par hachage, auto-zéro.
- Apprendre à rédiger un rapport de conception

Description

Le but de cet apprentissage est de découvrir des techniques de conceptions CMOS utilisés pour la partie analog-front end des capteurs: bas bruit, différentiel, courant de fuite ...

Lors de cet enseignement, il faut concevoir et simuler un circuit CMOS pour interfacer un accéléromètre MEMS en mettant en place un amplificateur fully-differential avec son contrôle de mode commun intégré et son système de "Chopping".

Pré-requis obligatoires

Bases de circuits

Montages à transistors

Montages à amplificateur opérationnel

Circuits intégrés analogiques

Classes d'amplifications

Infos pratiques

Contacts

Responsable pédagogique

Olivier BERNAL

☎ 2553

✉ olivier.bernal@enseeiht.fr

Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HPPYB
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes fondamentaux de la sûreté de fonctionnement et son importance dans les systèmes critiques.
- Identifier et analyser les différentes catégories de pannes (*systematiques* et *aléatoires*) ainsi que les modèles de fautes associés.
- Maîtriser les approches de gestion des risques appliquées aux systèmes embarqués, notamment dans le domaine de l'automobile.
- Appréhender la norme **ISO 26262** et ses exigences en matière de sûreté de fonctionnement.
- Effectuer des analyses de sûreté au niveau **système** et **composant matériel** (*hardware*).
- Mettre en œuvre des stratégies de conception permettant d'atteindre les objectifs de sûreté définis par les niveaux d'intégrité ASIL.
- Réaliser des analyses de sûreté spécifiques telles que **FTA (Fault Tree Analysis)**, **FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis)** et **DFA (Dependent Failure Analysis)**.

Description

1- Introduction à la sûreté de fonctionnement

- Définition et importance de la **sûreté de fonctionnement** (*Functional Safety*).
- Historique et évolution des **normes de sûreté**.
- Approche générale de la **gestion des risques** et classification des pannes (*systematiques vs aléatoires*).
- Gestion du risque dans l'industrie automobile.
- Concepts de **safety goals** et **safety integrity levels (ASIL)**.
- Introduction à la norme **ISO 26262**.

2 - Sensibilisation à la sûreté de fonctionnement

- **Vue d'ensemble de la norme ISO 26262** et structure du standard.
- **Phase conceptuelle**
 - Définition des **items**.
 - Analyse des risques et **HARA (Hazard Analysis and Risk Assessment)**.
 - Développement du **Functional Safety Concept (FSC)**.

• Développement au niveau système

- Définition du **Technical Safety Concept (TSC)**.
- Décomposition ASIL et décisions de conception.
- Méthodes d'analyse de sûreté à l'échelle du système.
- **Tests et intégration** dans le cycle de développement.

3- Développement matériel et analyses de sûreté

- Cycle de vie du **hardware** et exigences spécifiques en sûreté.
- Élaboration du **Hardware Safety Concept** et des mécanismes de sûreté associés.
- Techniques d'analyse de sûreté matérielle :
 - **FTA (Fault Tree Analysis)** : arbre de défaillances.
 - **DFA (Dependent Failure Analysis)** : analyse des fautes dépendantes.
 - **Calcul du taux de défaillance**.
 - **FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis)** : étude des modes de défaillance et de la couverture diagnostique.
- Contraintes spécifiques aux **semi-conducteurs** dans l'industrie automobile.

1er Approfondissement



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

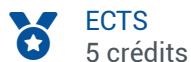
En bref

- **Code Ametys:** N9EEAX1
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière				
Projet ASIC analogique	Matière				
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE				5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière				
Test des circuits et simulation de faute	Matière				

APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE



En bref

- **Code Ametys:** M34HP1EE
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière				
Projet ASIC analogique	Matière				

Initiation Cadence Layout XL / Spectre



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE06A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Apprendre à concevoir le layout d'un circuit intégré en utilisant les règles de dessin.

Savoir utiliser les outils de vérifications LVS

Savoir faire l'extraction des parasites d'un circuit

Savoir faire la simulation de la version post layout d'un circuit

Savoir analyser la comparaison circuit postlayout/idéal

Description

Au cours de cette initiation, la prise en main du logiciel professionnel de conception de circuits intégrés CADENCE se fait à l'aide d'un amplificateur opérationnel CMOS en technologie 0.35µm.

Le dessin de masques (layout) doit être réalisé en respectant les règles de dessin. Les outils de vérification DRC/LVS ainsi que les simulations post-layout prenant en compte les parasites liés aux masques sont aussi abordés.



Infos pratiques

Contacts

Responsable pédagogique

Olivier BERNAL

☎ 2553

✉ olivier.bernal@enseeiht.fr

Responsable pédagogique

Helene TAP

☎ 2562(LAAS), 3160(INP)

✉ Helene.tap@enseeiht.fr

Projet ASIC analogique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE07B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue du projet de conception d'un circuit intégré analogique, les étudiants seront capables de structurer et composer un circuit intégré élaboré en montrant qu'ils maîtrisent les étapes de conception lorsque les performances spécifiées du circuit intégré seront atteintes.

Description

Composition de la matière : 2 séances de CM + 18 séances de Travaux Pratiques

Le projet consiste à découvrir, comprendre et maîtriser les différentes étapes de conception d'un circuit intégré analogique complexe. Dans ce cadre, les outils de conception Virtuoso® Schematic & Layout sont utilisés pour la conception d'un régulateur linéaire incluant une référence de tension de type Bandgap (5V/2V 10mA, BW >1MHz, PSRR 50dB) dans une technologie CMOS sub-micronique. A l'issue de 2 séances de cours apportant des compléments d'information nécessaires aux notions de bases acquises en L3 et M1, un projet articulé sur N séances de TP propose de suivre les étapes de conception menant du cahier-des-charges jusqu'au dessin des masques du circuit par la mise en œuvre du *design flow* analogique de l'environnement Cadence®. Les principales étapes sont : une recherche bibliographique des topologies existantes, une phase de conception au niveau transistor

des blocs analogiques constitutifs du circuit, une validation « pire-cas » par variation paramétrique des modèles des composants utilisés, la réalisation et le dessin des masques dans le respect des règles d'appairage.

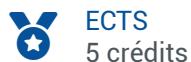
La méthode d'apprentissage utilisée pour cette matière est l'Apprentissage Par Problème offrant aux étudiants une grande liberté de créativité lors de la conception de leurs circuits. L'accès aux documentations en ligne (bibliothèques ouvertes, articles scientifiques IEEE par exemple) donne la matière nécessaire pour explorer diverses architectures de circuits pouvant répondre aux demandes du projet.

Mode d'évaluation : remise d'un rapport d'étude complet à l'issue du projet.

Pré-requis obligatoires

Connaissance du principe de fonctionnement des transistors bipolaire et MOSFET silicium (paramètres, technologie, MOSFET / BJT) ainsi que des bases de la conception de circuit analogique (montage étage émetteur / collecteur commun, étage différentiel, circuit push-pull, etc...).

APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE08
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière				
Test des circuits et simulation de faute	Matière				

Conception système FPGA pour traitement du signal



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE08A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Savoir exploiter un outil de synthèse haut niveau pour concevoir des fonctions de traitement du signal pour FPGA
- Savoir définir et optimiser une architecture de systèmes de traitement du signal (fonction TS + interfaces et gestion mémoire)
- Tester et optimiser le système sur carte FPGA

Description

- Dans ce cours, l'étudiant entre dans la peau d'un ingénieur en mission pour pour Thales Alenia Space, chargé de développer et implanter sur FPGA un analyseur de spectre. Il doit notamment remplir les tâches suivantes :
 - Analyse d'architecture de systèmes de traitement du signal
 - Création d'une IP par synthèse haut niveau en C++ (HLS)
 - Codage et synthèse de l'architecture et de l'IP en VHDL
 - Vérification
 - Implantation sur FPGA
 - Test sur carte

Pré-requis obligatoires

- Conception de systèmes logiques (UE N5EE03)
- Electronique numérique (UE N7EE08)
- Architecture des systèmes numériques (N8EE03)

Test des circuits et simulation de faute



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE08B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les mécanismes destructeurs affectant les circuits électroniques et les techniques de protection associées.
- Maîtriser les concepts fondamentaux de la sûreté de fonctionnement des circuits intégrés.
- Analyser et modéliser les fautes dans les circuits logiques et mémoires.
- Concevoir et appliquer des stratégies de génération de tests pour détecter les fautes dans les circuits logiques, séquentiels et mémoires.
- Mettre en œuvre des méthodologies de conception en vue du test (DFT) pour améliorer la testabilité des circuits.
- Explorer les techniques avancées de test pour les circuits analogiques, mixtes et RF.
- Utiliser des outils de simulation pour évaluer la robustesse et la fiabilité des circuits électroniques.

Description

1. Introduction

- Présentation des enjeux du test et de la simulation de fautes.

- Importance de la sûreté de fonctionnement dans les circuits intégrés modernes.

2. Notions de base

- **Mécanismes destructeurs** : usure, vieillissement, défaillances physiques.
- **Techniques de protection** : redondance, durcissement des circuits.
- **Sûreté de fonctionnement** : fiabilité, disponibilité, maintenabilité.

3. Test des circuits logiques

- **Fautes et modèles** : fautes classiques (stuck-at, transition, retard...), modèles de fautes.
- **Génération du test** : ATPG (Automatic Test Pattern Generation), couverture de fautes.
- **Circuits séquentiels** : test des registres et automates.
- **Test des mémoires** : défaillances spécifiques, algorithmes de test mémoire (March, BIST).

4. Conception en vue du test (DFT – Design for Testability)

- **Principe** : améliorer la testabilité dès la conception du circuit.
- **Techniques génériques** : scan chains, testabilité structurée.
- **Test semi-intégré (BIT – Built-In Test)** : principes et applications.
- **Test intégré (BIST – Built-In Self-Test)** : architectures et implémentation.

5. Test des circuits analogiques, mixtes et RF

- **Spécificité** : différences avec le test des circuits numériques.
- **Méthodes de test** : test paramétrique, test fonctionnel.
- **DFT pour circuits analogiques et RF** : stratégies et défis.

2nd Approfondissement



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

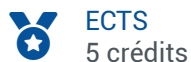
En bref

- **Code Ametys:** N9EEAX2
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
POWER MANAGEMENT	UE				5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière				
MOSFET Driver Circuits	Matière				
EMC for SMPS	Matière				
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				

POWER MANAGEMENT



En bref

- **Code Ametys:** N9EE09
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Microprocessor Power Supply	Matière				
MOSFET Driver Circuits	Matière				
EMC for SMPS	Matière				
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière				

Microprocessor Power Supply



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE09A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de la formation portant sur la conception des alimentations de microprocesseurs, les étudiants de niveau M2 seront capables de dimensionner et simuler un convertisseur multiphase 12V/0,8V 100A en montrant qu'ils maîtrisent les étapes de conception lorsque les performances définies par le cahier des charges seront atteintes.

Description

Plan du cours :

- **Introduction**
 - Advantages of using switching power supply
- **Buck converter**
 - Principle of operation

- Continuous and Discontinuous Current Modes (CCM, DCM)
- Losses and efficiency
- Overview of closed-loop stability study
- **Boost converter**
 - Principle of operation
 - Continuous and Discontinuous Current Modes
 - Overview of closed-loop stability study
- **Multiphase converter**
 - Principle of operation
 - Transient response performances and filter reduction
- **DC-DC Converter Regulation Loop Analysis**
 - Theoretical analysis of switched systems using state variables
 - Different types of control loops
 - Considerations for the controller design
- Buck : Voltage and Voltage/Current loop cases
- Boost & Buck- Boost : Voltage and Voltage/Current loop cases

Pré-requis obligatoires

Connaissance du principe de fonctionnement des transistors bipolaire et MOSFET silicium ainsi que des bases de la conception de circuits analogiques (lois de Kirchhoff courant/tension, dipôles passifs, montage à base d'AOP, etc...).

MOSFET Driver Circuits



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE09B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de la formation portant sur la conception des circuits drivers dédiés à la commande des transistors de puissance, les étudiants de niveau M2 seront capables de dimensionner, piloter et simuler un bras d'onduleur en montrant qu'ils maîtrisent les différentes étapes de la commutation des transistors de puissance lorsque les performances en termes de CEM et de rendement énergétique seront atteintes.

Description

Plan du cours :

- Part 1:
Introduction to the power switches
- Part 2:

Driver design

- Part 3:
Drivers & power supply topologies

Images

Pré-requis obligatoires

Connaissance du principe de fonctionnement des transistors bipolaire et MOSFET silicium ainsi que des bases de la conception de circuits analogiques (lois de Kirchhoff courant/tension, dipôles passifs, montage à base d'AOP, etc...).

EMC for SMPS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE09C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de la formation portant sur la CEM des alimentations à découpage, les étudiants de niveau M2 seront capables de déterminer la nature des différents contributeurs de perturbation au sein des électroniques et réaliser les meilleurs choix en termes de packaging, assemblage 3-D et réglage compromis pertes/CEM en montrant qu'ils maîtrisent les notions relatives aux émissions conduites et rayonnées lorsque le spectre harmonique des signaux générés sera en conformité avec les normes industrielles.

Description

Plan du cours :

- Technology limits
 - Silicon components (MOSFET, Diode)
 - Passive devices (Inductance, Capacitance)
- EMC
 - DC/DC converter Spectral analysis
 - EMI filter design

- Board and IC Layout : rules of thumb

Pré-requis obligatoires

Connaissance du principe de fonctionnement des transistors bipolaire et MOSFET silicium ainsi que des bases de la conception de circuits analogiques (lois de Kirchhoff courant/tension, dipôles passifs, montage à base d'AOP, etc...) et de la formation "MOSFET Driver Circuits".

FEM Modeling of Integrated passive filters



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE09D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

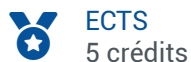
Objectifs

L'objectif est de comprendre plus précisément le fonctionnement électromagnétique de ces inductances et de définir une méthodologie permettant de procéder à une identification virtuelle des éléments du circuit électrique équivalent défini dans le cours.

Description

Les étudiants sont amenés à réaliser un projet dont l'objectif est de simuler, par la méthode des éléments finis, à l'aide du logiciel Comsol Multiphysics, le comportement électromagnétique d'un inducteur couplé à deux phases afin de pouvoir identifier les paramètres du circuit électrique équivalent classique. La connaissance de ces paramètres, mais aussi des paramètres de perte, sur une gamme de fréquences réaliste, est en effet nécessaire pour pouvoir ensuite simuler électriquement le fonctionnement global de l'alimentation électrique.

CIRCUITS RF



En bref

- **Code Ametys:** N9EE10
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				

Équipement RF



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE10A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de cet enseignement les étudiants seront capables de:

- mettre en œuvre des méthodes de conception de systèmes de télécommunication complexes devant répondre à des critères de performance électrique.
- Définir une architecture système et analyser ses performances
- Développer un équipement en mettant en application des méthodes de conception de circuits intégrés RF.

Description

Cours de S. George, Thales Alenia Space :

- Information générales sur les satellites:
 - Les missions satellites
- Architecture des charges utiles de télécommunications:
 - Équipements
 - Technologies

- Évolutions futures : Charges utiles flexibles
 - Impact sur les équipements et technologies

BE d'application :

- Développement de l'architecture d'une charge utile satellite à partir de composants COTS (Components On The Shelf) devant répondre à des critères de : gain, figure de bruit et linéarité
- Conception d'un équipement (VGA : Voltage Gain Amplifier) en technologie MMIC à 12GHz.

Pré-requis obligatoires

Cours Circuits Actifs RF, N7EE06A, 2ème année EEEA, parcours Électronique

Cours MMIC, N9EE10B, 3ème année EEEA, parcours InSys

MMIC



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE10B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

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

- déterminer les architectures d'amplificateur répondant à leur cahier des charge.
- Mettre en œuvre des technologies d'intégration spécifiques au domaine des MMIC hyperfréquence.
- Appréhender les difficultés d'intégration d'un amplificateurs.
- Respecter les contraintes d'implémentations en technologie intégrée.
- Analyser les performances et proposer des méthodes de conception et de corrections adaptées au problème.
- Concevoir une puce MMIC répondant à l'ensemble des contraintes systèmes, d'intégration et de performance électrique.

Description

- CM 1 : Des semiconducteurs aux transistors RF – Sébastien Delcourt – THALES ALENIA SPACE
- CM 2 : des transistors aux MMIC – Sébastien Delcourt – THALES ALENIA SPACE
- CM3 : Conception MMIC – Fabrice Delahaye – THALES ALENIA SPACE
- CM4 : Etude de cas : de l'antenne au MMIC - Fabrice Delahaye – THALES ALENIA SPACE

- Apprentissage par projet : Réponse à un cahier des charge industriel (LNA, LLA ou MLA)

Pré-requis obligatoires

Cours N7EE06A «Circuits actifs RF» - 2° année EEEA, parcours Electronique

TP ADS, N7EE06D - 2° année EEEA, parcours Electronique

MEMS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE10C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera en capacité de :

- appréhender les techniques de mise en œuvre d'objets mobiles
- comprendre les différentes étapes de conception et d'analyse mécanique du MEMS
- de dimensionner un MEMS devant répondre à des critères de vitesse de commutation, tension de commutation, fiabilité.
- d'extraire un modèle électrique comportemental du MEMS
- d'utiliser le MEMS pour concevoir une fonction RF originale dont les caractéristiques électriques sont accordables.

Description

- MEMS : Qu'est ce que c'est?
- Application des MEMS dans les domaines :
 - Optique
 - Mécatronique
 - Médical
 - RF

- Notions de technologie salle blanche
- Modèle mécanique du MEMS :
 - Modèle Statique
 - Modèle Dynamique
- Modélisation RF du MEMS
- Exemple de procédure de conception d'un MEMS-RF

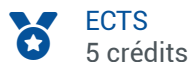
Projet d'application : Conception d'un système RF accordable utilisant un MEMS en bande V (60GHz)

- Mise en œuvre d'un modèle électromagnétique de MEMS (HFSS)
- Extraction du modèle électrique (ADS) et mise en application d'un modèle paramétrique pour la conception de filtre passe-bande accordable de 60GHz à 40 GHz.
- Définition d'une fonction accordable à imaginer, mettre en oeuvre et valider par la simulation.

Pré-requis obligatoires

Cours de circuits passifs RF, N7EE09B, 2ème annés EEEA, Parcours Electronique

SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK02
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

Professional Communication and English-Semestre 9



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer la capacité des élèves ingénieurs à communiquer de manière claire, structurée et professionnelle en anglais dans un contexte scientifique et académique. Les étudiants sont préparés à la rédaction et à la présentation de travaux liés aux stages, projets de fin d'études et activités de recherche, tout en consolidant le niveau linguistique requis pour la diplomation.

Acquérir le vocabulaire et les compétences langagières nécessaires pour participer activement et animer des réunions en contexte professionnel. Savoir structurer et conduire une réunion, en définir les objectifs, rédiger un ordre du jour pertinent et produire un compte rendu clair et efficace. Développer une communication précise et adaptée afin de prévenir les malentendus dans un environnement professionnel en langue étrangère.

L'enseignement est complété par le développement progressif et transversal des compétences de communication écrite et orale mobilisées lors de la soutenance finale du Projet Long, ce dernier constituant un cadre authentique de mise en pratique de ces acquis. Des ateliers de renforcement, destinés aux étudiants qui en ont besoin et alignés sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, sont proposés afin d'accompagner progressivement l'atteinte d'un niveau B2 ou supérieur du CECRL à l'issue du cursus, en vue de l'obtention du diplôme.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules — Communicating in Conferences et Communicating in Professional Meetings. Maîtrise de la communication écrite et orale en anglais scientifique (rédaction d'abstracts étendus, présentations orales, posters). Développement de compétences transversales : analyse réflexive, travail en équipe, autonomie, esprit critique, professionnalisme et respect des normes académiques et éthiques. Évaluation individuelle : poster scientifique accompagné d'une présentation orale et d'un abstract étendu.

Capacité à planifier et animer une réunion de manière structurée. Maîtrise de l'expression orale et écrite spécifique aux réunions professionnelles (prise de parole, interruptions, formulation d'objectifs, rédaction de minutes). Travail collaboratif en groupe et gestion de rôles dans un contexte professionnel. Évaluation en groupe : organisation et animation d'une réunion de 30 minutes, production d'un ordre du jour et d'un compte rendu écrit.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				

Scientific English



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK01AA
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Description

Enseignement spécifique pour approfondir son anglais scientifique.

Choix 2 Anglais Professionnel - 3A



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N9EK01AX

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				

Anglais Clinique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK01AB
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Description

Enseignement spécifique pour atteindre le niveau B2.

Anglais de Cambridge ou Projet



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK01AC
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Description

Enseignement spécifique pour préparer le Cambridge Proficiency ou un projet.

CV Entretiens(3EA)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N9EK01BF

Présentation

Objectifs

Ils consistent à accompagner les étudiants pour les aider à :

- rédiger des écrits professionnels, CV et lettre de motivation, en utilisant les particularités des formats papier ou électronique, et de la communication synchrone et asynchrone et en répondant aux demandes des entreprises.
- développer les qualités en communication écrite et orale : réussir les entretiens de recrutement, maîtriser d'une façon harmonieuse les relations professionnelles (interculturalité, relations hiérarchiques, team building),
- convaincre et persuader lors d'entretiens de recrutement et jusqu'à la signature du contrat de travail,
- finaliser et optimiser le P.P.P (Projet Professionnel Personnel).

Description

- analyser et synthétiser efficacement de façon à mieux communiquer oralement et à l'écrit, à propos de thèmes suivants : réussir son entretien de recrutement en présentiel en distanciel, les speed net working, le marché de l'emploi, le développement des starts up les codes du recrutement, point sur les outils du recrutement, utilisation de LINKEDIN, négocier son contrat de travail, son salaire, l'intérêt de l'expatriation...

- apprendre à mieux se connaître (ses points faibles et ses points forts) afin de mieux communiquer.

METHODE

- apports théoriques, «Communication écrite, orale», et «Bien démarrer sa vie professionnelle»
- mise en situation, avec la présentation orale (diaporama) et écrite d'un sujet en lien avec le recrutement,
- connaissance de soi, pédagogie inversée, développement du leadership, accompagnement adapté.

EVALUATION DES ETUDIANTS

Elle portera sur la réalisation d'exercices concernant : la rédaction d'un CV et d'une lettre de motivation efficaces, des simulations d'entretiens de recrutement, des présentations écrites et orales à propos des thèmes précisés ci-dessus.

ORGANISATION DES COURS

Les cours « Insertion professionnelle » s'organisent ainsi, il y a un décloisonnement des enseignements, ils sont orientés vers la recherche de stage/emploi et la communication :

- des forums du recrutement et des carrières sont proposés,
- les cours et TD sont donnés durant le semestre 1 de l'année universitaire (bac +5), soit 8 heures.

Ce calendrier est ponctué d'échanges par e-mail et en face à face avec l'enseignante, en fonction des besoins de l'étudiants.

CHOIX Careers and Management 3EA S9



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK02X
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Description

Projet visant à développer ses compétences en Entrepreneuriat. Développer l'esprit d'initiative et la créativité en concevant un projet entrepreneurial concret, depuis l'identification d'une opportunité jusqu'à la proposition de solutions innovantes. Acquérir les compétences de communication et de travail collaboratif nécessaires pour présenter, défendre et argumenter un projet devant un public académique et professionnel. Comprendre les bases de la planification et de la gestion de projet entrepreneurial, y compris l'analyse des besoins du marché, la faisabilité économique et l'impact sociétal potentiel. Évaluation : présentation orale du projet sous forme de pitch, individuelle ou en groupe, évaluant la clarté, la structuration, la pertinence des arguments et l'originalité de la solution proposée.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

Entrepreneurship Project



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK01E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Description

Projet visant à développer ses compétences en Entrepreneuriat.

Corporate Project and Social Responsibility



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EK01F
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Des sujets techniques sont proposés par des industriels, qui agissent comme des clients proposant un cahier des charges. Les étudiants s'organisent pour gérer le projet (responsable de projet, définition des tâches, calendrier) afin de répondre au cahier des charges.

Description

Il y a des Cours sur la gestion de projet pourvus par un industriel.

Un sujet technique est proposé par un industriel aux étudiants. Ils ont donc une présentation du sujet en début de Corporate Project. Les étudiants s'auto-organisent pour répondre au cahier des charges et ils développent la solution technique dans ce cadre. Au cours du projet, un ou plusieurs points d'étape sont effectués avec l'industriel afin de valider / réorienter les choix de la solution technique et/ ou l'organisation du projet. En fin de corporate project, une soutenance présentant l'organisation du projet et la solution technique proposée est effectuée.

Pré-requis obligatoires

Certaines compétences techniques vues dans la formation.

Semestre 9 - PArcours SYStèmes COMmunicants (SYSCOM)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

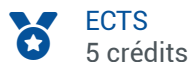
En bref

- **Code Ametys:** M8FQJS02
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière				
Modèles Multiphysiques	Matière				
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière				
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière				
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE				5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière				
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière				
Internet des objets	Matière				
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière				
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE				5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière				
Antennes spatiales	Matière				
CEM aéronautique 1	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Amplificateurs de puissance microondes	Matière				
CEM aéronautique 2	Matière				
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE				5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière				
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Projet radar	Matière				
Approfondissement SysCom	Choix				5 crédits
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
MODELISATION	UE				5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				
Physique des plasmas et applications	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOQN6
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière				
Modèles Multiphysiques	Matière				
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière				
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière				

Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE14B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les descripteurs électromagnétiques fondamentaux des structures multi-échelles - Savoir calculer et interpréter physiquement le champ électromagnétique dans les dispositifs multi-échelles manufacturés – Savoir calculer et interpréter physiquement le champ électromagnétique rétrodiffusé par des structures multi-échelles naturelles

Description

I- Etalon de longueur en électromagnétisme

II- Analyse électromagnétique des structures multi-échelles

**II-1 Limites des méthodes numériques conventionnelles pour l'analyse électromagnétique
des structures à échelles multiples**

II-2 Approches itératives pour l'analyse électromagnétique de structures multi-échelles

II-3 Descripteurs électromagnétiques fondamentaux des structures multi-échelles

III- Application à la conception de dispositifs électromagnétiques

III-1 Antennes multi-bandes

III-2 Antennes miniatures

III-3 Surfaces sélectives multi-fréquentielles

III-4 Filtres microondes sélectifs

III-5 Miroirs électromagnétiques multi-bandes

III-6 Treillis électromagnétiques

IV- Application à l'analyse de la diffraction électromagnétique de structures naturelles

IV-1 Rétrodiffusion de surfaces rugueuses

IV-2 Rétrodiffusion de la surface de la mer

IV-3 Rétrodiffusion d'un couvert végétal

IV-4 Rétrodiffusion de roches poreuses

VI- Perspectives technologiques dans le domaine de la conception et de la réalisation de dispositifs

multi-échelles

Pré-requis obligatoires

Les matières suivantes : Analyse électromagnétique de la diffraction (code Apogée N9EE14C) - Rayonnement électromagnétique et antennes (code Apogée N8EE26A) - Analyse physique de structures guidantes (code Apogée N8EE07E)

Modèles Multiphysiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE11B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Découvrir la problématique de modélisation multiphysique ; apprendre l'utilisation d'un logiciel de simulation multiphysique basé sur la méthode des éléments finis ; savoir réaliser la modélisation géométriques, la description physique des milieux, le choix des stratégies de maillages, la définition des analyses stationnaire, paramétrique, fréquentiel, et enfin l'exploitation des données y compris la déduction des paramètres globaux par l'utilisation des intégrales curvilignes, surfaciques ou volumiques.

Description

Le module se compose de deux parties :

- une séance de présentation de la problématique de modélisation multiphysique et des méthodes numériques,

- des séances de BE traitant l'apprentissage du logiciel de simulation multiphysique COMSOL Multiphysics, en terminant par la conception d'un applicateur hyperfréquence en cavité résonante métallique, et la simulation des performances hyperfréquences et thermiques

Pré-requis obligatoires

Eléments de base en électromagnétisme, électrostatique, ingénierie hyperfréquence, équations aux dérivées partielles, système d'équation linéaire, intégrations 1D/2D/3D, analyse vectorielle

Electromagnétisme et nanoélectronique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE14D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les rudiments théoriques pour la résolution de problèmes physiques faisant intervenir un champ électromagnétique classique (non quantifié) et une particule chargée – Connaître la notion d'onde de probabilité et savoir la relier au calcul de probabilités d'événements physiques – Connaître les principes de base qui régissent le fonctionnement d'un microscope à effet tunnel et d'un imageur à résonance magnétique

Description

I- Electromagnétisme à l'échelle nanométrique

II- Onde de probabilité

II-1 Définition et premières élaborations

II-2 Premiers principes de la mécanique ondulatoire

II-3 Phénomènes d'interférence des ondes de probabilité et les relations d'incertitude

II-4 Equation de Schrödinger pour une particule chargée dans un champ électromagnétique

harmonique classique

III- Particule chargée dans un champ électrostatique

III-1 Barrière de potentiel

III-2 Effet tunnel

III-3 Puits de potentiel

IV- Applications électromagnétiques

IV-1 Microscopie électronique

IV-2 Imagerie par résonance magnétique

IV-3 Nanoantennes

IV-4 « Radar quantique »

V-Perspectives en nano-électromagnétisme

Pré-requis obligatoires

Les matières suivantes : Rayonnement électromagnétique et antennes (code Apogée N8EE26A) – Propagation guidée et en espace libre (code Apogée N7EE09A1)

Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOQUV
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir déterminer le circuit électrique équivalent de dispositifs passifs HF quelconques à partir de considérations physiques et d'approximations maîtrisées Savoir analyser physiquement les propriétés du champ électromagnétique dans des dispositifs passifs HF quelconques - Savoir utiliser les circuits électriques équivalents pour la synthèse de fonctions HF

Description

I. Représentation symbolique des sources modales de champ électromagnétique

I-1- Générateur de Thevenin pour la modélisation d'une source modale de champ électrique

I-2- Générateur de Norton pour la modélisation d'une source modale de densité de courant

II- Formulation et résolution des problèmes aux limites avec des sources modales de champ électromagnétique

II-1- Schéma équivalent de dispositifs HF excités par des sources modales

II-2- Formulation du problème aux limites à partir des lois de Kirchhoff et d'Ohm

II-3- Résolution numérique du problème aux limites

II-4- Extraction d'un circuit électrique équivalent de dispositifs HF

III- Applications

III-1- Inductance équivalente d'un trou métallisé dans une ligne microruban

III-2- Impédance d'entrée d'une cavité en guide rectangulaire métallique et creux

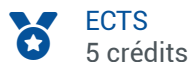
III-3- Circuit équivalent d'un saut de largeur en ligne microruban

V- Perspectives dans le domaine de la modélisation électromagnétique de structures guidantes par des circuits électriques équivalents

Pré-requis obligatoires

La matière « Analyse physique de structures guidantes » en 2A Semestre 8

SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES



En bref

- **Code Ametys:** M34HOS6G
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière				
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière				
Internet des objets	Matière				
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière				

Capteurs Microondes et Optiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE12A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Sensibiliser les élèves aux multiples applications possibles et aux secteurs industriels très variés.

Leur apprendre par une analyse du principe physique à dégager rapidement les avantages / inconvénients du dispositif, à faire un choix pertinent par rapport à un cahier des charges, un besoin client.

Partie Capteurs microondes

Se familiariser avec la mesure des champs électriques et magnétiques en radiofréquence et hyperfréquence dans des applications hyperfréquences aussi bien en télécommunications que dans d'autres industries, à travers la modélisation et la caractérisation des sondes de champs électrique et magnétique les plus connus, et aussi par l'utilisation des instruments standards de mesures hyperfréquence.

Description

Il s'agit d'une introduction à des applications industrielles de systèmes lasers.

Le cours est basé sur l'introduction de principes physiques (temps de vol, interférométrie, triangulation,...), sur leurs avantages / inconvénients respectifs et donc l'analyse critique et comparative de leurs limites.

Des exemples de dispositifs commercialisés sont présentés ainsi que de très nombreux cas d'application dans des secteurs aussi variés que l'aéronautique & l'espace, l'environnement, le biomédical, la métallurgie & la mécanique, l'automobile,...

Partie Capteurs microondes

1. Sondes électromagnétiques : analyse électromagnétiques des sondes – modèles en schéma électrique – caractéristiques des sondes E et H – analyse des sondes de références – conception des sondes
2. Instruments standard de mesure RF et hyperfréquence : Rappels théoriques d'analyse spectrale et d'analyse de dipôles et de quadripôle en terme des paramètres S – Schéma bloc des instruments standard et réseaux – principaux caractéristiques des analyseurs de spectre et des réseaux – choix des instruments en fonction des applications
3. Applications : caractérisations des sources, composants et dispositifs RF et hyperfréquence à travers l'utilisation des sondes et des analyseurs de spectre et de réseaux (exemples : générateur RF en mode CW /pré-amplificateurs /sondes magnétiques/ sondes électriques/coupleurs directionnels (version guides d'ondes/version planaires)/système de couplage inductif, etc)

Pré-requis obligatoires

optoélectronique (principe de fonctionnement d'un laser et principales propriétés)

Techniques hyperfréquences (théorie électromagnétique, ligne de transmission, guides d'ondes électromagnétiques, cavités résonantes, circuits hyperfréquences, paramètres S)

Composants et circuits optoélectroniques en HF



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE12B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Comprendre les ressorts des choix technologiques permettant la réalisation de systèmes de communication sur fibre optique à haut débit de données.

Être capable de concevoir un système de communication haute fréquence sur fibre optique.

Analyser les limites en performance des systèmes de communication sur fibre et identifier les éléments limitants.

Description

Ce cours présente les dernières évolutions pour les systèmes optoélectroniques dans le domaine des hautes fréquences avec un focus sur les applications télécos courtes distance telles que la norme 10Gb ethernet. La modélisation des composants essentiels à ces systèmes : diode laser, photodiode, modulateur électro-optique, etc. est présentée en détail. La conception de circuits dédiés à la modulation haute-fréquence des diodes laser et à l'amplification des signaux photodétectés est permet d'envisager dans une approche système la conception d'une système de communication dans le domaine GHz.

Pré-requis obligatoires

Connaissances sur les composants semi-conducteur pour l'optique

Connaissances sur les télécommunications à fibre optique (structure d'une fibre optique, atténuation et dispersion).

Connaissances de bases sur le bruit en électronique

Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE13A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Découvrir les champs d'applications des structures en guide d'ondes métalliques, savoir faire la différence et le choix entre structures en guide d'ondes métalliques et celles en lignes de transmission, et distinguer le domaine d'application de chacun ; Savoir choisir le ou les guides d'ondes métalliques en fonction des applications industriels ou scientifiques visées, et effectuer le dimensionnement des guides d'ondes pour des cas spécifiques

Savoir utiliser les notions de dipôles équivalent, quadripôles équivalents dans la description des montages avec de cavités résonantes, en déduire les paramètres caractéristiques ; savoir concevoir des cavités résonantes ainsi que le circuit d'excitation par calcul formel

Savoir utiliser les notions d'inverseur d'immittance dans la conception des filtres hyperfréquences demi ondes selon un cahier des charges donné

Comprendre le fonctionnement des transitions en guides d'ondes et savoir comment mettre en œuvre un transformateur d'impédance

Description

- Caractéristiques des guides d'ondes métalliques
- Cavités résonantes et résonateurs électromagnétiques
- Filtres Hyperfréquences en guides d'ondes métalliques
- Transition en guides d'ondes/transformateur d'impédance

Pré-requis obligatoires

Éléments de base en électromagnétisme et propagation des ondes ; notion en base des circuits linéaires électriques en régime sinusoïdal permanent ; représentation en notation complexe ; analyse vectoriel ; calcul matriciel

CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOTKA
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Réseaux d'antennes	Matière				
Antennes spatiales	Matière				
CEM aéronautique 1	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Amplificateurs de puissance microondes	Matière				
CEM aéronautique 2	Matière				

Réseaux d'antennes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE13B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir calculer les descripteurs fondamentaux des réseaux phasés – Savoir interpréter physiquement le rayonnement des réseaux phasés – Connaître les propriétés fondamentales des réseaux phasés – Concevoir un réseau phasé à partir d'un cahier des charges

Description

I- Réseaux phasés: définition et objectifs visés

II- Facteur de réseau : hypothèses et définition

III- Réseaux d'antennes à amplitudes uniformes et à phase progressive

III-1 Définition

III-2 Conception et descripteurs fondamentaux dans l'hypothèse des « grands réseaux »

IV- Réseaux d'antennes à amplitudes non uniformes

IV-1 Définition

IV-2 Conception et descripteurs fondamentaux d'un réseau binomial

IV-3 Conception et descripteurs fondamentaux d'un réseau de Dolph-Tschebyscheff

V- Perspectives dans le domaine des réseaux d'antennes

Pré-requis obligatoires

Les matières suivantes : Antennes planaires et ouvertures rayonnantes (Code Apogée N8EE08B) – Rayonnement électromagnétique et antennes (code Apogée N8EE26A)

Antennes spatiales



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE13C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de cet enseignement, l

Connaissance du principe des antennes à réflecteur, la technologie des réflecteurs

Connaissance d'une grande diversité d'antennes cornet (ridged, multi-modes, corrugated...)

Connaissance de la couverture multifaisceau, intérêt, fonctionnement

Connaissance antennes actives

Connaissance beamforming network

Un aperçu des solutions antennaires en vol est présenté pour différents types d'applications (LEO, GEO, Télémessure et télécommande, GNSS,...)

L'objectif est de pré-dimensionner une antenne à réflecteur pour satellite de télécommunications en mettant en évidence les paramètres déterminants de conception.

On souhaite réaliser une antenne directive, fonctionnant en mono-polarisation circulaire, avec un faible encombrement dans le plan horizontal (empreinte). Les antennes hélices à rayonnement axial (« end-fire ») sont d'excellentes candidates pour répondre à ce besoin. Pour concevoir l'antenne hélice, on s'appuiera sur :

- Un modèle paramétrique d'hélice monofilaire sous HFSS (Monofilar_Helix_Antenna.aedt)
- Un abaque décrivant les modes de rayonnements (radial, axial, conique, ...) de l'hélice en fonction des caractéristiques géométriques (normalisées par rapport à la longueur d'onde) :
 - o Circonférence C
 - o Pas ou « Pitch » S

Description

Cet enseignement présente différentes antennes utilisées dans le domaine spatial.

Pré-requis obligatoires

Rayonnement électromagnétique

Mise en réseau d'antennes

CEM aéronautique 1



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE13D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de l'enseignement, les étudiantes et étudiants seront capables

- d'identifier les origines du couplage
- d'utiliser le formalisme de la théorie des lignes sur des câbles mono- et multiconducteurs
- de comparer différents modèles pour décrire le couplage champ-câble
- d'expliquer l'intérêt et le fonctionnement d'un blindage magnétique et d'un blindage électrique
- de mesurer l'impédance de surface et/ou l'impédance de transfert avec des analyseurs de réseaux vectoriels

Description

Cet enseignement présente la compatibilité électromagnétique à basses et hautes fréquences, les méthodes de modélisation des problématiques de couplages et de blindages dans les systèmes électroniques.

Pré-requis obligatoires

Electromagnétisme

Théorie des lignes

Amplificateurs de puissance microondes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE14A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de cet enseignement, les étudiantes et étudiants seront capables de

- Décrire les deux technologies possibles (Solid State Power Amplifier et Tubes électroniques) et nommer les 3 grandes familles d'amplificateurs à tube
- Lister leurs avantages et inconvénients
- Choisir la technologie la plus adaptée pour une gamme de fréquence et une gamme de puissance visées
- Identifier les différentes physiques présentes dans un amplificateur à tube

Description

Cet enseignement traite des amplificateurs microondes présents dans les chaînes hyperfréquences (> 1 GHz) permettant de générer des puissances élevées (> 1 W). Ces circuits peuvent être utilisés dans de nombreuses applications notamment défense, radar, télécommunications, science, médical, four, GPS.

Pré-requis obligatoires

Guides d'ondes hyperfréquences

Amplificateurs hyperfréquences (gain, IM3, rendement...)

CEM aéronautique 2



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE13E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'introduction de la notation de certification et qualification des aéronefs en termes de compatibilité électromagnétique (CEM) et notamment en champs forts et en foudre

Description

1. qualification des aéronefs en champs forts
2. qualification des aéronefs en foudre

Pré-requis obligatoires

Electromagnétisme – compatibilité électromagnétique – techniques hyperfréquences – physique des plasma – physique des matériaux

PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE15
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière				
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Projet radar	Matière				

Propagation réelle des ondes électromagnétiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE15B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Découvrir l'influence des terrains réels sur la propagation des ondes électromagnétiques en transmission sans fil des signaux radio fréquence et hyperfréquence ; savoir utiliser et interpréter les équations de Friis ; savoir évaluer la portée d'une liaison hertzienne en espace libre ; savoir estimer les champs électriques et magnétiques en propagation libre pour un émetteur donné

Savoir calculer le bilan de liaison en propagation libre, ainsi qu'en présence d'un réflecteur passifs

Comprendre la formulation Huygens- Fresnel-Kirchoff sur le phénomène de diffraction ; savoir effectuer le calcul des zones de Fresnel en fonction des problèmes de terrain ; Savoir évaluer l'affaiblissement supplémentaire (AS) avec le modèle d'un écran mince (knife edge effect) ; savoir utiliser les différents modèles de calcul pour le cas des obstacles multiples modélisés en écran

Comprendre les caractéristiques électriques des types de terrains, et leurs rôles dans l'évaluation de bilan de liaison en propagation multi trajet ; savoir calculer l'onde d'espace et l'onde de surface ; comprendre leur rôle dans le dimensionnement des systèmes de

transmission ; Savoir calculer les paramètres de réflexion sur surface courbée ; savoir évaluer l'influence de la rotondité terrestre sur les bilans de liaison ; savoir effectuer le calcul "line of sight"

Connaître les caractéristiques de la propagation troposphérique ; Comprendre les réfractions standard et non standards ; connaître les modèles de diffusion troposphériques ; comprendre les effets de gaz et particules de l'air dans la propagation troposphère

Description

- Causes des affaiblissement des ondes électromagnétiques
 - Modèle des écrans diffractant.
 - Propagation multi trajets en présence des surfaces planes/courbées
 - Propagation troposphérique

Pré-requis obligatoires

Equations de Maxwell ; onde électromagnétique plane ; représentation en notation complexe

Analyse Electromagnétique de la Diffraction/ Équipement Radar



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOPD9
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Savoir calculer et interpréter physiquement le champ électromagnétique rétrodiffusé par une antenne – Connaître les modes de diffusion électromagnétique d'antennes et de structure – connaître les principales techniques et technologies pour la furtivité et le leurrage électromagnétiques

Savoir déterminer l'architecture électronique d'un radar pour détecter des informations sur une cible radar. Savoir également qualifier la cible radar. Savoir mettre en oeuvre les tests nécessaires pour qualifier le radar ou la cible seule.

Description

Le Champ électromagnétique rétrodiffusé par une antenne quelconque sera analysé via la Matrice de diffusion d'une antenne, puis la Rétrodiffusion électromagnétique d'une antenne chargée par une impédance quelconque pour aboutir à la notion de Surface Equivalente Radar d'une antenne quelconque. Le Mode de diffusion électromagnétique d'antenne et de structure sera également présenté.

Plusieurs applications seront traitées: la Furtivité et le masquage électromagnétique; le leurrage électromagnétique. Les étiquettes RFID seront abordées ainsi que les Capteurs passifs et sans fil. Des Perspectives dans le domaine de l'analyse électromagnétique de la diffraction sont présentées.

Une fois l'objet caractérisé. Le principe de fonctionnement d'un radar est présenté ainsi que les architectures électroniques permettant de caractériser des paramètres comme la distance, la vitesse ou la Surface Equivalente Radar de l'objet considéré. Le principe d'émulateur de cible radar est également évoqué.

Pré-requis obligatoires

Les cours de Rayonnement électromagnétique et antennes et Analyse physique de structures guidantes du Semestre 8 de 2A.

Projet radar



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE15D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Mettre en oeuvre et teste (simulation et mesure) un radar dans un objectif de détection défini. Ces projets s'effectuent en groupe. Les étudiants doivent organiser leur temps de travail sur les différents points et choisissent également les façons de simuler / mesurer les composants disponibles.

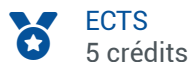
Description

Dans ce projet, les étudiants seront amenés à concevoir à partir de composants disponibles autour des fréquences Wifi (2.45GHz) un radar dont l'objectif de détection est imposé. Ils seront amenés à choisir leur architecture électronique, la tester en simulation avant de mettre en oeuvre le radar et le tester en conditions réelles.

Pré-requis obligatoires

Les enseignements de la même UE "analyse électromagnétique de la Diffraction et architecture radar" et "propagation réelle des ondes électromagnétiques"

Approfondissement SysCom



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

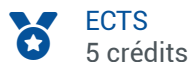
En bref

- **Code Ametys:** M34HOM17
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Équipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
MODELISATION	UE				5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				
Physique des plasmas et applications	Matière				

MODELISATION



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HONLJ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				
Physique des plasmas et applications	Matière				

Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE11C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Compléter par une approche théorique plus approfondie les notions vues pour l'étude des équations aux dérivées partielles. Donner les bases théoriques pour aborder les cours de méthodes numériques de 3ème année.

Description

Approximation variationnelle de problèmes aux limites
Etude de l'existence et l'unicité de la solution
Notions sur la théorie spectrale des opérateurs

Pré-requis obligatoires

EDP et différences finies 1EEEA ; Espace de Hilbert 2EEEA-PN/SYSCOM

Méthodes intégrales



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HONTM
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Compléter les connaissances pour la résolution numérique des équations de Maxwell et approfondir la programmation de méthodes numériques

Description

Introduction aux Méthodes intégrales, en particulier de frontière, pour les résolutions des équations de Maxwell :

- o fonction de Green et formulations intégrales
- o Éléments finis de frontières
- o Méthodes des moments : Différentes formulations en espace libre EFIE, MFIE, CFIE
- o Autre formulations

BE : Développement en langage Fortran de la solution par équations intégrales de frontières du problème de la diffraction par un obstacle métallique

Pré-requis obligatoires

Méthodes numériques, Equations aux Dérivées Partielles de 1^{ere} année, Eléments finis 2^{ème} année

Physique des plasmas et applications



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE14E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

1. Notions de base sur les plasmas et leurs applications
 - Longueur de Debye et Fréquence Plasma
 - Notions de collisions, de section efficace, de fonction de distribution
 - Calcul des différents moments de l'équation de Boltzmann
2. Plasmas magnétisés
3. Plasmas DC : allumage et claquage d'une décharge continue
4. Génération d'un plasma RF
5. Claquages haute pression : streamers, décharges couronnes, DBD
6. Principales applications des plasmas hors-équilibre

- Zoom sur la propulsion plasma

Description

Ce cours présente les différents aspects des plasmas : la définition, leurs propriétés, leurs conditions de génération ainsi que leurs principales applications.

Pré-requis obligatoires

Électromagnétisme : connaître les champs et , et les forces associées.

Thermodynamique statistique : Loi des gaz parfaits ;

Principe fondamental de la Dynamique

Semestre 9 - Parcours Physique Numérique (PN)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8FQKNAV
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE				5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière				
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière				
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière				
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE				5 crédits
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE				5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière				
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière				
Modélisation des phénomènes couplés	Matière				
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière				
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE				5 crédits
CEM aéronautique 1	Matière				
Compatibilité Electromagnétique	Matière				
Calcul Haute Performance	Matière				
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
Modèles Multiphysiques	Matière				
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE				5 crédits
Optimisation Topologique	Matière				
Modélisation numérique par éléments finis	Matière				
Commande optimale	Matière				
Volume finis	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8G8RA45
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière				
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière				
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière				

BES langages avancés (C++, Python)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EM03A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Projet de programmation en Python avec utilisation de la Plateforme de développement collaboratif Git sur les applications de simulations numériques en mécanique des fluides.

Environnement Logiciel du Calcul Scientifique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EM03B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Introduction au langage shell et calcul scientifique hautes performances sur supercalculateur.

Techniques de génération maillage, pré/post processing



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EM03C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de ce cours sur le maillage est de rendre les étudiants autonomes pour la création d'une géométrie (CAO), et pour la création du maillage (structuré, non structuré, hexaédrique, tétraédrique, polyédrique, hybride, couche limite, maillage surfacique, ...) : notions de base, rôle et importance du maillage et de sa qualité dans la simulation numérique (y compris en HPC), présentation des différents algorithmes de maillage (avancée de front, sphère vide, ...). Le but est que les étudiants comprennent clairement ce qu'ils font en utilisant un mailleur et qu'ils aient une analyse critique de leur maillage en fonction du solveur qu'ils veulent utiliser et de la physique à résoudre.

Les principaux types de maillage (triangulaire et tétraédrique, quadrangulaire et hexaédrique, hybride, surfacique et volumique, polyédrique, ...) sont détaillés. Les algorithmes utilisés dans les mailleurs libres (Salome, Gmsh) ou commerciaux (Ansys tools, Simail) pour générer ces différents maillages sont présentés.

Un ensemble de règles et de bonnes pratiques concernant la génération des maillages est exposé ainsi que les critères de qualité associés aux différents types de maillage.

Un accent particulier est porté sur des conseils de mise en forme et de valorisation des résultats de simulation afin de mieux mettre en valeur les résultats obtenus dans ce cours comme en BEI ou plus tard dans leur carrière.

Description

- Cours MAILLAGE

Introduction / Exemples

Méthodes numériques et maillages

Algorithmes de maillage triangulaire et tétraédrique

Algorithmes de maillage quadrangulaire et hexaédrique

Méthodes hybrides

Maillages surfaciques

Maillages polyédriques

Bonnes pratiques de maillage / Critères de qualité

Conclusion générale sur les maillages

Maillages disponibles à l'ENSEEIH

Principes de construction des géométries

Cours VISU et POST-TRAITEMENT

Introduction

Contraintes techniques (images et vidéos)

Création d'une vidéo de qualité

Une visualisation de qualité : pièges à éviter, mise en forme à respecter, contenu, valorisation des résultats

- Logiciels de visualisation commerciaux / gratuits

Outils de visualisation et de post-traitement disponibles à l'ENSEEIH

- TRAVAUX DIRIGES

- 4h en commun sur un sujet avec le mailleur Salome pour valider les notions de base

- Mini-projets : En binôme les étudiants réalisent des mini-projets dans lesquels ils choisissent le sujet d'étude à mailler (statoréacteur, flèche, arc de triomphe, module de rentrée atmosphérique, sous-marin, dirigeable, coquillage, ornithorynque, ...), le mailleur (Salome, Gmsh, Ansys tools, StarCCM+, simail, comsol, ...) qu'ils veulent utiliser ainsi que le solveur (Code_Saturne, Ansys, StarCCM+, ...). L'évaluation est une soutenance orale qui porte sur ces mini-projets. Les maillages générés doivent avoir tourné sur le solveur de leur choix ...

METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8G8R4L0
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				

PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8G8R6KD
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Physique des plasmas et applications	Matière				
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière				
Modélisation des phénomènes couplés	Matière				
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière				

Phénomènes avancés en conversion électromécanique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE26B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Familiariser les étudiants avec les différents phénomènes secondaires intervenant dans le dimensionnement avancé des machines électriques.

Description

La conception des machines électriques vise principalement à satisfaire les spécifications de couple, de vitesse ou de position pour répondre à une application. Il existe cependant de multiples phénomènes pouvant significativement impacter le dimensionnement. Des phénomènes vibratoires, thermiques ou bien encore électromagnétiques interviennent. Une connaissance avancée de ces phénomènes permet ainsi leur prise en considération.

Pré-requis obligatoires

- magnétostatique
- modélisation des systèmes électromagnétiques par calcul analytique

Modélisation des phénomènes couplés



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE26C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Le cours "Modélisation analytique des phénomènes couplés" a pour objectif de familiariser les étudiants avec la modélisation des phénomènes électromagnétiques et mécaniques couplés dans les machines asynchrones.

Description

Les étudiants apprendront à établir des modèles analytiques pour décrire le comportement dynamique des machines, en tenant compte des interactions entre le champ magnétique, la mécanique du rotor et les courants électriques. L'accent sera mis sur l'étude des effets de l'asynchronisme, du glissement et des pertes dans les performances globales des moteurs. Les étudiants développeront des compétences pour résoudre ces modèles à l'aide de méthodes analytiques et comprendre l'impact des différentes configurations et conditions de fonctionnement. Enfin, des études de cas et des simulations pratiques permettront de valider les modèles théoriques et d'appliquer ces connaissances à l'optimisation des machines asynchrones dans des applications industrielles.

Pré-requis obligatoires

Modélisation des machines vues des bornes

Introduction à la magnétohydrodynamique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE26E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

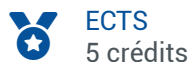
Objectifs

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de formaliser le couplage entre les équations de Maxwell et de Navier-Stokes, d'analyser les écoulements de fluides conducteurs soumis à des champs magnétiques, et d'appliquer ces concepts à des problématiques industrielles concrètes (métallurgie, propulsion, fusion nucléaire).

Description

Ce cours introduit la magnétohydrodynamique (MHD), discipline à l'interface entre la mécanique des fluides et l'électromagnétisme. En s'appuyant sur les acquis des années précédentes, les étudiants y étudient les équations fondamentales de la MHD, les phénomènes clés tels que l'effet Hartmann et les ondes d'Alfvén, ainsi que les principales applications industrielles. Une initiation à la simulation numérique complète l'enseignement.

CEM ET MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES



En bref

- **Code Ametys:** M8G8R5CE
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
CEM aéronautique 1	Matière				
Compatibilité Electromagnétique	Matière				
Calcul Haute Performance	Matière				
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
Modèles Multiphysiques	Matière				

CEM aéronautique 1



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8G8R50N
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A l'issue de l'enseignement, les étudiantes et étudiants seront capables

- d'identifier les origines du couplage
- d'utiliser le formalisme de la théorie des lignes sur des câbles mono- et multiconducteurs
- de comparer différents modèles pour décrire le couplage champ-câble
- d'expliquer l'intérêt et le fonctionnement d'un blindage magnétique et d'un blindage électrique

Description

Cet enseignement présente la compatibilité électromagnétique à basses et hautes fréquences, les méthodes de modélisation des problématiques de couplages et de blindages dans les systèmes électroniques.

Pré-requis obligatoires

Electromagnétisme

Théorie des lignes

Compatibilité Electromagnétique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE29C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Appréhender le domaine de la Compatibilité Electromagnétique (CEM), ses formalismes, ses méthodologies, ses techniques d'analyses et de mesures.

Savoir analyser les cas d'émissions en conduit et rayonné

Savoir analyser les cas de susceptibilité et d'immunité, conduit et rayonné.

Identifier les scenarios de couplages CEM, les modes différentiels et communs, les distinctions champ proche/champ lointain.

Savoir proposer des solutions palliatives et/ou préventives : filtrages, blindages, re-design

Description

Partie théorique :

I - Présentation générale de la Compatibilité Electromagnétique

II- Techniques et outils pour les investigations CEM

III – Méthodologies et techniques de réduction des risques CEM

Partie appliquée/BE :

-Synthèse/applications : 7 cas d'études CEM sur des architectures et cartes électroniques d'un système mécatronique embarqué.

-Analyse CEM complète d'un système mobile autonome

-Spectres d'émission des circuits de puissance

-Cas d'immunité des circuits de commande et des capteurs.

Pré-requis obligatoires

Electronique analogique et numérique, Electronique HF et microondes

Electromagnétisme et phénomènes de propagation en espace libre et guidé

Physique des composants, circuits intégrés, packaging, circuits imprimés (PCB)

Electronique de puissance et convertisseurs

Calcul Haute Performance



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE33A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Compléter les connaissances d'algèbre linéaire vu en S8 et initier à des méthodes de calculs numériques plus récentes pour la résolution de problèmes de grandes tailles.

Description

- Méthodes itératives de résolution de système linéaire :
 - o Richardson
 - o Espaces de krylov : gradient conjugué, GMRES
- Méthodes de bas rang pour les matrices pleines
 - o méthodes multipôles, Adaptive Cross Approximation
 - o matrices hiérarchiques

- Tenseurs
- o Définitions et notions de bases
- o Format de stockage : CP, Tucker, Tensor-Train

Pré-requis obligatoires

Cours d'Algèbre Linéaire S8-EEEE

METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8G8R3G6
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Optimisation Topologique	Matière				
Modélisation numérique par éléments finis	Matière				
Commande optimale	Matière				
Volume finis	Matière				

Optimisation Topologique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE33C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif du cours est de présenter les principes fondamentaux de l'optimisation topologique et les différentes façons de formuler un problème de conception optimale. Il vise également à montrer les limites des approches exhaustives ou métaheuristiques et à expliquer l'intérêt des méthodes à densité associées à l'adjoint pour le calcul du gradient.

Description

Ce module introduit la démarche de l'optimisation topologique et les motivations liées au design optimal de structures ou de dispositifs électromagnétiques. Les étudiants découvrent les principales formulations du problème. Le cours met en évidence les difficultés associées aux méthodes exhaustives ou aux métaheuristiques appliquées directement sur la résolution de problèmes d'optimisation topologique, et explique pourquoi les approches par densité constituent une alternative beaucoup plus efficace. L'utilisation de la méthode de l'adjoint pour calculer le gradient est présentée de façon détaillée sur un exemple complet appliqué à la conception d'un circuit magnétique 2D (équations de la magnétostatique). Les travaux pratiques permettent ensuite de mettre en œuvre un cas simple de conception topologique, notamment l'optimisation de pièces polaires pour un circuit 2D en forme de U, afin de relier les aspects théoriques à une application inspirée d'un propulseur magnétique.

Pré-requis obligatoires

Le cours nécessite une bonne compréhension des équations aux dérivées partielles et des méthodes éléments finis. Des bases en optimisation continue (gradient, optimum local, contraintes simples) ainsi qu'une familiarité avec un langage scientifique comme MATLAB ou Python sont recommandées.

Modélisation numérique par éléments finis



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE27A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Savoir modéliser un problème d'électromagnétisme/génie électrique pour l'amener à un calcul par éléments finis ;
- Comprendre comment fonctionne la méthode des éléments finis ;
- Mettre en œuvre les notions vues en cours avec un outil « libre » sur des exemples simples du génie électrique.

Description

Le cours "Modélisation numérique par les éléments finis" permettra d'aborder les différents éléments suivants :

- la modélisation / mise en équations du problème : choix de la bonne EDP, de la bonne variable, des bonnes conditions aux limites suivant le dispositif à l'étude;
- l'utilisation des éléments finis nodaux pour la discrétisation des potentiels scalaires notamment;
- l'utilisation des éléments finis vectoriels pour la discrétisation des potentiels vecteurs ou des champs E, H, B, D par exemple;
- l'utilisation de formulations couplés à plusieurs champs (utiles quand on a des matériaux différents / ou que l'on veut coupler des phénomènes physiques);

- des notions complémentaires complémentaires concernant notamment le traitement des matériaux non-linéaires, le calcul de grandeurs de type forces, les conditions aux limites équivalentes (pour éviter de mailler certains matériaux ou de grands volumes d'air).

Des séances de Bureau d'études permettront de mettre en œuvre ces notions sur un outil « libre » de calcul par éléments finis.

Pré-requis obligatoires

Pas forcément indispensable mais il peut être utile d'avoir suivi le cours sur les éléments finis de 2e année.

Commande optimale



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE27B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de concevoir des algorithmes de commande optimaux pour les machines électriques, en maîtrisant des techniques telles que la commande vectorielle, la commande prédictive et la commande basée sur les modèles, dans le respect des contraintes industrielles réelles.

Description

Ce cours présente les stratégies de commande avancées appliquées aux machines électriques, avec un accent sur la robustesse, le rendement et la précision. Les étudiants y aborderont les principales méthodes de commande optimale et leurs défis d'intégration dans des systèmes industriels complexes. Des études de cas et des simulations viennent consolider les acquis théoriques en les appliquant à des projets concrets.

Volume finis



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE33D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

construction du schéma Volumes Finis pour la résolution numérique des équations de Maxwell instationnaires et introduction à d'autres schémas spécifiques (Différences Finies en domaine temporel, méthode Galerkin discontinu)

Description

Dans ce cours nous souhaitons étudier la méthode des Volumes Finis pour la résolution numérique des équations de Maxwell en domaine temporel. L'intérêt de ce schéma est sa très grande souplesse (utilisation de maillages proches des géométries, avec des mailles de nature différentes, prise en compte de matériaux discontinus, de feuilles minces...) tout en restant extrêmement efficace. En partant des équations de Maxwell en temps, nous montrerons comment construire le schéma, d'abord en suivant la méthodologie courante qui permet de faire le pont avec la littérature extrêmement riche des schémas développés en CFD, puis en utilisant une construction des flux purement électromagnétique. Nous étudierons également différentes évolutions à travers la montée en ordre, les schémas en temps, les conditions aux limites, etc. Enfin, nous présenterons un ensemble d'applications et deux autres schémas : la méthode Galerkin discontinue (vue comme évolution des Volumes Finis) et le schéma Différences Finies spécifique à l'électromagnétisme (FDTD). Le module se décompose en une partie cours et une partie TP qui permettra de voir comment programmer le schéma et de tester ses propriétés.

Semestre 9 - Parcours Architecture de Commande Informatique et Systèmes Embarqués (ACISE)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8FQM46A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE				5 crédits
Estimation filtrage	Matière				
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE				5 crédits
Commande robuste	Matière				
Commande optimale	Matière				
Optimisation combinatoire	Matière				
TER Opti	Matière				
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière				
Optimisation continue	Matière				
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE				5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière				
Simulation des systèmes à événements discrets	Matière				
Planification et Ordonnancement	Matière				
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière				
TER Atelier Flexible	Matière				
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE				5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière				
Systèmes aéronautiques	Matière				
Robotique : Modélisation et Commande	Matière				
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière				
Commande de Systèmes électriques	Matière				
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE				5 crédits
Sécurité Informatique	Matière				
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière				
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière				
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE16
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Estimation filtrage	Matière				
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				

Estimation filtrage



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE16A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

connaître la valeur des variables internes d'un système à partir de différentes techniques d'estimation basée sur la mesure des sorties du système

Description

Pour commander ou optimiser un système il est souvent nécessaire de connaître la valeur des variables internes de ce système. Comme celles-ci ne sont pas directement accessibles par la mesure, on est amené à les estimer. L'estimation consiste alors à modifier la connaissance sur la valeur des variables internes en fonction de valeurs mesurées au niveau des sorties du système.

Le plan du cours est le suivant:

- 1- Estimation statique
- 2-Processus à temps discret

3-Processus à temps continu

Un BE est également proposé sur la navigation absolue, visuelle et inertielle

Surveillance et Diagnostic systèmes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE16B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Comprendre la situation globale dans le domaine du diagnostic des systèmes électromécaniques.

Identifier les différentes fonctions impliquées dans un système de diagnostic.

Effectuer des analyses FFT sur des signaux réels afin de créer des indicateurs de défauts.

Utiliser la méthode de conception d'expérience pour la modélisation de la durée de vie.

Description

Surveillance et diagnostic des défauts des systèmes électromécaniques

1. Le rôle croissant de la surveillance et du diagnostic des défauts
2. Défaillances dans les systèmes électromécaniques
3. Solutions existantes pour la surveillance et le diagnostic des défauts

4. Introduction à la fiabilité

5. Méthodes de diagnostic : classification et exemples (BE)

6. Conception d'expériences pour une étude de fiabilité (BE)

Cours magistraux et travaux sur ordinateur, basés sur un apprentissage par problèmes

Pré-requis obligatoires

fonctions de base des mathématiques

fonctions de base de l'électronique

Systèmes Multidimensionnels



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE16C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Savoir analyser les problèmes spécifiques aux systèmes multi entrées et multi sorties au niveau de leur représentation et leur commande.
- Savoir formuler la représentation d'état et analyser l'observabilité et la commandabilité du système.

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours et 1 BE

- Cours « Systèmes multidimensionnels »
- BE « Systèmes multidimensionnels »

Systèmes multidimensionnels (CM 8h75, resp. G. Garcia)

Programme :

- Représentations des systèmes multidimensionnels : équations différentielles couplées, matrice de transfert.
- Commandabilité et observabilité des systèmes multidimensionnels.
- Recherche d'une représentation d'état d'un système multidimensionnel à partir d'une matrice de transfert : méthode de Gilbert, méthode des invariants, décomposition en matrice de rang 1.
- Conception d'une commande : placement de pôles, décomposition canonique, placement de vecteurs propres, retour d'états, retour de sortie.

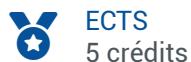
BE Systèmes multidimensionnels (BE 3h30, resp. E. Chantery)

Objectifs : projet d'application du CM "Systèmes Multidimensionnels"

Pré-requis obligatoires

- Modélisation, analyse et commande des systèmes mono-entrée mono-sortie, modèle entrée-sortie, modèle espace d'état.

OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE



En bref

- **Code Ametys:** N9EE17
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Commande robuste	Matière				
Commande optimale	Matière				
Optimisation combinatoire	Matière				
TER Opti	Matière				
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière				
Optimisation continue	Matière				

Commande robuste



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE17A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Présenter les méthodes permettant d'inclure, dans la synthèse des lois de commande, les incertitudes de modélisation pour les modèles espace d'état des systèmes linéaires invariants. Décrire les outils mathématiques et numériques fondés sur l'optimisation convexe et la théorie de la stabilité de Lyapunov débouchant notamment sur les inégalités matricielles (LMI) dont les outils numériques de résolution sont très efficaces.

Description

Chapitre 1 - Introduction

Après avoir rappelé les principaux développements historiques, les limitations des techniques de commande usuelles sont discutées lorsque les incertitudes de modélisation sont significatives.

Chapitre 2 – Compléments concernant les systèmes linéaires

Décrire les principaux concepts utilisés dans le cadre des techniques de commande robuste pour formuler le problème de synthèse à travers un problème d'optimisation, si possible, convexe. En particulier, les normes de signaux ou d'opérateurs (normes H_2 and H_∞), les gramiens de controllabilité et d'observabilité, avec les techniques de calcul associées, sont présentées.

Chapitre 3 – Inégalités matricielles linéaires (LMI)

Introduire le concept d'inégalité matricielle linéaire, donner les premiers exemples dans le contexte de la théorie de Lyapunov. Présenter et appliquer quelques outils mathématiques, comme le complément de Schur ou la S-procédure pour transformer un problème de synthèse de loi de commande, en un problème d'optimisation sous contraintes LMI.

Chapitre 4 – Quelques techniques de calcul de lois de commande robuste utilisant les LMIs

A partir des résultats des chapitres antérieurs, présenter les techniques de commande robuste pour des systèmes incertains décrits dans l'espace d'état. En particulier, les problèmes de rejet de perturbation et placement de pôles sont détaillés. Le chapitre est focalisé sur le retour d'état, mais le cas du retour de sortie est également évoqué.

Pré-requis obligatoires

Cours de représentation, d'analyse et de commande des systèmes linéaires : modèle entrée-sortie, modèle espace d'état

Cours de commande des systèmes monovariables

Cours de commande des systèmes multivariables

Cours de base en mathématiques

Commande optimale



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE17B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Comprendre les principes fondamentaux de la commande optimale pour les systèmes dynamiques continus ou discrets. Savoir formuler, analyser et résoudre un problème de commande optimale en utilisant les outils analytiques et numériques modernes.

Description

Ce cours présente les fondements théoriques et pratiques de la commande optimale appliquée aux systèmes dynamiques. Il introduit la formulation générale d'un problème de commande : dynamique du système, contraintes sur les états et les commandes, et définition d'un critère de performance. Les méthodes classiques sont étudiées en détail, notamment le principe du maximum de Pontryagin. Le cours aborde également des approches numériques telles que les schémas de tir, les méthodes directes ou indirectes. L'accent est mis sur l'interaction entre théorie, modélisation et calcul numérique, avec des exemples issus du contrôle en électromécanique. L'objectif final est de donner aux étudiants les compétences pour développer des méthodes numériques simples de résolution de problème de commande optimale.

Pré-requis obligatoires

*Connaissances de base en systèmes dynamiques (équations différentielles, stabilité).

* Optimisation continues avec contraintes.

Optimisation combinatoire



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE17C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre les concepts fondamentaux et spécificités de l'optimisation combinatoire (notions de complexité, explosion combinatoire, etc.)
- Identifier et modéliser des problématiques de différents domaines ou cahiers des charges sous forme de problèmes d'optimisation combinatoire
- Résoudre des problèmes combinatoires à l'aide de méthodes arborescentes exactes (branch-and-bound) pour garantir l'optimalité des solutions obtenues
- Concevoir des méthodes approchées de type métaheuristiques (algorithmes génétiques, recherche taboue, ...) pour générer des solutions adaptées au contexte, sans garantie d'optimalité mais en temps d'exécution limité
- Implémenter les algorithmes proposés et évaluer leurs performances sur des études de cas issues de différents domaines: informatique, logistique, productique, etc.

Description

Ce cours s'intéresse à la modélisation et la résolution approchée ou exacte de problèmes de décision et d'optimisation combinatoire NP-difficiles rencontrés dans différents domaines.

Pré-requis obligatoires

programmation linéaire

TER Opti



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE17D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Mettre en œuvre des méthodes d'optimisation des flux d'énergie dans un microréseau électrique.

Description

Ce TER permet d'illustrer les techniques d'optimisation (vues dans le cours d'optimisation continue N9EE17F et dans le cours de programmation linéaire N9EE17E) sur un exemple concret. Le cas d'étude proposé concerne un microréseau comportant une production d'énergie photovoltaïque associée à une batterie de stockage pour l'alimentation d'une charge résidentielle (foyer familial). L'objectif est de réduire le coût d'électricité du foyer en s'appuyant sur les tarifications heures creuses / heures pleines et en exploitant le degré de liberté offert par le stockage. Le benchmark proposé permet de tester différentes stratégies de planification des flux d'énergie sur 24H, issues de l'expertise (heuristiques, commandes à base de règles) ou de techniques d'optimisation : méthodes de type gradient, méthodes géométriques, métaheuristiques stochastiques (algorithmes génétiques, essais particuliers, recuit simulé) ou programmation linéaire à variables mixtes (après linéarisation du problème).

Pré-requis obligatoires

cours N9EE17F et N9EE17E

Programmation linéaire et unimodularité.



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE17E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Modéliser des problèmes simples par des programmes linéaires, en traduisant les contraintes du problème par des systèmes d'équations linéaires ou d'inéquations linéaires
- Résoudre ces programmes à l'aide de la méthode graphique pour le cas particulier à deux variables et à l'aide de l'algorithme du simplexe pour le cas général
- Donner des interprétations géométriques et économiques des différentes sorties de cet algorithme en s'appuyant notamment sur la dualité.
- Connaître la propriété d'unimodularité et savoir résoudre les problèmes classiques de flots maximum et flots de cout minimum

Description

La programmation linéaire constitue l'outil fondamental de modélisation et résolution des problèmes d'optimisation en recherche opérationnelle, qui ont une grande importance pratique : problèmes d'affectation, transport, réseaux, production, etc. Ce cours se limite aux problèmes avec variables continues. Le cas des variables binaires ou entières, très courant en pratique, est traité dans le cours "Optimisation Combinatoire" pour lequel ce cours est un pré-requis.

Pré-requis obligatoires

Algèbre linéaire

Optimisation continue



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE17F
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Comprendre et maîtriser les méthodes d'optimisation dédiées à la résolution de problèmes continus non linéaires.

Description

Ce cours dresse un bref état de l'art des méthodes d'optimisation pour la résolution de problèmes non-linéaires et continus. Les différents points abordés dans les différents chapitres concernent :

- La formulation d'un problème d'optimisation monobjectif (sans contraintes), les conditions d'optimalité, la classification des différentes méthodes permettant de traiter un problème ;
- Les méthodes d'optimisation monodimensionnelles : subdivisions d'intervalles, interpolation quadratique, passage par zéro de la dérivée de la fonction objectif ;
- Les méthodes d'optimisation à base de gradient : plus grande pente, gradient accéléré ou conjugué, techniques de Gauss-Newton ou Quasi-Newton ;

- Les méthodes d'optimisation géométriques : à directions fixées ou adaptées au cours de la recherche (Gauss-Seidel, Powell, Hooke & Jeeves), Simplex de Nelder & Mead ;
- Les méthodes d'optimisation stochastiques : recuit simulé, algorithmes évolutionnaires et méthodes de nichage, essaims particuliers ;
- La formulation d'un problème d'optimisation sous contraintes d'inégalités : notion de Lagrangien, conditions d'optimalité de KKT, méthodes de pénalisation ;
- La formulation d'un problème multiobjectif : optimalité au sens de Pareto, décision *a priori* sur les objectifs (objectifs pondérés, méthodes de la contrainte epsilon, méthode du critère global), décision *a posteriori* sur les objectifs (par utilisation d'algorithmes à base de population), techniques progressives ou séquentielles (méthode lexicographique).

Pré-requis obligatoires

Notions de mathématiques de base liées aux fonctions à plusieurs variables, aux opérateurs vectoriels et matriciels et à la géométrie.

MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE18
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière				
Simulation des systèmes à événements discrets	Matière				
Planification et Ordonnancement	Matière				
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière				
TER Atelier Flexible	Matière				

Modélisation et analyse des systèmes discrets



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE18A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Comprendre et maîtriser des outils formels de modélisation et analyse des systèmes concurrents, notamment les réseaux de Petri colorés, intégrant de la gestion du temps (temporels, T-temporisés, P-temporisés), stochastiques, possibilistes, hybrides, imbriqués, ...

Description

· Ce cours s'intéresse aux systèmes concurrents où des processus concurrents et parfois non déterministes doivent être réalisés avec diverses contraintes : ordre d'exécution des événements, interactions entre sous-systèmes, temps. Il vise à poser un cadre de modélisation et analyse à la fois formel et graphique, avec des outils de simulation et analyse au travers de réseaux de Petri ordinaires (low-level PN) et réseaux de Petri de haut-niveau (high-level PN).

Pré-requis obligatoires

N8EE16E: Réseau de Pétri

Simulation des systèmes à événements discrets



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE18B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Maîtriser un logiciel de simulation à événements discrets (Arena)
- Construire la simulation d'un système industriel, logistique ou de service à l'aide de ce logiciel
- Analyser les performances du système (débits, temps d'attente, utilisation des ressources, ...) et proposer des améliorations.
- Valider le modèle de simulation par rapport au cahier des charges réel.
- Rédiger un rapport technique présentant les résultats et recommandations.

Description

La complexité croissante des systèmes impose parfois de faire appel à la simulation comme moyen d'étude lors de la phase de conception ou pour évaluer les performances de choix stratégiques avant d'agir sur le système réel. Ce BE permet aux étudiants de construire la simulation d'un système et l'analyser pour tirer des conclusions fiables et de préférence générales. Ce projet pratique vise à appliquer les concepts théoriques vus dans les cours de réseaux de Petri et ordonnancement pour optimiser la performance et la gestion des flux dans un système industriel, logistique ou de service.

Pré-requis obligatoires

réseau de petri, simulation à événements discrets, ordonnancement

Planification et Ordonnancement



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE18C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les outils et méthodes pour résoudre les principaux types de problèmes d'ordonnancement
- Savoir quand et comment les appliquer

Description

L'ordonnancement consiste à affecter des travaux à des ressources et au cours du temps pour optimiser un critère donné, tout en respectant des contraintes. Ce cours traite des enjeux et les méthodes de planification et d'ordonnancement dans les systèmes (production, logistique, informatique, ...).

Pré-requis obligatoires

optimisation combinatoire

Systèmes Dynamiques Hybrides



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE18D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Analyse et commande des systèmes dynamiques hybrides

Description

Le cours commence par exposer les raisons qui motivent l'étude des systèmes dynamiques hybrides. On peut notamment citer l'existence de systèmes physiques combinant des dynamiques continues, des commutations et/ou des impulsions, comme les convertisseurs de puissance ou les systèmes commandés en réseau. Par ailleurs, certains objectifs de commande de systèmes physiques ne peuvent pas être atteints par des commandes continues classiques.

Par la suite, des méthodes de modélisation et d'analyse de la stabilité (au sens de Lyapunov) des systèmes dynamiques hybrides sont présentées. Enfin, quelques méthodes de synthèse de commandes hybrides sont détaillées.

Une application des lois de commande hybrides à un convertisseur de puissance est réalisée par les élèves dans le cadre d'un bureau d'étude. Les performances obtenues en boucle fermée sont comparées à celles d'une commande directe classique.

Pré-requis obligatoires

N8EE13C - Commande non linéaire

N8EE13A - Espace d'état

TER Atelier Flexible



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE18E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Mettre en place une decision optimisee a base de reseaux de Petri pour un atelier flexible.

Description

- Assurer le respect d'une sequence de production de différents objets devant passer sur des postes dédiés à différentes opérations et utiliser pour cela un circuit et une navette pour les déplacements.
- Assurer plusieurs production d'objets en même temps (Work In Progress >1).
- Par reseau de Petri, proposer une solution de gestion de plusieurs navettes pour une optimisation du cycle de production.

Pré-requis obligatoires

Reseau de Petri, Systemes à Evenements Discrets.

SYSTEMES ASSERVIS AVANCES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE19
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière				
Systèmes aéronautiques	Matière				
Robotique : Modélisation et Commande	Matière				
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière				
Commande de Systèmes électriques	Matière				

Commandes adaptatives et prédictives



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE19A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Maîtriser les concepts de base de la commande adaptative et prédictive et réaliser une première implémentation sur Matlab

Description

Le cours détaille les motivations, en montrant les limites de la modélisation LTI pour représenter des systèmes réels. Les leviers majeurs de design de commande adaptative et predictive sont discutés et illustrés sur les méthodes de séquencement de gain, MRAC et commande predictive classique (coût quadratique et contraintes linéaires). Le cours est ponctué d'exercices qui permettent de préparer le BE, qui porte sur la commande d'un système non-linéaire MIMO (cette année un ensemble de bacs interconnectés).

Pré-requis obligatoires

automatique linéaire (1A), espace d'états (2A)

Systèmes aéronautiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE19B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Construire le modèle, c'est-à-dire l'ensemble des équations différentielles régissant le mouvement (attitude et position) d'un aéronef dans l'espace 3D, en prenant en compte l'environnement (gravité, aérologie).
- Mettre en place une modélisation par espace d'état et une commande par retour d'état pour les cas mono-entrée, et multi-entrées.
- Réaliser une synthèse de retour d'état linéaire quadratique (LQ) et un contrôle LQG
- Appréhender les Normes pour les systèmes linéaires, les exigences H_{∞} pour les systèmes en boucle fermée, le contrôle H_{∞} et le contrôle H_2 pour les véhicules aéronautiques

Description

Ce cours étudie la conception de lois de commande pour véhicules aéronautiques.

Pré-requis obligatoires

- *Espace d'état*
- *Commande non linéaire*

Robotique : Modélisation et Commande



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE19C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaitre les différents éléments de modélisation pour la commande de structures robotiques

Description

- Matrices de transformation homogène de repère 3D pour robot mobile ou manipulateur
- Modèles cinématiques et Dynamiques pour la commande
- Structures de commande classiques, dynamiques et hybrides Position-Force
- BE: mise en oeuvre des blocs de modélisation et de commande sous Matlab-Simulink

Pré-requis obligatoires

Mécanique du point. Algèbre linéaires (vectoriel et matriciel). Architecture de commande.

TER Commande Avancée (ACISE)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE19D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Développer une méthodologie holistique de conception d'architectures de commande: de la modélisation théorique du système à l'implémentation de correcteurs sur calculateur temps-réel ,
- 2) Acquérir la capacité à développer une démarche de type ingénieur en autonomie, pour répondre à une problématique de commande en satisfaisant les exigences d'un cahier des charges,
- 3) S'approprier des connaissances et des savoir-faire en autonomie à partir de documentations techniques et de la littérature scientifique, puis les mettre à profit pour répondre à la problématique posée

Description

- Format: Le thème d'étude et de recherche (TER) "Commande Avancée" est tout d'abord un TER. Dans ce cadre une problématique ouverte, à laquelle il n'y a pas de réponse unique, est posée. Afin de développer les capacités des étudiants à concevoir une démarche de façon méthodique pour répondre à cette problématique, l'enseignement se déroule en mode semi-encadré. Ceci permet d'offrir l'opportunité aux étudiants d'explorer différentes pistes en autonomie.

- Thématique: La problématique à résoudre vise à la conception d'une loi de commande permettant de réaliser l'asservissement en position d'un système électromécanique de type translateur (système ayant pour but de déplacer des charges comme on peut le retrouver dans différents secteurs industriels). Cette conception met en œuvre une démarche globale qui, à partir d'un cahier des charges donné, commence par la modélisation du système à contrôler. A partir de ce modèle, des premiers correcteurs classiques sont alors développés en simulation, puis leur capacité à répondre au cahier des charges est quantifiée et analysée. Des correcteurs plus avancés sont alors conçus et étudiés afin d'évaluer s'ils permettent d'apporter une meilleure réponse au cahier des charges. Parmi les différents correcteurs analysés, un choix est à faire quant à celui qui sera ensuite discrétisé pour une implémentation temps-réel sur le dispositif réel. La validation expérimentale sur le translateur est l'étape finale qui permet de faire des derniers ajustements des correcteurs vis à vis des performances requises à atteindre.

Pré-requis obligatoires

- Méthodologies de modélisation des systèmes dynamiques en vue de la commande (Multiples cours au sein du parcours Energie),
- Synthèse de correcteurs de type P, PI, PID,... et choix de la méthode de synthèse selon différentes caractéristiques du système à contrôler (en lien avec le Cours "N7EE05C: Synthèse de correcteurs et architectures de commande"),
- Modélisation des systèmes dans l'espace d'état (Cours "N8EE13A: Analyse et synthèse des systèmes dans l'espace d'état"),
- Synthèse de correcteurs discrets (en lien avec le Cours "N7EE05B: Systèmes échantillonnés"),

Commande de Systèmes électriques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE19E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif principal est d'illustrer et de mettre en place, via la simulation numérique, des principes de l'automatique générale pour les systèmes de conversion et de traitement de l'énergie électrique. L'ambition est de donc développer une compétence sur la commande des systèmes électriques en mixant des savoir-faire issus du génie électrique et des techniques de commande des systèmes au sens large.

Description

Une première partie du cours est dévolue à la présentation de concepts généraux de commande issus de l'automatique linéaire, non-linéaire, et échantillonnée ainsi que quelques grands principes pour la conversion de l'énergie (Contrôle vectoriel des machines électriques et MLI vectorielle pour les onduleurs triphasés). Ensuite les étudiants répartis en groupe (binôme ou trinôme) choisissent un sujet parmi une liste et le traite en simulation via MATLAB-SIMULINK. Le déroulement comporte une phase de modélisation et de simulation de l'objet à piloter puis une phase de conception de la loi de commande répondant au cahier des charges. Afin les étudiants doivent tester et évaluer les performances obtenues. A l'issue des séances, chaque groupe rédige un compte-rendu témoignant des démarches opérées et des résultats obtenus.

Liste des sujets proposés :

- Redresseur MLI Triphasé, Commande sur les axes abc + Régulateur de tension et PLL
- Filtre actif Monophasé avec boucle à MLI, Régulateur RST pour les courants et approche globale pour les références harmoniques.
- Filtre actif Triphasé avec boucle MLI, Régulateur RST pour les courants et approche globale pour les références harmoniques
- Redresseur Monophasé avec boucle MLI, Régulateur RST pour les courants et la tension + PLL
- Machine synchrone à aimants à pôles lisses, Contrôle vectoriel et Contrôle en cascade pour la vitesse et la position.
- Machine synchrone à aimants à pôles lisses, Contrôle scalaire et retour d'état pour la vitesse et la position.
- Machine asynchrone triphasé, Contrôle vectoriel direct et Contrôle la vitesse et observateur de flux.
- Machine asynchrone triphasé, Contrôle vectoriel indirect et Contrôle cascade vitesse et position.

Pré-requis obligatoires

- Automatique des systèmes linéaires N7EE05B, N7EE05C, N7EE05D
- Réseaux électriques N7EE04D
- Machines électriques N7EE03B
- Systèmes automatiques et non linéaires N8EE13A, N8EE13B, N8EE13C, N8EE13D
- Architectures et commande des systèmes électriques N8EE15C, N8EE15D, N8EE15E
- Systèmes à événements discrets et échantillonnés N8EE16A

SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE20
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Sécurité Informatique	Matière				
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière				
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière				
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière				

Sécurité Informatique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE20A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Introduction aux concepts de base de la sécurité des systèmes d'information (classification des attaques, cryptographie, évaluation)

Illustration par des exemples (DES/AES, RSA, Diffie-Hellmann, signatures électroniques)

Authentification et protocoles d'authentification sans apport de connaissance (Needham-Schroeder, Fiat-Shamir). Exemples : Kerberos, carte à puce.

Protection dans les systèmes informatiques (politique de sécurité discrétionnaire et obligatoire) et exemples

Notions de tolérance aux intrusions (schémas à seuil de Shamir, etc.).

Pré-requis obligatoires

Connaissances de base en informatique (matériel, système opératoire, langage)

Sûreté de fonctionnement informatique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE20B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Généralités, définitions et notions de base (attributs, entraves), moyens de la sûreté de fonctionnement (prévention, tolérance, élimination, prévision) et mesures

Techniques de tolérance aux fautes (hypothèses de fautes, techniques de base, stratégies de réplique) et solutions architecturales

Techniques de validation, en particulier par injection de fautes (principes, analyse de robustesse, exemples d'outils et de résultats expérimentaux)

Exemples de systèmes industriels (e.g. Airbus A320, Boeing B777), synthèse et conclusion

TER « Système critique » associé à ce cours

Pré-requis obligatoires

Connaissances de base en informatique (matériel, système opératoire, langage)

Notion de modélisation comportementale des systèmes informatiques

Tests et Evaluation de la sûreté



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE20C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Test :

Concepts introductifs : but du test, autres approches de vérification (revues et inspections, interprétation abstraite, preuves de théorèmes, vérification de modèles, exécution symbolique), coût de l'élimination des fautes, problème de l'oracle, problème de la sélection des tests.

Méthodes de test structurel : graphe de contrôle, critères de couverture (instructions, branches, chemins, boucles, MCDC).

Méthodes de test fonctionnel : classes d'équivalence et valeurs aux limites, couverture d'une table de décision, test à partir d'une machine à états finis.

Génération non déterministe : fuzzing, test opérationnel, test basé sur des métaheuristiques de recherche.

Illustration sur des exemples

Evaluation :

Prévision des pannes.

Évaluations ordinales (ou qualitatives) et stochastiques (ou quantitatives).

Fiabilité stable vs évolutive (croissante, décroissante).

Mesures (ou métriques) de fiabilité.

Approches d'évaluation : modélisation (AMDEC, diagrammes de fiabilité, arbres de fautes), mesures.

Cas des systèmes critiques

Pré-requis obligatoires

Connaissances de base en informatique (matériel, système opératoire, langage)

Notion de modélisation comportementale des systèmes informatiques

Développement de systèmes informatiques critiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE20E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- *Appréhender les contraintes (ou spécifications non-fonctionnelles) ainsi que les éléments de conception matérielle et logicielle des systèmes embarqués*
- *Connaitre et mettre en application la modélisation UML et les principes du développement orienté objet*

Description

Ce cours est consacré au processus de conception et développement pour les systèmes embarqués.

Pré-requis obligatoires

- *N7EE01A Conception et programmation orientée-objet*
- *N7EE01B Principes des systèmes d'exploitation*

· N7EE01C Architecture des calculateurs

Semestre 9 - Parcours ElectroMécanique Avancées (EMA)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

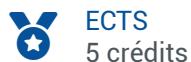
En bref

- **Code Ametys:** M8FRAQ2Y
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE				5 crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière				
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière				
Modélisation des phénomènes couplés	Matière				
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE				5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière				
Commande optimale	Matière				
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière				
Modélisation numérique des machines	Matière				
CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES	UE				5 crédits
Éléments de conception des convertisseurs statiques	Matière				
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière				
Initiation à la CAO	Matière				
Générateurs électriques	Matière				
ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière				
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière				
Compatibilité Electromagnétique	Matière				
Estimation filtrage	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				
MECATRONIQUE APPLIQUEE	UE				5 crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière				
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière				
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière				
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE



En bref

- **Code Ametys:** N9EE26
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière				
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière				
Modélisation des phénomènes couplés	Matière				

METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE27
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière				
Commande optimale	Matière				
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière				
Modélisation numérique des machines	Matière				

Dimensionnement optimisé des machines électriques



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE27C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Comprendre les principes, atouts et limites des métaheuristiques pour l'optimisation globale de problèmes complexes. Savoir appliquer et paramétrer des méthodes stochastiques modernes pour le dimensionnement optimisé de machines électriques.

Description

Ce cours introduit les techniques d'optimisation globale basées sur des approches stochastiques et métaheuristiques, aujourd'hui largement utilisées dans la conception avancée des machines électriques et des actionneurs. Après une présentation des problématiques de dimensionnement (modèles électromagnétiques, contraintes géométriques et thermiques, fonctions objectif multicritères), le cours détaille les grandes familles de métaheuristiques : recuit simulé, recherche tabou, VNS, algorithmes génétiques et stratégies multistart. Les principes, réglages des paramètres, mécanismes d'exploration/exploitation et critères d'arrêt sont explicités à travers de nombreux exemples. Une part importante du cours est consacrée à l'intégration de ces méthodes avec des modèles physiques ou numériques (FEM, modèles analytiques, surrogate modeling, approches multi-fidélité), ainsi qu'aux stratégies pour réduire les coûts de calcul dans des problèmes de conception industriels. Des études de cas complètes sur des moteurs synchrones avec aimants, permettent de relier les aspects théoriques à des applications concrètes. L'objectif final est

de donner aux étudiants une maîtrise opérationnelle des métaheuristiques pour résoudre des problèmes de conception réalistes, fortement non convexes, et pouvant être bruités ou multimodaux.

Pré-requis obligatoires

- Bases en optimisation numérique (gradients, descentes, notions de convexité).
- Connaissances de base en électromagnétisme appliqué aux machines électriques (modèles de champs, pertes, couples).
- Notions en simulation numérique (FEM ou modélisation paramétrique).
- Un plus : avoir suivi un cours d'optimisation sans contraintes ou d'optimisation continue classique.

Modélisation numérique des machines



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE27D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Le cours "Modélisation numérique des machines" a pour objectif d'initier les étudiants à l'utilisation du logiciel ANSYS Maxwell pour la modélisation et l'analyse des machines électriques.

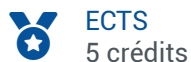
Description

Les étudiants apprendront à créer des modèles numériques détaillés de machines telles que les moteurs, générateurs et transformateurs en utilisant les outils de simulation électromagnétiques du logiciel. L'accent sera mis sur l'analyse des champs magnétiques, des pertes par courant de Foucault et de l'interaction entre les composants mécaniques et électriques au sein de la machine. Les étudiants acquerront également des compétences pour optimiser la conception des machines en fonction des résultats de simulation, en améliorant leur efficacité, leur rendement et leur fiabilité. Enfin, des travaux pratiques et des études de cas leur permettront d'appliquer ces techniques à des projets industriels réels, renforçant ainsi leur maîtrise des outils de simulation numérique dans le domaine des machines électriques.

Pré-requis obligatoires

Modélisation des machines vues des bornes

CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES



En bref

- **Code Ametys:** N9EE28
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Éléments de conception des convertisseurs statiques	Matière				
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière				
Initiation à la CAO	Matière				
Générateurs électriques	Matière				

Éléments de conception des convertisseurs statiques



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE28B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

disposer de connaissances permettant de contribuer au design de l'onduleur alimentant une machine alternative, en intégrant les aspects architecture, commande, choix des semiconducteurs

- + être capable de justifier la structure de puissance du convertisseur d'alimentation (onduleur triphasé) et d'identifier les grandeurs dimensionnantes principales
- + identifier les degrés de liberté qu'apporte la structure de l'onduleur triphasé et connaître leur déclinaison à différentes échelles de temps (en instantané, dans le domaine des basses fréquence par rapport à la fréquence de commutation)
- + savoir exploiter les degrés de liberté pour assurer la maîtrise des courants injectés dans les enroulements de la machine
- + comprendre les réversibilités en puissance (aux échelles de temps de la période de commutation, de la période des courants machine, en permanent)
- + comprendre les contraintes de fonctionnement de l'étage d'alimentation de l'onduleur, relatives aux réversibilités en puissance de l'onduleur
- + comprendre le principe de filtrage de l'onduleur (étage DC) et dimensionner les composants du filtre

- + comprendre le phénomène d'instabilité résultant du comportement de "charge à puissance constante" de l'onduleur associé à sa régulation
- + connaître le principe de stabilisation et dimensionner un circuit dédié
- + identifier les pertes générées dans les composants semi-conducteur constituant la cellule de commutation de l'onduleur, leur nature (conduction ou commutation) et leur localisation (transistor ou diode)
- + comprendre le contenu de la datasheet d'un transistor de puissance et celle d'un dissipateur thermique
- + savoir dimensionner le nombre de modules de puissance à utiliser pour une gamme de courant donnée
- + savoir utiliser un modèle de pertes de transistor et de diodes sous PLECS et exploiter les résultats obtenus en simulation
- + comprendre le dimensionnement d'un dissipateur thermique et savoir simuler le comportement thermique dynamique du montage pour plusieurs points de fonctionnement

Description

2 volumes de cours magistraux : architecture et contrôle (3 * 1h45)

- HP composants semiconducteurs (2 * 1h45)

- MC

1 Bureau d'étude (2 * 3h30), s'appuyant sur l'utilisation et l'amélioration d'un modèle de simulation (logiciel PLECS):

- + étude de l'architecture et une implémentation de la commande d'un drive (machine synchrone à aimant permanent)
- + étude et dimensionnement de l'étage de filtrage (coté DC de l'onduleur)
- + étude des réversibilités du courant prélevé par l'onduleur sur la source DC
- + mise en évidence du phénomène d'instabilité et dimensionnement d'une solution stabilisatrice
- + étude des pertes générées dans les composants semi-conducteur constituant la cellule de commutation de l'onduleur,
- + analyse de la datasheet d'un transistor de puissance MOSFET SiC et IGBT Si
- + dimensionnement du nombre de modules de puissance à utiliser en fonction d'un point de fonctionnement visé
- + utilisation de modèles PLECS de pertes des transistors et de diodes SiC et Si
- + dimensionnement du dissipateur thermique et simulation thermique du montage

Pré-requis obligatoires

+ notion de cellule de commutation et de fonction de connexion ; caractéristiques statiques et dynamiques des composants semi conducteurs (cours 2A-NRJ : N7EE02A)

+ notions de pertes par commutation et par conduction des composants semiconducteurs (cours 2A-NRJ : N7EE02A - Approches énergétiques de la conception des CVS)

Conception mécanique des actionneurs et générateurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE28C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Le cours "Conception mécanique des actionneurs et générateurs" a pour objectif d'apporter aux étudiants les compétences nécessaires pour concevoir et optimiser les aspects mécaniques des actionneurs et générateurs utilisés dans les systèmes électromécaniques.

Description

Les étudiants apprendront à analyser les contraintes mécaniques et thermiques, ainsi qu'à sélectionner les matériaux et les géométries appropriées pour garantir la performance, la fiabilité et la durabilité des dispositifs. L'accent sera mis sur la modélisation des forces, des couples et des vibrations dans les actionneurs, ainsi que sur les techniques de dimensionnement des rotors, stators et autres composants mécaniques. Les étudiants exploreront également l'intégration des aspects électriques et mécaniques dans la conception pour maximiser l'efficacité des machines. Enfin, à travers des études de cas et des projets pratiques, ils appliqueront ces connaissances à des problématiques réelles d'industrie, renforçant ainsi leur capacité à concevoir des systèmes d'actionnement et de génération adaptés à des applications variées.

Pré-requis obligatoires

Pas de prérequis

Initiation à la CAO



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE28D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Le bureau d'étude "Initiation à la CAO" a pour objectif d'introduire les étudiants aux fondamentaux de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) en utilisant le logiciel Autodesk Inventor.

Description

Les étudiants apprendront à concevoir des modèles 3D de pièces et d'assemblages complexes, en maîtrisant les outils de modélisation paramétrique et la création de dessins techniques associés. L'accent sera mis sur l'utilisation des fonctionnalités du logiciel pour réaliser des simulations de contraintes, de mouvements et d'interférences, afin de garantir la viabilité des conceptions. Les étudiants découvriront également les processus de gestion des versions de modèles, d'analyse de tolérances et de préparation à la fabrication. Enfin, à travers des projets pratiques, ils auront l'opportunité d'appliquer ces compétences à des projets industriels réels, développant ainsi leur capacité à utiliser un logiciel de CAO de manière professionnelle et efficace.

Pré-requis obligatoires

Pas de prérequis

Générateurs électriques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE28E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Le bureau d'étude "Générateur électrique" a pour objectif de permettre aux étudiants de concevoir et de développer un système électromécanique innovant en utilisant un vélo d'appartement comme générateur d'électricité.

Description

Les étudiants apprendront à dimensionner et intégrer les composants nécessaires, tels que les alternateurs, les circuits de redressement et les systèmes de stockage d'énergie, afin de produire une alimentation électrique à partir du mouvement mécanique du vélo. L'accent sera mis sur l'optimisation de l'efficacité énergétique du générateur, la gestion de l'énergie produite et l'adaptation des systèmes de contrôle pour garantir un rendement maximal. Les étudiants aborderont également les aspects mécaniques et ergonomiques liés à l'adaptation du vélo d'appartement, tout en prenant en compte les contraintes pratiques telles que la durabilité et la sécurité. Enfin, à travers des phases de prototypage et de tests, ils appliqueront leurs compétences techniques pour créer un générateur fonctionnel et adapté à des applications pratiques telles que la recharge d'appareils électroniques.

Pré-requis obligatoires

- Modélisation des machines vues des bornes
- Modélisation analytique des machines
- Modélisation numérique des machines vues des bornes
- Méthodes d'optimisation
- CAO
- Circuit de base de conversion statique

ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE29
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière				
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière				
Compatibilité Electromagnétique	Matière				
Estimation filtrage	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				

Stratégie de commande des actionneurs électriques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE29A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif principal concerne la montée en compétence dans le domaine des stratégies de commande des variateurs de couple, de vitesse et de position pour les machines électriques triphasées évoluant dans leur contexte (transport terrestre, aéronautique, spatial, maritime, et industrie, ...). Les fonctionnements dans les 4 quadrants du plan couple-vitesse sont explorés et un accent particulier est mis sur le dimensionnement des lois de commande et des observateurs associés.

Description

A partir d'un socle commun, mettant en évidence les procédures élémentaires de modélisation des machines électriques, le cours s'ouvre en 2 branches d'égales importantes dévolues respectivement aux machines synchrones et aux machines asynchrones – machines à induction:

Machines synchrones:

- Représentation des machines électriques synchrones- Modèle
 - Mise en équation, hypothèses
 - Représentation triphasée et diphasée
 - Machine non-sinusoïdale

- Ondulation de couple (origines)
- Commande classique de la machine synchrone
 - Commande scalaire
 - Commande classique
- Commande avancée de la machine synchrone
 - Amélioration de la qualité du couple produit
 - Défluxage des machines à aimant
 - Commande sans capteur mécanique

Machines asynchrones (MAS) – machines à induction (MI) :

- Machine asynchrone à induction (MAS), modèles directs et inverses
 - o Modes d'alimentation d'une machine asynchrone triphasée à cage – cahiers des charges
 - o Modélisation de la MAS triphasée, définition des paramètres, hypothèses simplificatrices
 - o Transformations triphasée – diphasées, conservation de puissance vs conservation d'amplitude
- Estimateurs, Observateurs – capteurs indirectes d'une MAS à cage
 - o Estimation / Observation déterministes du Flux
 - o Observations stochastiques – Filtre de Kalman du Flux
 - o Observations de la vitesse de rotation, méthodes partiels et globales
- Commandes indirectes et directes d'une MAS à cage
 - o Commandes linéaires scalaires et vectorielles
 - o Commandes non linéaires à mode glissant et linéarisation exacte
- Commande d'une Machine Asynchrone Doublement Alimentée (MADA)
 - o Double commande vectorielle – propulsion navale

Commande par le rotor – turbinage / pompage

Pré-requis obligatoires

- Modélisation électromagnétique des machines: N7EE03B
- Modulation et filtrage des onduleurs de tension: N7EE04D
- Synthèse de correcteurs et architectures de commande : N7EE05C
- Espace d'état: N8EE13A
- Commande des convertisseurs: N8EE15C
- Commande des machines: N8EE15D
- Projet chaîne de traction ZOE: N8EE15E

TER Commande des Actionneurs Electriques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE29B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Développer une méthodologie de conception d'architectures de commande pour machines électriques triphasées: de la modélisation de la machine étudiée à la conception de l'architecture imbriquée de commande scalaire et vectorielle,
- 2) Acquérir la capacité à développer une démarche de type ingénieur en autonomie, pour répondre à une problématique de commande de machine électrique en satisfaisant les exigences d'un cahier des charges,
- 3) Concevoir une architecture de commande appropriée pour la machine étudiée incluant la commande en tension du convertisseur, une boucle de commande des courants dont les performances sont maîtrisées, une stratégie de commande en couple voire une boucle de commande en vitesse,

Description

- Format: Le thème d'étude et de recherche (TER) "Commande des Actionneurs Electriques" est tout d'abord un TER. Dans ce cadre une problématique ouverte, à laquelle il n'y a pas de réponse unique, est posée. Afin de développer les capacités des étudiants à concevoir une démarche de façon méthodique pour répondre à cette problématique, l'enseignement se déroule en mode semi-encadré. Ceci permet d'offrir l'opportunité aux étudiants d'explorer différentes pistes en autonomie.

- Thématique: La problématique à résoudre vise à la conception d'une architecture de commande en simulation d'un actionneur électrique (machine triphasée, synchrone ou asynchrone). Cette conception met en œuvre une démarche globale de complexité progressive visant à concevoir chaque boucle de commande l'une après l'autre de façon imbriquées. Pour chaque boucle, à partir d'un cahier des charges donné, la première étape consiste en la modélisation du comportement du système qu'il est souhaité de contrôler avant de laisser place à la conception du contrôleur associé en se basant sur le principe du "modèle inverse". Le modèle électrique du système convertisseur-machine en régime permanent permet l'analyse des limites de fonctionnement dans le plan couple-vitesse et aide à l'élaboration de stratégies de commande en couple qui constitue la dernière étape de l'architecture de commande. Les performances de fonctionnement obtenues pour le système dans son ensemble sont alors quantifiées et analysée en fonction des différents choix de conception des boucle de commande et de la stratégie de commande en couple choisie.

Pré-requis obligatoires

- Cours "N8EE15C: Commande des convertisseurs",
- Cours "N8EE15D: Commande des machines",
- Cours "N8EE15F: Eléments de conception des associations CVS/machines"
- Cours "N9EE29A: Stratégie de commande des actionneurs électriques",

Estimation filtrage



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE29D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de cet enseignement est la présentation du filtre de Kalman et de ses variantes comme outil pour estimer l'état d'un système dynamique en présence de bruits de mesure, et filtrer les mesures.

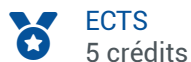
Description

- Analyse statistique du comportement des systèmes dynamiques soumis à des perturbations aléatoires.
- Estimation Bayésienne et équations du filtrage optimal
- Algorithmie du filtrage de Kalman et de ses variantes (filtre de Kalman étendu et filtre de Kalman sans parfum).
- Propriétés et réglage du filtre.
- Choix et développement d'un modèle pour la synthèse du filtre en fonction des objectifs
- Application à l'estimation de la charge d'un moteur,
- Application à la commande sans capteur des moteurs.

Pré-requis obligatoires

- Statistique: variables aléatoires, densité de probabilité, moyenne et variance.
- Automatique: représentation d'état des systèmes dynamiques à temps continu et à temps discret.

MECATRONIQUE APPLIQUEE



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE30
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière				
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière				
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière				
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière				

TER Commande Avancée (EMA)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE30A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- 1) Développer une méthodologie holistique de conception d'architectures de commande: de la modélisation théorique du système à l'implémentation de correcteurs sur calculateur temps-réel ,
- 2) Acquérir la capacité à développer une démarche de type ingénieur en autonomie, pour répondre à une problématique de commande en satisfaisant les exigences d'un cahier des charges,
- 3) S'approprier des connaissances et des savoir-faire en autonomie à partir de documentations techniques et de la littérature scientifique, puis les mettre à profit pour répondre à la problématique posée

Description

- Format: Le thème d'étude et de recherche (TER) "Commande Avancée" est tout d'abord un TER. Dans ce cadre une problématique ouverte, à laquelle il n'y a pas de réponse unique, est posée. Afin de développer les capacités des étudiants à concevoir une démarche de façon méthodique pour répondre à cette problématique, l'enseignement se déroule en mode semi-encadré. Ceci permet d'offrir l'opportunité aux étudiants d'explorer différentes pistes en autonomie.

- Thématique: La problématique à résoudre vise à la conception d'une loi de commande permettant de réaliser l'asservissement en position d'un système électromécanique de type translateur (système ayant pour but de déplacer des charges comme on peut le retrouver dans différents secteurs industriels). Cette conception met en œuvre une démarche globale qui, à partir d'un cahier des charges donné, commence par la modélisation du système à contrôler. A partir de ce modèle, des premiers correcteurs classiques sont alors développés en simulation, puis leur capacité à répondre au cahier des charges est quantifiée et analysée. Des correcteurs plus avancés sont alors conçus et étudiés afin d'évaluer s'ils permettent d'apporter une meilleure réponse au cahier des charges. Parmi les différents correcteurs analysés, un choix est à faire quant à celui qui sera ensuite discrétisé pour une implémentation temps-réel sur le dispositif réel. La validation expérimentale sur le translateur est l'étape finale qui permet de faire des derniers ajustements des correcteurs vis à vis des performances requises à atteindre.

Pré-requis obligatoires

- Méthodologies de modélisation des systèmes dynamiques en vue de la commande (Multiples cours au sein du parcours Energie),
- Synthèse de correcteurs de type P, PI, PID,... et choix de la méthode de synthèse selon différentes caractéristiques du système à contrôler (en lien avec le Cours "N7EE05C: Synthèse de correcteurs et architectures de commande"),
- Modélisation des systèmes dans l'espace d'état (Cours "N8EE13A: Analyse et synthèse des systèmes dans l'espace d'état"),
- Synthèse de correcteurs discrets (en lien avec le Cours "N7EE05B: Systèmes échantillonnés"),

Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE30B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les phénomènes ondulatoires de base et les interactions dans les matériaux complexes
- Comprendre les contraintes techniques liées à l'environnement spatial
- Être capable de combiner et d'appliquer des phénomènes dynamiques pour obtenir la réponse souhaitée d'une structure
- Comprendre les concepts d'impédance mécanique et de diffusion multiple
- Connaître les principes de conception des métamatériaux et être capable de les appliquer à une application particulière
- Comprendre les différences de dynamique entre les systèmes discrets et continus
- Classer les différentes technologies d'actionnement et reconnaître leurs capacités
- Vérifier les exigences de l'application afin d'élaborer les spécifications

- Élaborer un modèle numérique multiphysique pour concevoir l'actionneur
- Acquérir/améliorer des compétences en matière de travail d'équipe, de réflexion et de résolution de problèmes, de planification et de coordination des tâches, de décomposition des problèmes en sous-tâches et de leur interface pendant le travail, de planification et de vérification de projets

Description

Les structures spatiales mécatroniques nécessitent des solutions particulières en termes d'efficacité, de robustesse et de précision pour les équipements qui doivent fonctionner pendant plusieurs décennies sans entretien. Dans ce contexte, la technologie piézoélectrique associée à des propriétés matérielles particulières peut apporter des solutions multidomaines pour l'actionnement, l'isolation mécanique ou la récupération d'énergie. Les métamatériaux élastiques offrent de nouvelles possibilités en termes de réponse mécanique dynamique. Les métamatériaux sont une nouvelle classe de matériaux qui présentent des propriétés extraordinaires. Dans le contexte de la dynamique, ils peuvent afficher une masse et/ou une rigidité effective négative, élargissant ainsi l'espace de conception classique des matériaux d'ingénierie. Ils peuvent donc être très intéressants pour la conception de dispositifs polyvalents haute performance.

Dans ce cours, les étudiants découvriront les applications des métamatériaux élastiques pour divers dispositifs mécatroniques spatiaux, en particulier les collecteurs d'énergie, les actionneurs, les capteurs et les transformateurs électromécaniques, et apprendront comment les métamatériaux peuvent être conçus et utilisés pour améliorer considérablement les propriétés dynamiques de ces systèmes. Les étudiants auront l'occasion de concevoir un dispositif, depuis les principes théoriques jusqu'aux simulations, en passant par le prototypage et les tests électromécaniques physiques.

Le cours comprend 8 séances au cours desquelles nous présentons les connaissances théoriques et pratiques nécessaires, suivies de 4 séances consacrées à un projet étudiant axé sur la conception, l'assemblage et le test d'un dispositif prototype. Enfin, les étudiants participent à un projet de niveau industriel soutenu et supervisé par des experts de haut niveau du secteur spatial.

Techniques de bobinages des machines électriques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE30D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de définir une configuration de bobinage pour tout type de machine triphasée à courant alternatif, de proposer des solutions conventionnelles ou spécifiques, et de caractériser le contenu harmonique du couple dynamique de la machine.

Description

Ce cours initie les étudiants aux techniques de bobinage des machines électriques, composante essentielle de la conception d'un actionneur. Le bobinage conditionne les niveaux de tension et de courant de l'alimentation, et influence le contenu harmonique des champs magnétiques, impactant directement le rendement de l'association machine-convertisseur. Les concepts théoriques sont mis en pratique à travers des exercices de conception de bobinages variés.

Semestre 9 - Parcours Conversion électrique et Réseaux d'Énergie (CERE)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

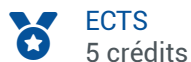
En bref

- **Code Ametys:** M8FR9UMP
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE	UE				5 crédits
Conception système	Matière				
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière				
CVS Réseaux HVDC	Matière				
CONCEPTION DES CVS	UE				5 crédits
Conception CVS	Matière				
Commande CVS	Matière				
TER Architecture et Commande	Matière				
Technologie EnP	Matière				
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE				5 crédits
Fiabilité CVS	Matière				
CEM	Matière				
X. Niveaux	Matière				
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière				
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE				5 crédits
Commande des actionneurs	Matière				
TER Commande des Actionneurs	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE				5 crédits
Réseaux autonomes	Matière				
Sources, réversibilité, stockage	Matière				
Smartgrids	Matière				
1/2 Journées thématiques	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE



En bref

- **Code Ametys:** N9EE21
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception système	Matière				
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière				
CVS Réseaux HVDC	Matière				

Conception système



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE21A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Sensibiliser le futur ingénieur à l'approche systémique de la conception des dispositifs à énergie électrique.
- Présenter une approche méthodologique pour la modélisation et l'analyse systémique, s'appuyant sur le formalisme Bond Graph Causal.
- Appliquer cette approche au domaine de l'Energie Electrique, pour des systèmes multi-physiques et présenter un ensemble de classes de modèles (convertisseurs statiques, machines électriques, accumulateurs ...) orienté vers l'approche système
- Connaître les méthodes d'optimisation mathématiques dont dispose l'ingénieur pour la conception automatique optimale de systèmes en génie électrique

Description

Cette matière regroupe 2 volumes de cours et un BE :

- Cours « Conception par optimisation »

- Cours « Conception Système »
- BE « Conception Système – EHA »

Conception par optimisation (CM – 8h75, resp. B. Sareni)

Programme :

- Introduction à l'optimisation : Contexte et importance de l'optimisation / Formulation d'un problème d'optimisation / Classification des méthodes d'optimisation
- Méthodes d'optimisation unidimensionnelles : Méthodes d'intervalles (dichotomie, Fibonacci, nombre d'or) / Méthodes d'interpolation / Recherche du passage par zéro de la dérivée
- Méthodes d'optimisation multidimensionnelles : Méthodes analytiques : gradient, gradient accéléré, gradient conjugué, Gauss-Newton, Quasi-Newton (BFGS, DFP) / Heuristiques géométriques : Méthodes de Gauss-Seidel, Powell, Hooke & Jeeves, Nelder & Mead / Méthodes stochastiques : Random Walk, recuit simulé, algorithmes évolutionnaires, méthodes de nichage, essaims particuliers
- Optimisation sous contraintes : Formalisation du Lagrangien / Condition d'optimalité de KKT / Méthodes de pénalisation
- Optimisation multi objectif : Optimalité au sens de Pareto / Classification des méthodes d'optimisation multi-objectifs / Méthodes de pondération, objectif idéal, objectifs bornés, lexicographique, logique floue
- Applications en Génie Electrique : Optimisation d'un connecteur HT / Identification de paramètres / Dimensionnement optimal d'une locomotive hybride / Optimisation d'une chaîne éolienne passive

Conception Système (CM – 12h25, resp. A. JAAFAR)

Programme :

- Sensibilisation à l'approche système : contexte, enjeux et caractéristiques de la conception système.
- Approche méthodologique : le Bond Graph Causal, Champ applicatif : modélisation en Génie Electrique pour l'analyse systémique.
- Exemples de modèles pour les convertisseurs statiques, les machines électriques, les composants de stockage, leurs associations.

BE « conception système - EHA » (BE – 7h, resp. A. JAAFAR, B. Sareni)

Objectifs : L'objectif de ce bureau d'étude est de modéliser un actionneur électro-hydraulique (EHA) à l'aide de l'outil de modélisation Bond-Graph et ensuite remplacer la source d'alimentation de cet actionneur par une pile à combustible hybridée par des supercondensateurs.

Programme :

- Modélisation de l'EHA à l'aide de l'outil Bond Graph

- Etude de la causalité du système
- Détermination de la fonction de transfert à l'aide du schéma Bond Graph établi
- Dimensionnement d'un système hybride à base de pile à combustible et de super condensateurs pour l'alimentation de l'EHA
- Gestion énergétique du système hybride : approche fréquentielle

Pré-requis obligatoires

- Mathématiques, modélisation des systèmes dynamiques par équations différentielles,
- représentation par fonction de transfert et dans l'espace d'état.

CVS pour conditionnement réseaux d'énergie



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE21B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les fonctionnalités de l'onduleur de tension raccordé à un réseau de distribution d'énergie électrique. Savoir dimensionner un onduleur de tension et ses éléments de filtrage afin de contrôler les échanges de puissance active et réactive ou d'assurer une fonction de filtrage actif d'harmoniques.

Description

Cette matière regroupe 1 volume de cours et un BE :

- Cours « CVS pour Conditionnement Réseaux d'Energie »
- BE « CVS pour Conditionnement Réseaux d'Energie »

CVS pour Conditionnement rés. Énergie (CM – 5h25, resp. P. Ladoux)

Programme :

- Rappels sur les réseaux électriques : réglage de tension et de puissance réactive.

- Fonctionnalités de l'onduleur de tension raccordé à un réseau : contrôle et dimensionnement
- Compensateurs de puissance réactive à base d'onduleurs de tension
- Qualité de l'énergie électrique - Filtrage actif.

BE « CVS pour Conditionnement rés. Énergie » (BE – 7h00, resp. P. Ladoux, N. Roux)

Projet d'application du CM "convertisseurs pour conditionnement des réseaux d'énergie"

Pré-requis obligatoires

- Onduleurs de tension monophasé et triphasé (Commande MLI, Spectre des tensions de sortie, Filtrage).
- Modélisation schéma-bloc et dimensionnement de régulateurs de type PI.

CVS Réseaux HVDC



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE21C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaître les topologies de convertisseurs utilisées pour le transport d'énergie électrique en courant continu haute tension.

Description

Cette matière regroupe 1 volume de cours et un BE :

- Cours « CVS pour Réseaux HVDC »
- 1 BE « CVS pour Réseaux HVDC »

Convertisseurs pour Réseaux HVDC (CM – 5h25, resp. P. Ladoux)

Programme : cet enseignement présente les topologies de conversion utilisées pour le transport d'énergie électrique en courant continu haute tension : redresseurs à thyristors, onduleurs de tension, convertisseurs modulaires multiniveaux. Un bureau d'étude portant sur le dimensionnement d'une liaison HVDC illustre les cours.

Compétences visées : savoir dimensionner et modéliser une station de conversion AC/DC pour le transport d'énergie électrique en courant continu haute tension.

Bibliographie :

- "High Voltage Direct Current Transmission", J. Arrillaga, Editions IET, ISBN: 9780852969410
- "Design, Control, and application of Modular Multilevel Converters for HVDC transmission systems", K. Sharifabadi, L. Harnefors, HP. Nee, S. Norrga, R. Teodorescu. Editions Wiley, ISBN:9781118851562

Prérequis :

- Redresseurs triphasés à thyristors, Onduleurs de tension
- Règles d'association des cellules de commutation et des convertisseurs statiques.

BE « CVS POUR RESEAUX HVDC » (BE – 7h00, resp. P. Ladoux)

Projet d'application du CM "convertisseurs pour réseaux HVDC"

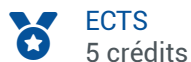
Demie journée thématique : Semiconducteurs de forte puissance (conf –3H50, resp E. Carroll)

Présentation, sous forme d'une conférence (demie journée) assurée par un intervenant industriel (ABB) des technologies de semiconducteurs adaptés aux convertisseurs de forte puissance.

Pré-requis obligatoires

- Redresseurs triphasés à thyristors, Onduleurs de tension
- Règles d'association des cellules de commutation et des convertisseurs statiques

CONCEPTION DES CVS



En bref

- **Code Ametys:** N9EE22
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception CVS	Matière				
Commande CVS	Matière				
TER Architecture et Commande	Matière				
Technologie EnP	Matière				

Conception CVS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE22A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Maîtriser les règles de conception des architectures de conversion statique.
- Être capable d'associer des convertisseurs statiques sans dégrader leurs propriétés, mais en les combinant.
- Concevoir des convertisseurs composites réalisant isolement galvanique, commutation optimisée, montée en tension ou en courant ou en puissance

Description

Cette matière regroupe 2 volumes de cours et un BE :

- Cours « Conception des Convertisseurs »
- Cours « Associations de Convertisseurs »
- BE « Design des CVS »

Conception des convertisseurs (CM – 10h50, resp. H. Piquet)

Programme :

- Notion de cellule de commutation : propriétés fonctionnelles, transformations électrique et synthèse des semi-conducteurs de puissance.
- Contrôle des caractéristiques du courant fourni par la cellule : ondulation, régulation
- Réversibilités et filtrage
- Assemblages de cellules de commutation : cascade, mise en parallèle, structures différentielles

Associations de convertisseurs (CM – 8h75, resp. P. Ladoux)

Programme :

- Les associations de convertisseurs.
- Les différents types d'association.
- La réversibilité dans les associations. La commutation dans les associations.
- Les convertisseurs à résonance.

design des CVS (alim. Décharges) - BE (BE – 7h00, resp. H. Piquet & N. Bente)

Objectifs : mettre en œuvre les connaissances acquises, concernant la conception et les associations de convertisseurs statiques, sur un ensemble d'applications présentant en commun d'être associées à un dispositif industriel mettant en œuvre des plasmas.

Programme :

- Prise en main d'un modèle de simulation, par circuit équivalent pour la caractéristique de décharge dans les gaz, d'un dispositif plasma
- Synthèse, dimensionnement et contrôle d'une solution d'alimentation de puissance (convertisseur statique) pour une application de poste de soudure / validation par simulation circuit (logiciel PLECS)
- Synthèse, dimensionnement et contrôle d'une solution d'alimentation de puissance (convertisseur statique) pour une application de four à arc / validation par simulation circuit (logiciel PLECS)
- Synthèse, dimensionnement et contrôle d'une solution d'alimentation de puissance (convertisseur statique) pour une application de génération d'ozone (décharge à barrière diélectrique) / validation par simulation circuit (logiciel PLECS)

Pré-requis obligatoires

- Notion de cellule de commutation
- Notion de fonction de connexion
- Synthèse des semi-conducteurs des cellules de commutation

- Notion de Modulation de Largeur d'Impulsion

L'ensemble de ces prérequis peuvent être acquis à travers le cours « Approches énergétiques de la conception des Convertisseurs Statique (CVS) » N7EE02A1

- Dimensionnement d'un correcteur de type proportionnel intégral

Commande CVS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE22B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

s'approprier les méthodes de commande pour doter les convertisseurs statiques de performances dynamiques robustes, afin de contrôler le prélèvement de l'énergie sur un réseau et/ou garantir une qualité de fonctionnement.

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours

- Cours « Modélisation & Commande Avancée DES convertisseurs »

Modélisation & Commande Avancée DES convertisseurs (CM – 8h75, resp. M. Fadel)

Programme :

- Généralités sur la modélisation des convertisseurs

- Modèle en Valeur Moyenne, Modèle Instantané, Modèle échantillonné exact. Problématique - contraintes dynamiques et contraintes de forme. Liens entre la structure du convertisseur et la structure de commande
- L'approche MLI pour la commande, principe de dimensionnement
- Linéarisation par inversion de modèle et synthèse de régulateurs standards.
- L'approche commande en amplitude (Hystérésis, Mode courant, Sliding mode, DPC)
- Filtrage actif Monophasé et Triphasé.
- Exemples d'application : onduleur triphasé, redresseur MLI, PFC ...

TER Architecture et Commande



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE22C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Appliquer les enseignements des cours "conception des CVS" et "commandes des CVS". Savoir analyser le fonctionnement d'une Alimentation Sans Interruption industrielle (ASI). Apprendre à dimensionner les composants et les boucles de contrôle à partir d'un cahier des charges donné - Valider les résultats par simulation.

Description

TER Architecture et Commande (TER – 20h, resp. H. Piquet, A-M. Llor, G. Fontes)

Programme :

- Analyse de la structure d'une alimentation sans interruption pour charges informatiques.
- Décomposition en sous-éléments ; chaque groupe prend en charge l'étude de l'un d'eux et doit :
 - o Étudier le fonctionnement,
 - o Construire des critères de dimensionnement

- o Proposer des valeurs des composants et un choix des éléments de contrôle et des valeurs de leurs paramètres
- Satisfaire un cahier des charges correspondant à un dispositif réel.
- Les analyses, choix et dimensionnement effectués sont validés par simulation (PLECS).
- Les différents groupes doivent collaborer pour conduire l'étude du dispositif complet.

Technologie EnP



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE22D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

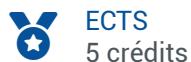
Objectifs

- Connaître les différentes solutions technologiques de mise en œuvre des composants passifs en électronique de puissance.
- Connaître les limites thermoélectriques d'utilisation des composants passifs en électronique de puissance ;
- Connaître les modèles électriques équivalents des composants passifs en électronique de puissance ;
- Connaître une méthodologie de dimensionnement et de choix d'un composant magnétique en électronique de puissance

Description

- Technologies et modélisation des composants magnétiques en électronique de puissance
- Technologies et modélisation des composants capacitifs en électronique de puissance
- Etudes de cas

CVS ET SYSTEMES AVANCES



En bref

- **Code Ametys:** N9EE23
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Fiabilité CVS	Matière				
CEM	Matière				
X. Niveaux	Matière				
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière				

Fiabilité CVS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE23A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Introduire et illustrer les problématiques de fiabilité, de protection et de tolérance aux pannes des structures de conversion.
Présentation des modèles de fiabilité et des solutions technologiques avancées.

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours

- Cours « FIABILITE DES CONVERTISSEURS »

Programme :

- Nature des contraintes (environnementales, fonctionnelles de commutation, contraintes d'usage) ;
- Règles de conception, rappels de la SOA, régimes extrêmes des composants semi-conducteurs, robustesse, solutions de protections ;
- Régimes critiques de défaillance, I²T et énergie de destruction - explosion, solutions de protection ;

- Vieillessement des composants et aspects technologiques, principaux modèles, conception du diagnostic par modèles prédictifs ou capteurs ;
- Approche méthodologique : taux de défaillance, modèle de fiabilité, diagramme de fiabilité, ordres de grandeurs et applications numériques ;
- Application aux structures de conversion sans redondance et avec redondance ;
- Illustration de structures sécurisées à redondance passive parallèle mutualisée et à redondance active série intégrée

Pré-requis obligatoires

- Fondamentaux en électromagnétisme :
 - o Notions de champs électrique et magnétique
 - o Propagation des ondes
 - o Phénomène électromagnétiques couplés
- Fondamentaux en électronique de puissance :
 - o Fonctions de conversion : DC-DC, AC-DC, DC-AC
 - o Topologies de convertisseurs : buck, boost, forward, flyback...
- Mécanismes de commutation des semi-conducteurs
 - o Principe des circuits de commande des interrupteurs de puissance (drivers)
 - o Propriétés fondamentales et différences des principales technologies de semi-conducteurs (Si, SiC, Gan).

CEM



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE23B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

· Cet enseignement aborde le problème d'émission électromagnétique conduite produite par les convertisseurs de puissance, l'une des causes fréquentes de non-conformité CEM.

· Les objectifs de ce cours d'introduction sont multiples :

o Présenter le contexte de la CEM ;

Définir le concept d'émission conduite et l'illustrer expérimentalement

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours et 1 BE

- Cours « CEM des Convertisseurs »
- Un BE « CEM »

CEM des Convertisseurs (CM 7H00, resp. G. Fontes & A. Boyer)

Programme :

- Présenter brièvement les techniques de mesure standards de l'émission conduite (ex : EN55022, CISPR25) ;
- Identifier les sources et les modes de propagation du bruit conduit produit par un convertisseur de puissance (application à des structures d'alimentation à découpage typique tel que des convertisseurs buck, flyback) ;
- Présenter un modèle électrique simplifié pour la simulation de l'émission conduite d'un convertisseur de puissance ;
- Décrire les principales structures de filtre CEM (en mode commun et différentiel), les composants typiques de filtrage et leur dimensionnement ;
- Présenter et illustrer plusieurs règles de conception faible émission des alimentations à découpage.

BE « CEM » (BE 7H00, resp. A. Boyer & G. Fontes)

Programme :

- Projet d'application du CM "Compatibilité Electromagnétique" (CEM) : Filtrage de l'émission conduite, produite par un convertisseur AC-DC Flyback.
- L'objectif de ce bureau d'étude est de dimensionner le filtre CEM en entrée d'une alimentation à découpage de type Flyback, afin de le rendre le produit compatible avec le standard EN55022.
- L'étude s'appuiera sur la simulation (logiciels IC-EMC et WinSPICE/LTSPICE), ainsi que sur des librairies de composants passifs.
- Les résultats de simulation de l'atténuation du filtre seront comparés à des résultats de mesures expérimentales.

Pré-requis obligatoires

- cellule de commutation, structures de base, physique et technologie de base des semi-conducteurs,
- méthodologie d'analyse séquentielle et temporelle des formes d'ondes,
- principe de la commande rapprochée MLI de l'onduleur.

X. Niveaux



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE23C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre et Analyser les avantages potentiels de la mise en série/parallèle et appréhender les difficultés de mise en œuvre.
- Analyser les différentes formes d'ondes et contraintes pour les structures classiques multiniveaux.
- Être capable d'identifier les cellules de commutations sur une structure complexes multiniveaux
- Identifier les degrés de Liberté et les contraintes dans les convertisseurs Multiniveaux
- Générer de façon systématique les ordres de commandes aux différents interrupteurs de la structure
- Maîtriser les principes MLI 2Niveaux et Multiniveaux
- Être capable Identifier les degrés de liberté et leurs utilisations dans le cadre des convertisseurs multiniveaux
- Maîtriser la génération d'une modulation optimale multiniveaux pour une topologie donnée
- Comprendre l'intérêt de l'utilisation des machines d'état pour la génération des ordres de commandes d'une topologie Multiniveaux

- Être capable de mettre en œuvre une simulation en boucle ouverte d'un convertisseur multiniveau et sa modulation optimisée
- Maîtriser les outils de simulation avancée pour l'Electronique de Puissance
- Mettre en œuvre une modulation utilisant le principe de pilotage par Machine d'état.

Description

Cette matière comporte 2 volumes de cours et 1 BE

- Cours « Convertisseurs X-Niveaux »
- Cours « MLI, Commande vectorielle »
- Un BE « X-Niveaux »

Convertisseurs X-Niveaux (CM 8h75, resp. G. Gateau)

Programme :

- Problème de répartition des contraintes dans les associations série/parallèle de semiconducteurs.
- Evaluation de différentes solutions.
- Convertisseurs multiniveaux (FC, NPC, SMC, ...).
- Propriétés spectrales.
- Applications industrielles.

MLI, Commande vectorielle (CM 5h25, resp. G. Gateau)

Programme :

- Etude des méthodes de commande des convertisseurs statiques par Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) : principes et réalisation en 2 niveaux.
- Applications aux convertisseurs Multiniveaux - Généralisation.
- Analyse et propriétés spectrales des formes d'ondes Multiniveaux
- Analyse par approche Vectorielle en 2N puis Multiniveaux
- Optimisation spectrale par injection d'homopolaire (2N puis Multiniveaux)

BE X-Niveaux (BE 7h00, resp. G. Gateau, M. Pain)

Projet d'application des CM "convertisseurs multiniveaux" et "Commande vectorielle". Etude de cas, dimensionnement et validation par simulation numérique (PLECS).

Programme :

- Etude de cas pour un convertisseur de type FC (Flying Capacitors) 3 niveaux
- Génération des ordres de commandes par modulation PS (Phase Shifted)
- Analyse des propriétés temporelles et fréquentielles
- Analyse de la propriété d'équilibrage naturel du FC
- Dans le cas triphasé, génération de la modulation PD (Phase Disposition) par l'utilisation de machines d'état – Comparaison des modulation PS et PD
- Introduction d'homopolaire pour l'optimisation des formes d'ondes

Pré-requis obligatoires

- Structure de base de l'Electronique de Puissance ;
- Composants pour Electronique de Puissance ;
- Modulation MLI 2 niveaux ;
- Analyse fréquentielle.
- Principe des Machines d'état.

Commutation et intégration fonctionnelle



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE23D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Dégager les propriétés essentielles de la commutation et les règles de conception des circuits de commande rapprochée sur les onduleurs de tension. Montrer la nécessité d'une analyse globale mettant en jeu des interactions fortes entre les composants, leur driver et le circuit de puissance.

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours

- Cours « Mécanismes de commutation & intégration fonctionnelle »

Mécanismes de commutation & intégration fonctionnelle (CM 8h75, resp. F. Richardeau)

Programme :

- Rappels sur la commutation "dure" en hacheur (di/dt , dv/dt , contraintes, SOA, pertes, fréquences d'oscillations), apport de la commande rapprochée - driver (R_{gon} , R_{goff}) pour la recherche du meilleur compromis pertes vs EMI ;
- Passage de la commutation "dure" à la commutation "douce" en hacheur et onduleur ;
- Apport des semi-conducteurs à grand gap (SiC et HEMT GaN) : structures physiques, caractéristiques et modèles électriques, technologies et compromis pertes vs EMI ;
- Rappels sur la MLI en onduleur, insertion des temps morts et conséquences, évolution des dv/dt , amélioration de l'immunité de commande ;
- Règles de conception de la commande rapprochée - driver en onduleur ;
- Présentation des topologies multiniveaux du point de vue des mailles de commutation, comparaison qualitative ;
- Intégration fonctionnelle :
 - o Rappels sur les structures de composants unipolaires et bipolaires,
 - o Éléments de dimensionnement à l'état passant et à l'état bloqué sur des bases physiques : diode PIN, diode à barrière Schottky, BJT, MOSFET et IGBT.
 - o Intérêt de nouveaux composants bidirectionnels : RC-IGBT et RB-IGBT.
 - o Principes et exemples de co-intégration d'interrupteurs sur puce silicium (e volet donne lieu à la réalisation d'un BE de 2x1h45)

Pré-requis obligatoires

- cellule de commutation, structures de base, physique et technologie de base des semi-conducteurs,
- méthodologie d'analyse séquentielle et temporelle des formes d'ondes,
- principe de la commande rapprochée MLI de l'onduleur.

ACTIONNEURS ET GENERATEURS



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE24
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Commande des actionneurs	Matière				
TER Commande des Actionneurs	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				

Commande des actionneurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE24B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les principaux modèles des actionneurs à courant alternatif, synchrones et asynchrone, permettant de concevoir les pilotages des variateurs de couple, de vitesse et/ou de position.

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours

- Cours « Commande des actionneurs dans leur environnement »

Commande des actionneurs dans leur environnement (N9EE24B, CM 12h25, resp. M. David et Z. KHADER)

Programme :

- Partant des modèles inverses d'un actionneur savoir élaborer les commandes adéquates en respectant les cahiers de charge imposés

- Définir les structures d'estimation et d'observation d'état des variables non accessibles ou non mesurables
- Connaître par des exemples de systèmes industriels l'environnement de la variation de vitesse ; en particulier, les solutions concernant :
 - o Actionneur asynchrone à cage : commande vectorielle à flux rotorique orienté (CVFRO), régulations des courants, observation et régulation de flux, contrôle de couple, de vitesse, de position, commande CVFRO sans capteur mécanique ;
 - o Machine asynchrone bobinée à double alimentation (MADA) connectée au réseau électrique ;
 - o Actionneur synchrone : régulations de courant, de vitesse, de position, contrôle d'état, défluxage et commande sans capteur mécanique ;
 - o Contrôles avec les estimateurs et observateurs, déterministes ou stochastiques ;
 - o Exemples de systèmes industriels à fréquence variable : domaine éolien, pompage/turbinage, propulsion maritime, aéronautique, automobile et ferroviaire.
- Le TER permet d'illustrer la conception et l'étude en simulation d'un variateur de vitesse.

Pré-requis obligatoires

- Connaître les principes fondamentaux de la variation de couple, de vitesse ou position des machines à courant alternatif
- Principes des fonctionnements des actionneurs à courant alternatif (MAS, MS),
- Modèles des actionneurs à courant alternatif – domaines de validité,
- Méthodes d'estimation et de filtrage,
- Contrôle des systèmes linéaires continus (analyse et synthèse)
- Discretisation des systèmes continus et Contrôle des systèmes échantillonnés,
- Analyse des performances statiques et dynamiques

TER Commande des Actionneurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE24C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Initier les étudiants à la conception et à la simulation d'un système complexe à l'aide du logiciel PLECS.
- Etude des lois de commande de pilotage d'un actionneur asynchrone à cage ou synchrone à base d'un contrôle vectoriel.

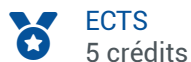
Description

Programme :

- Etude par simulation, à l'aide du logiciel PLECS, du fonctionnement d'une machine asynchrone à cage ou synchrone à aimants, alimentée à l'aide d'un onduleur de tension.
- Le fonctionnement imposé par le cahier des charges de la machine (courants, flux, couple, vitesse) est assuré par une stratégie de contrôle vectoriel à orientation du flux (d'abord en continu puis en discret).
- L'onduleur de tension, qui est dans un premier temps idéalisé est ensuite représenté finement, avec différentes solutions pour la génération des commandes.

- Etude de différentes modulations de l'onduleur MLI et mise en place, de boucles de commande pour le couple, la vitesse et la position.
- Evaluation des performances statiques et dynamiques du système versus un cahier des charges imposé.

SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX



En bref

- **Code Ametys:** N9EE25
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Réseaux autonomes	Matière				
Sources, réversibilité, stockage	Matière				
Smartgrids	Matière				
1/2 Journées thématiques	Matière				

Réseaux autonomes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE25A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- A la fin du module, les étudiants ont balayé les éléments entrant en compte dans le dimensionnement et la gestion des réseaux électriques embarqués ou stationnaires.
- L'accent est mis en particulier sur les réseaux embarqués et îlotés.
- Différents domaines servent d'exemples afin d'illustrer les différents concepts présentés.
- A la fin du cours, l'étudiant connaît les architectures des systèmes hybrides et les caractéristiques énergie/puissance des sources et des éléments de stockage de l'énergie.
- Il est capable d'analyser la mission d'un système énergétique, de juger sur la pertinence de son hybridation et de concevoir et dimensionner un système hybride.
- L'étudiant est capable de proposer une stratégie de gestion d'énergie d'un système énergétique multi-sources en respectant les caractéristiques intrinsèques des sources associées.

- o Connaître les architectures des systèmes énergétiques hybrides.
- o Connaître les caractéristiques énergie/puissance des sources d'énergie.
- o Être capable d'analyser une mission d'un système énergétique et de juger sur l'intérêt de son hybridation.
- o Proposer une stratégie de gestion d'énergie permettant de respecter les performances énergétiques des sources d'énergie d'un système hybride.

Description

Cette matière comporte 2 volumes de cours

- Cours « Conception des Réseaux Embarqués »
- Cours « Systèmes Énergétiques autonomes – hybridation »

CONCEPTION DES RESEAUX EMBARQUES (CM 10H50, RESP. N. ROUX)

Programme :

- Sécurité et fiabilité
- Intérêt de l'hybridation dans le fonctionnement d'un réseau embarqué
- Sécurité et fiabilité des réseaux
- CEM dans les réseaux électriques

SYSTEMES ÉNERGETIQUES AUTONOMES - HYBRIDATION - (CM 8H75, RESP. A. JAAFAR)

Programme : En plus des théories relatives à l'hybridation et à la gestion d'énergie des systèmes multi-sources, le cours est basé sur plusieurs exemples de systèmes énergétiques hybrides issus du retour d'expérience du laboratoire Laplace dans ce domaine de recherche. Ces exemples concernent en particulier le domaine de transport (l'aéronautique, le ferroviaire et le routier).

SYSTEMES MULT-ENERGIES (CM 7H, RESP. S.H. SUAREZ)

Objectifs : Ce cours est associé à l'acquisition des compétences suivantes :

- Comprendre les principes de base des systèmes multi-énergies.
- Analyser les technologies et les applications qui permettent la transition entre l'électricité, la chaleur, le froid et l'hydrogène.
- Évaluer l'intégration de différentes sources d'énergie afin d'optimiser les performances et l'efficacité.
- Développer la capacité de concevoir et de gérer des systèmes énergétiques hybrides.

Programme : ce cours est conçu pour fournir aux étudiants une compréhension approfondie de l'intégration et de la gestion des différentes formes d'énergie, notamment l'énergie électrique, la chaleur, le refroidissement et l'hydrogène. Il couvre les principes fondamentaux, les technologies actuelles et les applications pratiques de chacune des combinaisons possibles ainsi que les éléments de liaison entre les différents types d'énergie.

Méthodologie et évaluation du module : le cours sera développé à travers quatre conférences, où tout le matériel sera disponible avant chaque cours via notre plateforme moodle. L'évaluation de l'acquisition des connaissances se fera par le biais de QCM.

Prérequis :

- Avoir des notions fondamentales des réseaux électriques
- Avoir des connaissances de base sur les sources d'énergie renouvelable.

Pré-requis obligatoires

- Maîtrise de la notion énergie/puissance,
- Connaissances générales en génie électrique et en électrochimie.

Sources, réversibilité, stockage



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE25B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- L'objectif du cours est de connaître et de comprendre le principe de fonctionnement des principales sources d'énergie électrique ainsi que les éléments de stockage de l'énergie. A la fin du cours, l'étudiant connaît également les modèles statiques et dynamiques de certains composants électrochimiques : pile à combustible et batterie.
- Le Bureau d'Etude et de Recherche poursuit deux objectifs :
 - o Le premier objectif consiste à familiariser les étudiants avec les piles à combustible de type PEM (Membrane Echangeuse de Proton) à respiration : montage, réveil d'une PAC et traçage de la courbe de polarisation $V(I)$ d'une cellule PAC. Il consiste également à émuler le comportement d'une PAC lorsqu'elle est connectée à un convertisseur statique de type Boost (hacheur survolteur) ou de type buck (hacheur dévolteur).
 - o Le deuxième objectif consiste à simuler le comportement d'un stack de pile à combustible (empilement de plusieurs cellules de PAC en série) connecté à un convertisseur statique de type Boost ou Buck.

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours et 1 BE

- Cours « Sources, réversibilités, stockage »
- BE « PAC »

Sources, réversibilités, stockage (CM 10h50, resp. A. Jaafar)

Programme :

- Comprendre le principe de fonctionnement des sources d'énergie et des éléments de stockage ;
- Être capable d'utiliser le modèle adéquat d'une source ou d'un élément de stockage en fonction du problème étudié ;
- Être capable d'identifier et de comparer les différentes architectures de conversion de l'énergie éolienne.
- Concernant les énergies renouvelables, l'étudiant découvre à travers ce cours les différentes configurations de conversion de l'énergie éolienne. La conversion photovoltaïque n'est pas traitée dans ce cours (vue en 2ème année).

BE « PAC » (BE 7H, resp. A. Jaafar & S.H. SUAREZ)

Programme :

- Mise en œuvre expérimental d'une pile à combustible de technologie PEM (Membrane Echangeuse de Proton)
- Traçage de la courbe de la polarisation ;
- Emulation de convertisseurs statiques à l'aide d'une charge active ;
- Simulation du comportement dynamique de la pile à combustible.

Pré-requis obligatoires

- Connaissances générales en génie électrique et en électrochimie.

Smartgrids



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE25C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Cet enseignement a pour but de sensibiliser les étudiants à l'émergence des réseaux électriques intelligents (smartgrids) en les distinguant du fonctionnement actuel des réseaux. L'objectif est de balayer le contexte de cette mutation liée à la nécessaire décarbonation du paysage de l'énergie et les principales notions et concepts inhérents à ce changement de paradigme en s'appuyant sur des exemples concrets.

Description

Cette matière comporte 1 volume de cours et 1 BE

- Cours « Smartgrids »
- BE « Smartgrids »

smartgrids (CM 7h00, resp. X. Roboam)

Programme : Après avoir situé l'évolution des réseaux électriques, depuis les solutions actuelles jusqu'aux smart grids, leurs nouveaux acteurs (agrégateurs,...) et leur définition, les notions de services systèmes (contribution aux réserves de fréquence,

ajustement/ effacement, ...) seront présentées en distinguant les réseaux continentaux et les réseaux insulaires. Afin de réussir la transition vers les smart grids, il faut compter sur de nouveaux degrés de libertés (stockage, mobilité électrique massive, prédictions de production et consommation, meilleure information (compteur communicant) pour un ajustement de la consommation...) permettant une "gestion intelligente ("smart") des réseaux électriques".

Le cout pour l'usager de ces nouveaux concepts étant essentiel, un aperçu des mécanismes de marché et des éléments de modèles économiques (investissement, opération) permettront à l'étudiant de faire un lien entre performance énergétique et impact économique.

Enfin, quelques exemples de smartgrids dans les réseaux insulaires ainsi que pour l'autoconsommation d'un éco quartier permettront de mettre ces concepts en évidence concrètement.

BE smartgrids (BE 7h00, resp. X. Roboam, B. Sareni)

BE d'application du CM « smargrids ».

Pré-requis obligatoires

· ce cours introductif requiert des compétences de base en électricité et des acquis assez généraux en termes de systèmes et réseaux électriques, compétences dispensées en 3e année 3EA, en particulier dans l'option CERE.

1/2 Journées thématiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE25D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Les journées thématiques sont destinées à apporter aux étudiants, sous un format « conférence », des connaissances générales sur certains domaines d'application de l'énergie électrique.

Description

Cette matière comporte 2 demies journées thématiques

- « Eclairage »
- « Ferroviaire »

Eclairage (Conf. 3h50, resp. G. Zissis, L. Canale)

Programme : présentation, sous forme d'une conférence (demie journée) assurée par des chercheurs du laboratoire LAPLACE (équipe Lumière et Matière) des enjeux des systèmes d'éclairage intelligents et de ses impacts en termes d'énergie électrique et environnement. Présentation des technologies récentes de des sources de lumière solides (LEDs et OLEDs) et des applications au domaine de l'éclairage.

Ferroviaire (Conf. 3h50, resp. D. Frugier)

Programme : présentation, sous forme d'une conférence (demie journée) assurée par des ingénieurs de la SNCF des problématiques de la traction ferroviaire et des solutions, en termes de conversion de l'énergie électrique, qui permettent d'y répondre.

Semestre 9 - Parcours Intelligence Artificielle et Traitement de l'Information (IATI)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

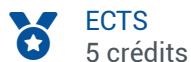
En bref

- **Code Ametys:** M8FRC1JD
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SIGNAL ET APPLICATIONS	UE				5 crédits
Traitement d'antennes	Matière				
Traitement automatique de la parole	Matière				
Audio et musique	Matière				
Navigation par satellite	Matière				
IA ET MATERIEL	UE				5 crédits
Edge computing	Matière				
Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués	Matière				
Choix Approfondissement IATI Semestre 9	Bloc				15 crédits
Approfondissement SIA Semestre 9	Choix				
IMAGE - APPLICATIONS	UE				5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière				
Imagerie médicale computationnelle	Matière				
Télédétection	Matière				
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE				5 crédits
Analyse de données	Matière				
Apprentissage non supervisé	Matière				
Apprentissage supervisé	Matière				
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE				5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière				
Projet transversal	Matière				
Approfondissement TSE Semestre 9	Choix				
SYSTEMES EMBARQUES	UE				5 crédits
System on Chip	Matière				
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière				
IA ET CAPTEURS	UE				5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière				
Projet Smart Sensor	Matière				
IA AVANCEE	UE				5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière				
Data analysis 2 and classification	Matière				
SOFT AND HUMAN SKILLS 3EA S9	UE				5 crédits
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				
CV Entretiens(3EA)	Matière				
CHOIX Careers and Management 3EA S9	Choix				
Entrepreneurship Project	Matière				
Corporate Project and Social Responsibility	Matière				

SIGNAL ET APPLICATIONS



En bref

- **Code Ametys:** M34HOIQ4
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Traitement d'antennes	Matière				
Traitement automatique de la parole	Matière				
Audio et musique	Matière				
Navigation par satellite	Matière				

Traitement d'antennes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOIVT
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours vise à présenter les méthodes de traitement adaptatif multi-capteurs permettant de récupérer au mieux un signal d'intérêt dans du bruit. Le cours est illustré via l'application d'un réseau d'antennes et de la formation de faisceaux.

Description

Le cours comprend une partie théorique permettant de présenter l'application principale, de formaliser le modèle des signaux et les différentes méthodes de formation de faisceaux (conventionnelle et adaptative). Dans un deuxième temps, par groupes de 2-3, les apprenants étudient certaines méthodes à partir d'un syllabus et de codes fournis. Chaque groupe doit présenter une rapide synthèse de ces méthodes en en faisant une analyse critique.

Pré-requis obligatoires

Mathématiques appliquées (algèbre linéaire, optimisation), statistiques.

Traitement automatique de la parole



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOJ05
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Après avoir donné les éléments fondamentaux en analyse d'un signal acoustique, les modèles théoriques de la reconnaissance de la parole sont approfondies afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour aborder les défis industriels de demain.

Audio et musique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOJ6M
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Découvrir les outils de traitement et de génération des signaux audio, notamment pour la restauration (débruitage, décliquage, remixage) et la synthèse musicale (modèles physiques, IA générative).

Description

Le cours se déroule de la manière suivante :

- CM1: Débruitage des signaux audio (suppression de clics, réduction du bruit de fond)
- CM2: Factorisation en matrices non-négatives (NMF) et application à la séparation de sources audio
- CM3: Modèles physiques pour la synthèse musicale
- CM4: Panorama des méthodes d'IA pour le traitement des signaux audio

TP: Interpolation de signaux audio pour la suppression de clics

Projet : Rédaction d'un document de présentation de Shazam, Audionamix ou Spotify.

Pré-requis obligatoires

Traitement statistique du signal, analyse temps-fréquence, apprentissage automatique.

Navigation par satellite



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOJBE
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module vise à formuler le problème de localisation et navigation par satellite, les solutions permettant de résoudre ce problème et de dresser un panorama des principales architectures des systèmes de navigation.

IA ET MATERIEL



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOK7A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Edge computing	Matière				
Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués	Matière				

Edge computing



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOKCE
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module décrit les méthodes de traitements des données qui peuvent être déployées localement, au plus proche des utilisateurs finaux des applications ciblées.

Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOKJ5
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module fournit une méthodologie générale pour la conception de réseaux de neurones qui peuvent être embarqués dans systèmes numériques.

Choix Approfondissement IATI Semestre 9



ECTS
15 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HO9DA
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Approfondissement SIA Semestre 9	Choix				
IMAGE - APPLICATIONS	UE				5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière				
Imagerie médicale computationnelle	Matière				
Télédétection	Matière				
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE				5 crédits
Analyse de données	Matière				
Apprentissage non supervisé	Matière				
Apprentissage supervisé	Matière				
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE				5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière				
Projet transversal	Matière				
Approfondissement TSE Semestre 9	Choix				
SYSTEMES EMBARQUES	UE				5 crédits
System on Chip	Matière				
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière				
IA ET CAPTEURS	UE				5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière				
Projet Smart Sensor	Matière				
IA AVANCEE	UE				5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière				
Data analysis 2 and classification	Matière				

Approfondissement SIA Semestre 9



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

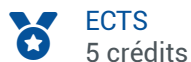
En bref

➤ **Code Ametys:** M34H09GZ

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
IMAGE - APPLICATIONS	UE				5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière				
Imagerie médicale computationnelle	Matière				
Téledétection	Matière				
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE				5 crédits
Analyse de données	Matière				
Apprentissage non supervisé	Matière				
Apprentissage supervisé	Matière				
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE				5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière				
Projet transversal	Matière				

IMAGE - APPLICATIONS



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34H09LR
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Imagerie computationnelle	Matière				
Imagerie médicale computationnelle	Matière				
Téledétection	Matière				

Imagerie computationnelle



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34H09QB
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours porte sur la conception de méthodes numériques dédiées à la résolution de problèmes inverses en imagerie. Les étudiants seront amenés à explorer un large éventail d'outils intervenant à chaque étape de cette démarche : depuis la modélisation des processus de formation de l'image, jusqu'à la formalisation du problème inverse, en passant par les enjeux liés à la discrétisation. Une attention particulière sera portée aux liens entre ces différentes composantes et à la manière dont elles s'articulent pour concevoir des méthodes à la fois robustes et efficaces.

Description

L'enseignement est constitué de 6 séances de cours (avec du temps consacré à des exercices) ainsi que 2 séances de BE. Le plan du cours est le suivant.

1 Physique de l'imagerie

- 1.1 Un modèle direct générique
- 1.2 Quelques notions de physique (Diffraction, transformée Rayon-X)

1.3 La numérisation

2 Du monde continu au discret

2.1 Principe général

2.2 Produits matrice-vecteur efficaces (matrices creuses / à bandes / Toeplitz / rang faible)

2.3 Erreurs de discrétisation

3 Problèmes inverses mal-posés

3.1 L'échec des inversions directes

3.2 Inverses généralisées

3.3 Stabilisation de l'inversion (filtrage de systèmes singuliers)

4 Formulation bayésienne d'un problème inverse

4.1 Le point de vue de la statistique paramétrique (MAP)

4.2 Exemples de vraisemblance des observations

4.3 Approximations des attaches aux données (l2-pondérée, transformations non-linéaires, pré/post-traitement)

5 Exemples de fonctions de régularisation

5.1 Tikhonov

5.2 Variation Totale

5.3 Parcimonie dans une base

Pré-requis obligatoires

Algèbre, Analyse, Statistiques, Introduction aux problèmes inverses, Optimisation.

Imagerie médicale computationnelle



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34H09V0
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module dresse un panorama des principales modalités en imagerie médicale et des techniques de traitement d'image associées

Télédétection



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34H09ZP
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Installer les logiciels et librairies nécessaires pour les traitements de télédétection.
- Appliquer des geotraitements (dont OTB).
- Adapter la configuration de l'affichage d'une image multi-bandes pour mettre en évidence des occupations du sol d'intérêt.
- Identifier les caractéristiques d'une image dans un SIG.
- Classifier de manière « experte » une image de télédétection multi-bandes à partir d'une analyse de la dynamique spectrale de l'image.
- Classifier de manière supervisée une image de télédétection multi-bande à l'aide de l'OTB et estimer sans biais sa qualité à l'aide d'une matrice de confusion et d'indices qui en sont dérivés.

Améliorer la qualité topologique ou statistique d'une classification à l'aide de postraitements

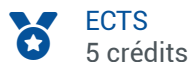
Description

Ce cours permet d'aborder les bases physiques de la télédétection, le format des données utilisées en télédétection et comment les utiliser dans un SIG. L'ensemble des TD se fera avec le logiciel QGIS et la librairie OTB, tous les deux libres et utilisables sur des machines personnelles. Les séances s'organisent sous forme de Cours-TD où les séquences théoriques s'alternent régulièrement avec de la pratique guidée. Des séances en autonomie permettent de consolider les acquis sur de nouveaux cas d'études. En fonction des avancées de chacun·e, des parties modulables peuvent être rajoutées à la séquence pédagogique.

Pré-requis obligatoires

Aucun pré-requis n'est nécessaire pour ce module.

APPRENTISSAGE ET DECISION



En bref

- **Code Ametys:** M34HOAVS
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Analyse de données	Matière				
Apprentissage non supervisé	Matière				
Apprentissage supervisé	Matière				

Analyse de données



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOB0L
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours propose une introduction à deux outils d'analyse de données distincts : les processus gaussiens et le transport optimal. Dans un premier temps, nous étudierons les processus gaussiens, utilisés pour modéliser et prédire des fonctions à partir de données. Dans un second temps, nous nous intéresserons au transport optimal, qui permet de définir des distances entre distributions de probabilité. Cet outil mathématique offre un cadre naturel pour prendre en compte la géométrie sous-jacente de données pouvant être représentées sous forme de distributions de probabilité (discrètes et continues).

Description

Ce cours se décompose en deux parties indépendantes : les processus gaussiens et le transport optimal. Pour chacune de ces parties, deux cours magistraux suivis d'un TD permettront d'introduire les outils et de les manipuler, puis deux TPs permettront de mettre en pratique les outils proposés pour l'analyse de données. L'évaluation de cette matière se fera au moyen d'un dernier TP noté et d'un examen.

Pré-requis obligatoires

Avoir suivi des cours de probabilités, et avoir quelques notions de traitement d'images

Apprentissage non supervisé



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOB5T
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours a pour objectifs :

- d'introduire le concept d'apprentissage non-supervisé, les différents objectifs qui motivent cette approche dans la plupart des applications ;
- d'introduire certaines techniques classiques d'apprentissage non-supervisé, leur motivation, leur interprétation, leurs avantages et inconvénients ;
- d'introduire des techniques plus modernes reposant sur les modèles d'apprentissage profond, notamment pour la génération de données.

Description

Le cours comprend 6 séances de cours magistraux où sont exposé plusieurs techniques d'apprentissage non-supervisé, et 7 séances de travaux pratiques (dont 3 en autonomie) permettant de mettre en œuvre ces techniques. Dans la première partie du cours, sont étudiées deux techniques de partitionnement classiques, à savoir l'algorithme de k-moyennes, et la classification

probabiliste par apprentissage d'un modèle de mélange gaussien. Ensuite, nous introduisons les autoencodeurs, et enfin quatre modèles génératifs basés sur l'apprentissage profond : les réseaux antagonistes génératifs (GAN), les normalizing flows (NF), les autoencodeurs variationnels (VAE) et les modèles de diffusion (DM).

Pré-requis obligatoires

Introduction au Deep Learning (IATI S8), Analyse Multivariée (IATI S8), Statistiques Avancées (IATI-SIA S8), Statistiques computationnelles (IATI-SIA S8).

Apprentissage supervisé



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

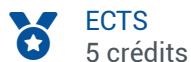
- **Code Ametys:** M34H0BC7
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module rappelle les méthodes statistiques conventionnelles permettant de résoudre des tâches d'apprentissage supervisé, comme la classification. Il introduit également les méthodes plus récentes basées sur les réseaux de neurones profonds.

VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EN17
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière				
Projet transversal	Matière				

Vision par ordinateur et Réalité augmentée



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EN17A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours permet d'aborder, dans un premier temps, les notions de calibrage, détection de points d'intérêt (en mono ou multi-résolution), mise en correspondance (globale et locale) et suivi. Dans un second temps, vous aborderez toutes les notions relative à la réalité augmentée. Ainsi, vous aborderez aussi bien l'approche connue de SIFT (Scale Invariant Feature Transform) que des approches de suivi classique comme KLT, Kanade-Lucas-Tomasi.

Description

Cette partie se compose de 7 cours et la première partie est réalisée sous la forme de classes renversées afin de permettre aux personnes inscrites d'être plus actives dans leurs apprentissages. Il y a également 9 séances de travaux pratiques qui viennent illustrer les notions de détection et appariement abordées en cours afin de construire une mosaïque d'images, puis, de mettre en place une chaîne de traitement pour de la réalité augmentée. Cette matière est évaluée via les classes inversée, un examen sur feuille ainsi qu'une note de travaux pratiques. Ceci permet une évaluation continue des acquis.

Infos pratiques

Contacts

Simone GASPARINI

☎ 2172

✉ simone.gasparini@enseeiht.fr

Projet transversal



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EN17C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

L'objectif de cette matière est d'aborder un projet transversal accès sur le multimédia de manière innovante et active via un APP (Apprentissage par Problèmes et Projets). Les sujets pourront couvrir les matières de cette UE (Vision, Réalité Augmentée et Applications) mais également toute autre matière du parcours abordée dans les autres UE. Voici des exemples de sujets passés : visite virtuelle d'un musée, détection et reconnaissance d'objets appliquée à un jeu vidéo, estimation de trajectoire optimale dans un jeu vidéo, génération de créatures par réseaux de neurones, reconnaissance d'objets, suivi du regard.

Description

Cette matière permet d'aborder une application spécifique afin de confronter les éléments étudiés en cours et travaux pratiques à une application concrète, et d'approfondir les apprentissages liés à ces différents concepts. Ce projet, réalisé en groupe, sera évalué sous la forme de compte-rendu, présentation et évaluations par les pairs. Suivant les besoins, il peut y avoir également une évaluation en ligne individuelle.

Infos pratiques

Contacts

Sylvie CHAMBON

☎ 2178

✉ sylvie.chambon@enseeiht.fr

Approfondissement TSE Semestre 9



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HOEK0

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SYSTEMES EMBARQUES	UE				5 crédits
System on Chip	Matière				
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière				
IA ET CAPTEURS	UE				5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière				
Projet Smart Sensor	Matière				
IA AVANCEE	UE				5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière				
Data analysis 2 and classification	Matière				

SYSTEMES EMBARQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOEP5
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
System on Chip	Matière				
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière				

Architecture et accélération matérielle pour le DL



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

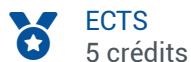
- **Code Ametys:** M34HOEV3
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module fournit une méthodologie avancée pour la conception de fonctions élémentaires de réseaux de neurones à l'aide d'outils de synthèse de haut niveau (HLS) en vue d'une intégration optimale dans un système embarqué.

IA ET CAPTEURS



En bref

➤ **Code Ametys:** M34HOFLZ

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière				
Projet Smart Sensor	Matière				

Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOFQR
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module décrit les différentes composantes d'une chaîne d'instrumentation intelligente (du capteur au système de traitement de l'information) et les technologies disponibles pour les mettre en œuvre (analogique, numérique, optique).

Projet Smart Sensor



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

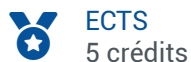
- **Code Ametys:** M34HOFX9
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce module introduit la conception et l'optimisation de chaîne d'instrumentation intelligente par modélisation haut niveau de chaque composant.

IA AVANCEE



En bref

- **Code Ametys:** M34HOGJY
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière				
Data analysis 2 and classification	Matière				

Apprentissage faiblement supervisé, RNN



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HOGOQ
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Ce cours se décompose en deux sous-parties ; une première qui traitera des réseaux de neurones récurrents pour le traitement des données séquentielles, ainsi que d'une introduction aux architectures de Transformers. Une seconde, indépendante, qui présentera des avancées récentes en apprentissage faiblement supervisé : apprentissage auto-supervisé (autoencodeurs, méthodes contrastives), apprentissage semi-supervisé, ou encore méthodes génératives.

Infos pratiques

Contacts

Axel CARLIER

☎ 2200

✉ Axel.Carlier@enseeiht.fr

Data analysis 2 and classification



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EN22G
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Cette UE vise à présenter des méthodes d'analyse de données basées sur la réduction de dimension, la classification (supervisée et non supervisée) et la visualisation pour traiter des données réelles de natures différentes : données issues de capteurs, données temporelles, données quantitatives, qualitatives. Des séances de TP seront dédiées à appliquer ces méthodes en python sur des données réelles issues de l'IoT et du multimédia.

Description

Ce module présente une chaîne complète standard d'analyse de données, à travers leur pré-traitement (par exemple, par réduction de dimension), leur classification, ou encore l'évaluation des méthodes de classification. Un projet illustratif sera mené sur 6 séances.

Bibliographie

Aggarwal, Charu C, Data mining: the textbook, Springer, 2015 Duda, Richard O and Hart, Peter E and Stork, David G, Pattern Classification, John Wiley & Sons, 2012.

Semestre 9 - Parcours EcoEnergie (EE)



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

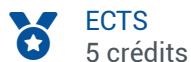
En bref

- **Code Ametys:** M8FRCWEE
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE				5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière				
Ecoconception et ACV	Matière				
Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière				
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière				
SMART-GRIDS	UE				5 crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière				
Hybridation Energétique des systèmes	Matière				
Smartgrids (EE)	Matière				
VECTEUR HYDROGENE	UE				5 crédits
Production de l'hydrogène	Matière				
Stockage de l'hydrogène	Matière				
Piles à combustibles et applications de l'hydrogène	Matière				
Electrochimie	Matière				
ENERGIES RENOUVELABLES	UE				5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière				
APP Photovoltaïque	Matière				
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière				
ENERGIES RENOUVELABLES NON ELECTRIQUES	UE				5 crédits
Biocarburants et systèmes bioénergétiques	Matière				
Valorisation Biomasse Haute Température	Matière				
Chaleur renouvelable	CM				
FORMATION GENERALE	UE				5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière				
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				

CONCEPTION SYSTEMIQUE



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE34
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière				
Ecoconception et ACV	Matière				
Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière				
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière				

Modélisation systémique en Bond Graph



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE34B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A la fin du cours, l'étudiant maîtrise le formalisme Bond Graph en connaissant les différents éléments de base et les règles de connexion de ces éléments.

Il sera capable d'analyser les différents couplages dans un système en identifiant les boucles causales du système.

L'étudiant sera également capable de déterminer la fonction du transfert du système à partir du modèle Bond Graph établi.

Description

Le cours consiste à introduire l'approche de modélisation par l'outil Bond Graph. Il s'agit d'une approche multi-physique permettant de modéliser, sous le même langage, différents phénomènes physiques et de prendre en compte les divers couplages entre les composants d'un système. Cette approche est appliquée dans ce cours à différents exemples de systèmes multi-flux et multi-physiques.

Le cours est complété par un bureau d'étude qui consiste à modéliser un actionneur électro-hydraulique (EHA) d'un avion A320 par l'approche Bond Graph et à remplacer la source d'alimentation de cet EHA par une pile à combustible hybridée par des super condensateurs.

Pré-requis obligatoires

Connaissance de base des systèmes physiques.

Ecoconception et ACV



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE34C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- **Intégrer une approche d'éco-conception dans la conception de systèmes énergétiques ;**

- Identifier les étapes de la méthodologie Analyse de Cycle de Vie ;

- Être capable d'analyser et de critiquer une analyse de cycle de vie déjà réalisée ;

Savoir appliquer la méthode d'analyse de cycle de vie sur l'étude d'un système énergétique

Description

1. Conception et Analyse de Procédés et Systèmes Énergétiques Intégrant des Critères de Développement Durable

Formulation du problème : Identifier les enjeux et les objectifs de conception des systèmes énergétiques en tenant compte des critères de développement durable.

- **Métriques de Développement Durable :** Comprendre les indicateurs clés pour évaluer la durabilité des systèmes énergétiques, en intégrant des dimensions économiques, environnementales et sociales

- **Formulation de critères économiques pertinents pour les systèmes énergétiques (concept de LCOE) :** Savoir appliquer des critères économiques, tels que le **LCOE (Levelized Cost of Energy)**

2. Introduction à l'écococonception l'ACV

Principes fondamentaux et cadre normatif (ISO 14040/44)

Intérêt de l'ACV pour les systèmes énergétiques

3. Méthodologie et Étapes de l'ACV

Définition des objectifs et du champ de l'étude

Définition des objectifs et du périmètre

Fonction du produit ou du système

Unité fonctionnelle et flux de référence

Arbre des processus et exemples d'application

Inventaire des émissions et des extractions

Méthode de réalisation d'un inventaire

Bases de données d'inventaire (ex. : Ecoinvent)

Analyse des impacts environnementaux

Méthodes de caractérisation des impacts

Catégories d'impacts et indicateurs clés

Interprétation et analyse critique des résultats

Influence des choix de modélisation sur les résultats

Identification des limites et des incertitudes

Comparaison de scénarios et recommandations

Identification des principaux enjeux environnementaux liés aux technologies énergétiques actuelles et émergentes

Analyse des bénéfices environnementaux liés à l'intégration des systèmes énergétiques sur l'ensemble de la chaîne de valeur

Programme et contenu du Bureau d'étude :

1. **Mise en œuvre d'une analyse de cycle de vie** appliquée à un système énergétique (ex. : panneaux photovoltaïques, éoliennes)
2. **Utilisation du logiciel SimaPro** pour la modélisation et l'évaluation des impacts environnementaux
3. **Restitution des résultats** sous forme d'un rapport écrit respectant le cadre de l'ACV et d'une présentation orale

Chaîne logistique de l'hydrogène



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35F
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les principes de modélisation d'un système énergétique (chaîne logistique) : Approches de modélisation ascendante (bottom-up) en ingénierie vs descendante (top-down) en économie
- Appliquer ces principes au cas de la chaîne logique de l'hydrogène (multi-procédés, multi-acteurs , multi-objectifs, multi-usages)
- Comprendre le rôle de la modélisation prospective dans le processus de déploiement de chaînes logistiques énergétiques
- Comprendre et analyser les principaux résultats des modèles énergétiques

Description

- Modélisation et optimisation de chaînes logistiques « énergie »
 - Principes de modélisation d'une chaîne logistique « énergie »
 - Classification des modèles énergétiques : modèles descendantes (top-down), ascendantes (bottom-up) et hybrides
 - Prise en compte de l'aspect multicritère

- Illustration dans un **bureau d'études de conception d'une chaîne « hydrogène »**

Utilisation d'un modèle existant

Analyse de scénarios de déploiement (production centralisée / décentralisée)

Calcul de LCOE, du potentiel de réchauffement climatique

Optimisation de procédés et systèmes énergétiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE34E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Les problématiques d'optimisation revêtent une importance croissante dans les systèmes énergétiques. Ce cours a pour objectif de permettre aux étudiants d'acquérir une maîtrise des différentes méthodes d'optimisation appliquées à la conception et à l'exploitation de ces systèmes, avec une attention particulière portée sur les approches **multi-objectifs**. En effet, les critères d'optimisation tels que les coûts, l'efficacité énergétique et les indicateurs environnementaux sont souvent contradictoires, rendant ainsi la prise de décision particulièrement complexe.

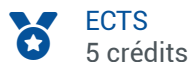
Le cours introduit également des outils d'**Aide à la Décision Multicritères (MCDM)**, permettant de sélectionner une solution parmi un ensemble de solutions « optimales », offrant ainsi un cadre structuré pour résoudre les problèmes complexes auxquels les systèmes énergétiques sont confrontés.

Description

- **Identification des problèmes d'optimisation multi-objectifs** : Exemples de décisions et de critères dans l'optimisation des systèmes énergétiques.

- **Présentation des principales méthodes d'optimisation multi-objectifs** : Introduction aux approches d'optimisation et d'aide à la décision adaptées aux systèmes énergétiques.
- **Identification des stratégies d'optimisation pertinentes** : Sélection des approches appropriées en fonction des spécificités d'un problème donné.
- **Formulation des critères d'optimisation** : Définition des critères techniques, économiques et environnementaux pour l'optimisation des systèmes énergétiques.
- **Étude de cas en bureau d'études** : Analyse d'un système de cogénération chaleur-électricité par une turbine à gaz, avec formulation du problème, optimisation multi-objectifs et prise de décision basée sur des critères techniques, économiques et environnementaux.

SMART-GRIDS



En bref

- **Code Ametys:** N9EE35
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière				
Hybridation Energétique des systèmes	Matière				
Smartgrids (EE)	Matière				

Réseaux Electriques décentralisés, embarqués



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Connaitre les enjeux clés permettant de choisir l'architecture et dimensionner un réseau électrique embarqué par rapport à un cahier des charges.

Description

À l'issue de ce module, les étudiants connaîtront les éléments à prendre en compte lors du dimensionnement d'un réseau embarqué, comme les problématiques de qualité et stabilité, l'apport de l'hybridation, la sécurité et la fiabilité et la CEM.

Pré-requis obligatoires

Circuits électriques de base et bilans de puissance.

Fonctionnement des machines électriques

Hybridation Energétique des systèmes



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

A la fin du cours, l'étudiant connaît les architectures des systèmes hybrides et les caractéristiques énergie/puissance des sources et des éléments de stockage de l'énergie.

Il sera capable d'analyser la mission d'un système énergétique, de juger sur la pertinence de son hybridation et de concevoir et dimensionner un système hybride.

L'étudiant sera également capable de proposer une stratégie de gestion d'énergie d'un système énergétique multi-sources en respectant les caractéristiques intrinsèques des sources associées.

At the end of the course, the student will be able to identify the architectures of the hybrid systems and to know the energy/power characteristics of some sources and energy storage elements.

He will be able to analyze the mission of an energy system, to evaluate the relevance of its hybridization and to design a hybrid system.

The student will also be able to propose an energy management strategy of a multi-source energy system by respecting the intrinsic characteristics of the associated sources.

Description

En plus des théories relatives à l'hybridation et à la gestion d'énergie des systèmes multi-sources, le cours est basé sur plusieurs exemples de systèmes énergétiques hybrides issus du retour d'expérience du laboratoire Laplace dans ce domaine de recherche. Ces exemples concernent en particulier le domaine de transport (l'aéronautique, le ferroviaire et le routier).

In addition to the hybridization theory and the energy management of multi-source systems, the course is based on several examples of hybrid energy systems from the Laplace laboratory experience feedback. These examples relate in particular to the transport field (aeronautics, rail and road).

Pré-requis obligatoires

Maîtrise de la notion énergie/puissance, Connaissances générales en génie électrique et en électrochimie

Smartgrids (EE)



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

ce cours en 4 séances a pour but de sensibiliser les étudiants à l'émergence des réseaux électriques intelligents (smart grids) en les distinguant du fonctionnement actuel des réseaux.

Au regard des réseaux électriques actuels, le concept de "smart grids", leurs caractéristiques et principaux verrous sont introduits. Les notions de "services systèmes/services au réseau" (contribution aux réserves de fréquence/tension, ajustement/ effacement, autoconsommation,...) sont présentées. De même, sont décrits les nouveaux degrés de libertés (stockage, mobilité électrique massive, prédictions de production et consommation, compteur communicant,... pour un ajustement de la consommation,...) permettant une "gestion intelligente des réseaux électriques". Le coût pour l'utilisateur de ces nouveaux concepts étant essentiel, un aperçu des mécanismes de marché et des éléments de modèles économiques (investissement, opération) permettront à l'étudiant de faire un lien "technico économique entre performance énergétique et impact économique. Enfin, quelques exemples de smart grids, et l'exemple détaillé de l'autoconsommation dans un éco quartier permettra de mettre ces concepts en évidence de façon plus concrète.

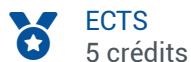
Description

les réseaux électriques intelligents plus communément nommés "smart grids" se situent pleinement dans le contexte de la transition énergétique. L'électrification massive constitue une voie privilégiée vers la nécessaire décarbonation du paysage. Après la mécanisation et l'informatique (internet), les smart grids sont considérés comme la 3eme révolution industrielle, de par le fait qu'ils constituent le maillon essentiel pour favoriser l'équilibrage production consommation d'électricité qui deviendra de plus en plus précaire au fur et à mesure de l'intégration massive d'énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien). Les smart grids se définissent par l'idée d'intégrer infrastructure électrique (énergie) les Technologies de l'Information et de la Communication, ceci afin d'apporter la flexibilité nécessaire pour résoudre ce problème d'équilibrage de puissance dans des conditions fiables (résilientes aux défauts, cyberattaques,...) et pour un coût acceptable par les consommateurs.

Pré-requis obligatoires

ce cours se veut introductif et requiert seulement des compétences assez générales en termes de réseaux électriques, compétences dispensées en 3e année 3EA, en particulier dans les options CERE et Eco Energie.

VECTEUR HYDROGENE



En bref

- **Code Ametys:** MH3CIOGX
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Production de l'hydrogène	Matière				
Stockage de l'hydrogène	Matière				
Piles à combustibles et applications de l'hydrogène	Matière				
Electrochimie	Matière				

Production de l'hydrogène



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35G
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Comprendre les enjeux du marché mondial de l'hydrogène et ses modes de production actuels.
- Identifier les technologies d'électrolyse à faibles émissions de carbone et leurs domaines d'application.
- Modéliser le fonctionnement d'un électrolyseur à eau et analyser son rendement.
- Maîtriser les principes d'alimentation électrique et les auxiliaires d'un système d'électrolyse.

Description

Ce module traite de la production d'hydrogène à faibles émissions de carbone par électrolyse. Il commence par donner un aperçu du marché de l'hydrogène et des procédés de production conventionnels. Il étudie ensuite les différentes technologies d'électrolyse, ainsi que leur modélisation et leurs caractéristiques opérationnelles. Le cours aborde les stratégies d'alimentation électrique, la gestion des auxiliaires et les contraintes de fonctionnement. La dernière partie est consacrée à l'analyse technico-économique du coût de l'hydrogène vert.

Pré-requis obligatoires

Connaissances en génie électrique et en électrochimie.

Stockage de l'hydrogène



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35H
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

- Connaître les différentes technologies utilisées pour le stockage de l'hydrogène
 - Connaître les avantages et les inconvénients de chaque technologie de stockage
 - Comprendre les risques liés à l'hydrogène et au mode de stockage utilisé
- Comprendre quelles technologie de stockage utiliser en fonction de l'application visée

Description

- Introduction et concepts de base (rappels)
- Stockage de l'hydrogène sous forme gazeuse
- Stockage de l'hydrogène sous forme liquide (LH2)
- Stockage solide de l'hydrogène par absorption (Hydrures)

- Stockage solide de l'hydrogène par adsorption (adsorbants)
- Stockage de l'hydrogène dans les liquides organiques (LOHC)
- Stockage de l'hydrogène dans le sous-sol
- Risques associés à l'hydrogène
- Ouverture sur le mode de la recherche (technologies en rupture)

Piles à combustibles et applications de l'hydrogène



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35I
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Technologies des piles à combustible

Caractérisations par polarisation $V(I)$ et spectroscopie d'impédance

Modélisation petits signaux et larges signaux des piles à combustible

Applications transport et stationnaire

Description

Le bureau d'étude et de recherche est axé sur la pile à combustible et consiste en :

Evaluer deux méthodologies complémentaires de caractérisation expérimentale :

- Tracé dynamique de courbe tension-courant.
- Spectroscopie d'impédance.

Paramétrer un modèle dynamique de pile PEM à partir de ces caractérisations expérimentales effectuées.

Evaluer le comportement dynamique de la pile PEM face à des perturbations générées par la connexion de convertisseurs statiques.

Electrochimie



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE35D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Acquérir les bases de l'énergétique et de la cinétique électrochimique

Comprendre le fonctionnement des générateurs électrochimiques

Description

- Introduction : Grandeurs mesurables dans une chaîne électrochimique. Deux siècles de développement de l'électrochimie.
- Les chaînes électrochimiques à l'équilibre. Force électromotrice. Potentiel d'électrode. Loi de Nernst. Générateurs primaires, secondaires, piles à combustible. Capacité, rendement.
- Les chaînes électrochimiques traversées par un courant : Transfert électronique hétérogène. Couplage du transfert électronique hétérogène et des phénomènes de transport en solution. Les divers régimes cinétiques. Loi de Butler-Volmer. Intensité limite
- Applications à la mise au point de procédés électrochimiques de synthèse. Applications à la corrosion. Applications à l'étude du fonctionnement des générateurs (charge, décharge).
- Aperçu sur les diverses méthodes électrochimiques. Potentiostat.

ENERGIES RENOUVELABLES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE36
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Systèmes Eoliens	Matière				
APP Photovoltaïque	Matière				
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière				

Systèmes Eoliens



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE36A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours en 4 à 5 séances introduit les principaux tenants et concepts inhérents à la conversion d'énergie éolienne en électricité, passant par les principaux constituants des aérogénérateurs jusqu'aux architectures constituant l'éolien moderne sur terre ou en mer. Le contenu du cours inclut : Historique, contexte, marchés de l'aérogénération électrique éolienne. Principaux acteurs du marché ; éléments de développement et de frein à l'expansion de la filière. Éléments de coûts et de développement d'un parc éolien.

- Caractérisation de la ressource éolienne (le vent), effets d'altitude et de sillage, éléments théoriques (limite de Betz) sur le productible éolien et sur l'efficacité énergétique des aérogénérateurs ; du contrôle mécanique par réglage des pâles aux zones de fonctionnement du démarrage à l'arrêt en sécurité.
- Constitution des aérogénérateurs électriques : nacelles avec et sans multiplicateur de vitesse ;
- éléments de conception des chaînes éoliennes selon leur taille et leur technologie ;
- Analyse transitoire et réglage stable du point de fonctionnement dans le plan couple vitesse ;
- Principales architectures de conversion de puissance des chaînes asynchrones et synchrones respectivement avec et sans multiplicateur, avec et sans électronique de puissance ; Éléments de réglage des puissances actives et réactives dans ces chaînes d'énergie.

Pré-requis obligatoires

Connaissances de bases nécessaires en physique énergétique (notions énergie/puissance), notions élémentaires en électricité et en conversion électromécanique (notions élémentaires sur la génération électrique).

APP Photovoltaïque



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE36D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

I L'énergie solaire : contexte et généralités

II La conversion photovoltaïque :

Le rayonnement dans l'espace, sur Terre, masse atmosphérique

Principes physiques, cellule à jonction PN, caractéristique, influence éclairement et T

Matériaux et technologies des cellules photovoltaïques

III De la cellule au générateur photovoltaïque, modularité

Associations de cellules, mise en série, en parallèle, déséquilibres et protections

Modélisation, simulation, commande MPPT

IV Systèmes photovoltaïques

Problématique, architectures, gestion de l'énergie (raccordé, isolé, stockage, ...)

Production énergétique, gisement solaire, caractérisation, dimensionnement, ACV

Systèmes raccordés au réseau

Systèmes autonomes non raccordés

V Calculs économiques : taux d'actualisation, inflation, TRI, LCOE, ...

Les mécanismes d'aides : tarifs de rachat, compléments de rémunération.

Installations hydroélectriques de Faible Puissance



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE36E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

L'hydroélectricité : différents types d'ouvrages

Les barrages, leur classement et leur surveillance

Les différentes turbines et le choix en fonction des caractéristiques de l'ouvrage

L'hydrologie d'un aménagement, les ouvrages de prise d'eau, d'amenée et de restitution, les turbines et la puissance disponible, les impacts environnementaux et leurs mesures de réduction. Réglementation à appliquer.

Organisation et législation de la production hydraulique en France, contrats d'obligation d'achat

Prédimensionnement technico-économique d'une centrale (BE

Visite du site de production EDF Bazacle

ENERGIES RENOUVELABLES NON ELECTRIQUES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** MH3CJRE5
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Biocarburants et systèmes bioénergétiques	Matière				
Valorisation Biomasse Haute Température	Matière				
Chaleur renouvelable	CM				

Biocarburants et systèmes bioénergétiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE36B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

Introduction sur les biocarburants :

Filière bioéthanol 1ère génération:

- Propriétés et utilisations de l'éthanol carburant
- Procédé de production par filière : Schéma général, fermentation, préparation des matières premières, séparation de l'éthanol, perspectives d'amélioration
- Bilans énergétique et environnemental
- Développement de la filière (France, Europe, Monde)

Le biodiesel :

- Données générales : Physico-chimie, normes, rappel sur les productions mondiales et européennes, sites de productions
- les matières premières et leur préparation.

Chimie et procédés, catalyse basique (Lurgi), hétérogène (EsterFIP), ouverture vers procédé HVO

Le biogaz :

- Généralités et Production : Biogaz, GNV, Biogaz-carburant
- Transformations biologiques et Procédés
- Bilans environnementaux et économique en comparaison des autres utilisations

Les systèmes énergétiques biocatalysés: biopiles et électrolyseurs microbiens

- Contexte historique : de la recherche à la réalité économique pour des marchés de niche
- Deux familles de biopiles:
 - Les piles microbiennes
 - Les piles enzymatiques
- Production d'hydrogène par électrolyse microbienne

Le rôle de la recherche dans la production et l'utilisation du bioéthanol et du biodiesel, en relation avec les aspects énergétiques et environnementaux

- Introduction sur les enjeux des filières biocarburants
- Le rôle de la recherche pour la production de bioéthanol
- Les biocarburants « deuxième génération »
- Innovation dans le domaine des procédés de production
- Concept de bioraffineries
- Le rôle de la recherche pour la production de biodiesel
- Innovation en matière de raffinage et de transformation des huiles végétales
- Diversification des matières premières
- Adéquation entre motorisation et carburants oxygénés
- Bilans énergétiques et environnementaux

Pré-requis obligatoires

Connaissances scientifiques basiques : savoir interpréter un graphique, manipuler des ordres de grandeur, comprendre des grandeurs tel qu'un rendement ou un bilan, notions en procédés, recherche bibliographique, ...

Valorisation Biomasse Haute Température



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE36C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Apporter des connaissances sur la phénoménologie de la conversion de la biomasse en vue du dimensionnement de réacteurs de vapogazéification.

Description

- Problématique politique/économique/sociale/stratégique

- nouvelles énergies
- énergie renouvelable
- avenir des énergies fossiles ?
- énergie "propre" (cycle du CO₂)
- indépendance énergétique
- les voies de valorisation de la biomasse
 - pyrolyse lente basse T : bio -> liquide
 - pyrolyse rapide haute T : bio -> gaz+charbon
 - pyrolyse très haute température : bio -> gaz
- Généralités sur les procédés de conversion

- Aspect technologique
- filières (gaz, liquide, bases carburants, ...)
- exemples de procédés

- Phénoménologie de la conversion de la biomasse

- définition de la biomasse
- les réactions, généralités
 - espèces mises en jeu
 - enthalpies de réaction => endothermicité => problématique de l'apport de la chaleur (combustion d'un résidu ou apport externe par combustion ou électrique)
- la pyrolyse et la vapogazéification à haute température
 - espèces mises en jeu
 - les réactions, détails
 - la thermo
 - comparaison aux résultats expérimentaux
 - la cinétique
 - la catalyse
 - bilan énergétique

- les réacteurs à lit fluidisé pour la mise en œuvre de la vapogazéification de la biomasse

- introduction à la fluidisation
- description des différentes approches de modélisation
 - l'approche corrélative GC
 - l'approche locale CFD
- résumé des corrélations essentielles pour le prédimensionnement des réacteurs à lits fluidisés
- méthode de prédimensionnement des réacteurs

BER : exemple sur un procédé de conversion du bois en gaz

- description générale

- bilan enthalpique
- prédimensionnement des zones réactionnelles

Chaleur renouvelable



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** MH3D2RFX
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Description

1. Introduction à la chaleur renouvelable

- 1.1. Définition et enjeux de la chaleur renouvelable
- 1.2. Bilan énergétique et part de la chaleur dans la consommation finale
- 1.3. Politiques et réglementations (européennes, françaises)
- 1.4. Comparaison avec les sources conventionnelles de chaleur

2. Les ressources de chaleur renouvelable

- 2.1. Solaire thermique
- 2.2. Biomasse et bioénergies thermiques
- 2.3. Géothermie
- 2.4. Chaleur fatale et récupération d'énergie

3. Évaluation technico-économique et impact environnemental

4. Études de cas et applications industrielles

FORMATION GENERALE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE37
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière				
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				

Journée Thématiques Energies et Dev. Durable



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N9EE37A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Disposer d'une connaissance élargie des enjeux de l'énergie et de la transition énergétique

Description

Au-delà des enseignements sur les énergies renouvelables (Photovoltaïque, éolien, biogaz,...), au cœur de notre formation Nouvelles Technologies de l'Energie, nous souhaitons donner aux étudiants une vision élargie des problématiques et enjeux de l'énergie. Pour cela nous faisons appel à des industriels spécialistes des différents domaines. Ils interviennent une journée ou une demi-journée, les étudiants font un résumé de l'intervention qui est évalué.

Exemples de journées thématiques :

JT : Enjeux de la transition énergétique : ASTIER Stephan, Professeur émérite, Toulouse INP

JT : PV : CAUSSAT-BONNANS Brigitte

JT : Piles microbiennes

BASSEGUY Regine

JT : Piles microbiennes

BASSEGUY Regine, CNRS

JT : Procédés de Capture CO2

ALIX Pascal, IFPEN

JT : Energie Nucléaire

LATGE Christian, CEA

JT : Acceptabilité sociétale des énergies renouvelables

VERVIER Philippe Acceptable Avenir

JT : Ecologie Industrielle

Marianne Boix, Ludovic Montastruc

JT : Aspect économique de l'énergie

LAFFORGUE Gilles, Toulouse Business School

JT : Analyse économique du marché de l'électricité

LEROYER Yoanne, Communauté de communes du Pays Basque

JT : Biogaz

PRIAROLLO Jeremie, Solagro

JT : Habitats

CAPITAINE Loic, Ecozimut

Nous effectuons également des visites de sites industriels pour illustrer les différents enseignements

Site de production Eolien Photovoltaïque Ville franche de Lauragais

Site de production hydroélectricité Le Bazacle Toulouse

Plateforme Smart ZAE SCLE INEO démonstrateur smart grids

Site de traitement des déchets et production biogaz Clerverts , Organic Vallée

Semestre 9 - Impact Entrepreneurship Low to Deep Tech 3EA



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M8FRIK19
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Ce choix de parcours vise à développer l'esprit d'initiative, la créativité et les compétences entrepreneuriales des élèves à travers la conception et la réalisation de projets concrets, low-tech ou deep-tech. Le parcours vise à renforcer les compétences en communication, travail collaboratif, gestion de projet, réflexion critique et innovation, tout en offrant un cadre authentique de mise en œuvre dans un environnement académique et professionnel. Le parcours est co-construit avec l'élève et l'écosystème entrepreneurial, afin d'adapter les projets aux intérêts, compétences et ambitions de chaque élève.

Description

L'enseignement combine séances théoriques, ateliers pratiques et travaux en équipe, favorisant l'apprentissage par projet, le prototypage et la simulation de situations professionnelles réelles. Les élèves documentent le développement de leur projet à travers un site de reporting (Notion ou outil équivalent), permettant de suivre l'avancement, d'analyser les choix réalisés et de capitaliser sur les enseignements tirés.

Évaluation globale du module : La réussite du module repose sur la combinaison de pitchs oraux individuels ou collectifs pour chaque volet, évaluant la clarté, la structuration, la pertinence et l'originalité des projets, et de la production de sites de reporting documentant l'ensemble des projets, analysant les choix méthodologiques, la planification et les résultats.

Volume horaire total : 162#h (3 × 54#h).

Pré-requis obligatoires

Ce choix nécessite l'autorisation préalable de la direction du département et de l'entrepreneuriat.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Choix UE Hard Skills 3EA Parcours Impact Entrepreneurship	Bloc				
Choix UE Parc. InSys Parc. Impact Entrepreneurship	Choix				
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE				5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière				
Test des circuits et simulation de faute	Matière				
POWER MANAGEMENT	UE				5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière				
MOSFET Driver Circuits	Matière				
EMC for SMPS	Matière				
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière				
Projet ASIC analogique	Matière				
Choix UE Parc. SysCom Parc. Impact Entrepreneurship	Choix				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE				5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière				
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Projet radar	Matière				
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière				
Modèles Multiphysiques	Matière				
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière				
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière				
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE				5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière				
Composants et circuits optoélectroniques en HP	Matière				
Internet des objets	Matière				
Dispositifs passifs hyper on guide d'ondes	Matière				

Choix UE Hard Skills 3EA Parcours Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQEY8

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Choix UE Parc. InSys Parc. Impact Entrepreneurship	Choix				
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE				5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière				
Test des circuits et simulation de faute	Matière				
POWER MANAGEMENT	UE				5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière				
MOSFET Driver Circuits	Matière				
EMC for SMPS	Matière				
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière				
Projet ASIC analogique	Matière				
Choix UE Parc. SysCom Parc. Impact Entrepreneurship	Choix				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE				5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière				
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Projet radar	Matière				
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière				
Modèles Multiphysiques	Matière				
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière				
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière				
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE				5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière				
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière				
Internet des objets	Matière				
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière				

Choix UE Parc. InSys Parc. Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQF5E

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
APPROFONDISSEMENT NUMERIQUE	UE				5 crédits
Conception système FPGA pour traitement du signal	Matière				
Test des circuits et simulation de faute	Matière				
POWER MANAGEMENT	UE				5 crédits
Microprocessor Power Supply	Matière				
MOSFET Driver Circuits	Matière				
EMC for SMPS	Matière				
FEM Modeling of Integrated passive filters	Matière				
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Equipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
SYSTEMES ANALOGIQUES-RF	UE				5 crédits
Composants et Circuits Optoélectroniques	Matière				
Synthèse de Filtre	Matière				
Photonique intégrée	Matière				
Internet des objets	Matière				
SYSTEMES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de synthèse	Matière				
CEM pour circuits intégrés	Matière				
System on Chip	Matière				
SYSTEMES MIXTES	UE				5 crédits
CAN et CNA	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Intégration de chaines d'instrumentation	Matière				
Sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués	Matière				
APPROFONDISSEMENT ANALOGIQUE	UE				5 crédits
Initiation Cadence Layout XL / Spectre	Matière				
Projet ASIC analogique	Matière				

Choix UE Parc. SysCom Parc. Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQQJL

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
CIRCUITS RF	UE				5 crédits
Équipement RF	Matière				
MMIC	Matière				
MEMS	Matière				
PHENOMENES LIES A LA PROPAGATION ET RADAR	UE				5 crédits
Propagation réelle des ondes électromagnétiques	Matière				
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Équipement Radar	Matière				
Projet radar	Matière				
PHYSIQUE APPLIQUEE ET METHODES NUMERIQUES	UE				5 crédits
Electromagnetisme et dispositifs multi-échelles	Matière				
Modèles Multiphysiques	Matière				
Electromagnétisme et nanoélectronique	Matière				
Synthèse de circuits électriques équivalents Haute Fréquence	Matière				
SYSTEMES HAUTES FREQUENCES EMBARQUES	UE				5 crédits
Capteurs Microondes et Optiques	Matière				
Composants et circuits optoélectroniques en HF	Matière				
Internet des objets	Matière				
Dispositifs passifs hyper en guide d'ondes	Matière				
CIRCUITS HYPERFREQUENCES ET CEM	UE				5 crédits
Réseaux d'antennes	Matière				
Antennes spatiales	Matière				
CEM aéronautique 1	Matière				
Conférences systèmes embarqués spatiaux	Matière				
Amplificateurs de puissance microondes	Matière				
CEM aéronautique 2	Matière				
MODELISATION	UE				5 crédits
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				
Physique des plasmas et applications	Matière				

Choix UE Parc. ACISE Parcours Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQHXJ

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
COMMANDE, FILTRAGE, DIAGNOSTIC DES SYSTEMES	UE				5 crédits
Estimation filtrage	Matière				
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				
OPTIMISATION DES SYSTEMES ET LEUR COMMANDE	UE				5 crédits
Commande robuste	Matière				
Commande optimale	Matière				
Optimisation combinatoire	Matière				
TER Opti	Matière				
Programmation linéaire et unimodularité.	Matière				
Optimisation continue	Matière				
MODELISATION, ANALYSE, SIMULATION DES SYSTEMES DISCRETS	UE				5 crédits
Modélisation et analyse des systèmes discrets	Matière				
Simulation des systèmes à événements discrets	Matière				
Planification et Ordonnancement	Matière				
Systèmes Dynamiques Hybrides	Matière				
TER Atelier Flexible	Matière				
SYSTEMES ASSERVIS AVANCES	UE				5 crédits
Commandes adaptatives et prédictives	Matière				
Systèmes aéronautiques	Matière				
Robotique : Modélisation et Commande	Matière				
TER Commande Avancée (ACISE)	Matière				
Commande de Systèmes électriques	Matière				
SYSTEMES INFORMATIQUES CRITIQUES AVANCES	UE				5 crédits
Sécurité Informatique	Matière				
Sûreté de fonctionnement informatique	Matière				
Tests et Evaluation de la sûreté	Matière				
Développement de systèmes informatiques critiques	Matière				

Choix UE Parc.CERE Parcours Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQQJ5U

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SYSTEMES ET RESEAUX DE PUISSANCE	UE				5 crédits
Conception système	Matière				
CVS pour conditionnement réseaux d'énergie	Matière				
CVS Réseaux HVDC	Matière				
CONCEPTION DES CVS	UE				5 crédits
Conception CVS	Matière				
Commande CVS	Matière				
TER Architecture et Commande	Matière				
Technologie EnP	Matière				
CVS ET SYSTEMES AVANCES	UE				5 crédits
Fiabilité CVS	Matière				
CEM	Matière				
X. Niveaux	Matière				
Commutation et intégration fonctionnelle	Matière				
ACTIONNEURS ET GENERATEURS	UE				5 crédits
Commande des actionneurs	Matière				
TER Commande des Actionneurs	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				
SMARTGRIDS ET MICRO-RESEAUX	UE				5 crédits
Réseaux autonomes	Matière				
Sources, réversibilité, stockage	Matière				
Smartgrids	Matière				
1/2 Journées thématiques	Matière				

Choix UE Parc. EMA Parcours Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQKKO

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE	UE				5 crédits
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière				
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière				
Modélisation des phénomènes couplés	Matière				
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE				5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière				
Commande optimale	Matière				
Dimensionnement optimisé des machines électriques	Matière				
Modélisation numérique des machines	Matière				
CONCEPTION DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES	UE				5 crédits
Éléments de conception des convertisseurs statiques	Matière				
Conception mécanique des actionneurs et générateurs	Matière				
Initiation à la CAO	Matière				
Générateurs électriques	Matière				
ARCHITECTURES DES SYSTEMES MECATRONIQUES	UE				5 crédits
Stratégie de commande des actionneurs électriques	Matière				
TER Commande des Actionneurs Electriques	Matière				
Compatibilité Electromagnétique	Matière				
Estimation filtrage	Matière				
Systèmes Multidimensionnels	Matière				
MECATRONIQUE APPLIQUEE	UE				5 crédits
TER Commande Avancée (EMA)	Matière				
Elastic metamaterials and actuators for space (Universeh)	Matière				
Techniques de bobinages des machines électriques	Matière				
Surveillance et Diagnostic systèmes	Matière				

Choix UE Parc. PN Parcours Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQLU0

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION	UE				5 crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière				
Commande optimale	Matière				
Optimisation Topologique	Matière				
Volume finis	Matière				
METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION	UE				5 crédits
Méthodes intégrales	Matière				
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				
CEM ET MATHEMATIQUES APPLIQUEES	UE				5 crédits
Modèles Multiphysiques	Matière				
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
CEM aéronautique 1	Matière				
Compatibilité Electromagnétique	Matière				
Calcul Haute Performance	Matière				
PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE - PN	UE				5 crédits
Physique des plasmas et applications	Matière				
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière				
Modélisation des phénomènes couplés	Matière				
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière				
ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF	UE				5 crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière				
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière				
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière				

METHODES NUMERIQUES ET OPTIMISATION



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N9EE33

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modélisation numérique par éléments finis	Matière				
Commande optimale	Matière				
Optimisation Topologique	Matière				
Volume finis	Matière				

METHODES NUMERIQUES POUR LES PROBLEMES DE DIFFRACTION



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** M34HPVWI

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Méthodes intégrales	Matière				
	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Analyse Electromagnétique de la Diffraction/Equipement Radar	Matière				
Méthodes intégrales	Matière				

CEM ET MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HPWDO

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modèles Multiphysiques	Matière				
Méthodes variationnelles pour la résolution des équations aux dérivées partielles de la physique	Matière				
CEM aéronautique 1	Matière				
Compatibilité Electromagnétique	Matière				
Calcul Haute Performance	Matière				

PHYSIQUE POUR LA MECATRONIQUE - PN



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HPY9P

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Physique des plasmas et applications	Matière				
Phénomènes avancés en conversion électromécanique	Matière				
Modélisation des phénomènes couplés	Matière				
Introduction à la magnétohydrodynamique	Matière				

ENVIRONNEMENT POUR LE CALCUL INTENSIF



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N9EM03

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
BES langages avancés (C++, Python)	Matière				
Environnement Logiciel du Calcul Scientifique	Matière				
Techniques de génération maillage, pré/post processing	Matière				

Choix UE Parc. EE Parcours Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQMYP

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
CONCEPTION SYSTEMIQUE	UE				5 crédits
Modélisation systémique en Bond Graph	Matière				
Ecoconception et ACV	Matière				
Chaîne logistique de l'hydrogène	Matière				
Optimisation de procédés et systèmes énergétiques	Matière				
SMART-GRIDS	UE				5 crédits
Réseaux Electriques décentralisés, embarqués	Matière				
Hybridation Energétique des systèmes	Matière				
Smartgrids (EE)	Matière				
ENERGIES RENOUVELABLES	UE				5 crédits
Systèmes Eoliens	Matière				
APP Photovoltaïque	Matière				
Installations hydroélectriques de Faible Puissance	Matière				
FORMATION GENERALE	UE				5 crédits
Journée Thématiques Energies et Dev. Durable	Matière				
Professional Communication and English-Semestre 9	Bloc				
Scientific English	Matière				
Choix 2 Anglais Professionnel - 3A	Choix				
Anglais Clinique	Matière				
Anglais de Cambridge ou Projet	Matière				

Choix UE Parc. IATI Parcours Impact Entrepreneurship



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQ09Q

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
SIGNAL ET APPLICATIONS	UE				5 crédits
Traitement d'antennes	Matière				
Traitement automatique de la parole	Matière				
Audio et musique	Matière				
Navigation par satellite	Matière				
IA ET MATERIEL	UE				5 crédits
Edge computing	Matière				
Conception de NN dédiés aux systèmes embarqués	Matière				
IMAGE - APPLICATIONS	UE				5 crédits
Imagerie computationnelle	Matière				
Imagerie médicale computationnelle	Matière				
Télédétection	Matière				
APPRENTISSAGE ET DECISION	UE				5 crédits
Analyse de données	Matière				
Apprentissage non supervisé	Matière				
Apprentissage supervisé	Matière				
SYSTEMES EMBARQUES	UE				5 crédits
System on Chip	Matière				
Architecture et accélération matérielle pour le DL	Matière				
IA ET CAPTEURS	UE				5 crédits
Technologie de chaînes d'instrumentation intelligentes	Matière				
Projet Smart Sensor	Matière				
IA AVANCEE	UE				5 crédits
Apprentissage faiblement supervisé, RNN	Matière				
Data analysis 2 and classification	Matière				
VISION, REALITE AUGMENTEE ET APPLICATIONS	UE				5 crédits
Vision par ordinateur et Réalité augmentée	Matière				
Projet transversal	Matière				

SOFT SKILLS 1 - PARTNERSHIPS



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M297M8AN
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Volet 1 : Partnerships – 54#h (3 × 18#h)

Objectifs : Approfondir les connaissances et compétences des élèves en entrepreneuriat appliqué à des projets technologiques des partenaires de l'écosystème.

Identifier des opportunités, concevoir des solutions viables et planifier un projet entrepreneurial, intégrant les dimensions économique, sociale et technologique.

Développer des compétences transversales telles que communication, travail collaboratif, créativité, réflexion critique et gestion de projet.

Description

Méthodes pédagogiques : contenus théoriques, ateliers pratiques, interactions avec des partenaires de l'écosystème entrepreneurial.

Reporting : suivi du projet via un site (Notion ou équivalent) documentant les choix, la planification et les résultats.

Évaluation : présentation orale du projet sous forme de pitch et production du site de reporting.

Pré-requis obligatoires

Ce choix nécessite l'autorisation préalable de la direction du département et de l'entrepreneuriat.

Liste des enseignements

Nature	CM	TD	TP	Crédits

SOFT SKILLS 2 - DESIGN THINKING



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M297M985
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Volet 2 : Design thinking appliqué à l'entrepreneuriat – 54#h (3 × 18#h)

Objectifs : Appliquer les méthodes du design thinking pour développer des projets low-tech ou deep-tech centrés sur l'utilisateur et l'innovation.

Explorer l'identification de besoins réels, la génération d'idées, la conception de prototypes et la validation de solutions.

Renforcer les compétences transversales : créativité, autonomie, communication, travail collaboratif et réflexion critique.

Description

Méthodes pédagogiques : ateliers pratiques, contenus théoriques et échanges avec des partenaires pour mettre en œuvre les étapes du design thinking.

Reporting : site de suivi documentant la démarche, les prototypes et les enseignements tirés.

Évaluation : présentation orale du projet (pitch en anglais) et production du site de reporting (documents en anglais), évaluant structuration, pertinence, originalité et rigueur méthodologique.

Pré-requis obligatoires

Ce choix nécessite l'autorisation préalable de la direction du département et de l'entrepreneuriat.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Design Thinking 1 - module 15h	Matière				
Design Thinking 2 - module 18h	Matière				
Professional Communication and English - module 21h	Matière				

Design Thinking 1 - module 15h



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M297M9C5

Design Thinking 2 - module 18h



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M297M9GH

Professional Communication and English - module 21h



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M297M9KX

SOFT SKILLS 3 - PROJET DEEP TECH & CAS D'USAGE



ECTS
5 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M297MA45
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Volet 3 : Projets entrepreneuriaux basés sur des cas d'usage – 54#h (3 × 18#h)

Objectifs : Approfondir les compétences entrepreneuriales à travers l'analyse et la mise en œuvre de cas d'usage dans des projets low-tech ou deep-tech.

Identifier des opportunités concrètes, appliquer des solutions innovantes et évaluer leur faisabilité dans des situations réalistes, intégrant les dimensions économique, sociale et technologique.

Développer des compétences transversales : communication, travail collaboratif, réflexion critique, créativité et gestion de projet.

Description

Méthodes pédagogiques : étude de cas, ateliers pratiques, échanges avec des partenaires et documentation structurée des projets.

Reporting : site de suivi (Notion ou équivalent) détaillant les cas d'usage, les choix réalisés et les enseignements tirés.

Évaluation : présentation orale du projet (pitch) et production du site de reporting.

Pré-requis obligatoires

Ce choix nécessite l'autorisation préalable de la direction du département et de l'entrepreneuriat.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
PDT & CU 1 - module 18h	Matière				
PDT & CU 2 - module 18h	Matière				
PDT & CU 3 - module 18h	Matière				

PDT & CU 1 - module 18h



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M297MA7R

PDT & CU 2 - module 18h



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M297MAC3

PDT & CU 3 - module 18h



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M297MAGH

Projet Fin d'Etude 3EA sans Projet Long



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

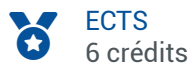
En bref

> **Code Ametys:** M34HQ1PJ

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
PFE 3EA sans PL	Stage				24 crédits

Stage 2A 3EA



ECTS
6 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQ1T9

PFE 3EA sans PL



ECTS
24 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQ1YJ

PFE 3EA avec Projet Long



ECTS
30 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HQ2I6

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Stage 2A 3EA	Matière				6 crédits
Projet Long 3EA	Matière				8 crédits
Projet de Fin d'Etudes 3EA	Matière				16 crédits

Projet Long 3EA



ECTS
8 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N0EE02A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Les étudiants, par petits groupes, répondent à un cahier des charges technique proposé par un industriel ou un chercheur dans leur domaine de spécialité en autonomie.

Description

La durée du projet long est de 6 semaines à temps plein. L'encadrement du projet long est réduit : les enseignants sont sollicités par les étudiants en tant qu'experts techniques en fonction des besoins du projet. Les étudiants doivent mettre en oeuvre leurs compétences en recherche bibliographique, état de l'art pour répondre à un cahier des charges. Ils utilisent également leurs compétences techniques (conception, simulation, mesure) pour répondre au cahier des charges. Ils utilisent ensuite leurs compétences en communication pour restituer les résultats de leur projet en anglais.

Pré-requis obligatoires

Toutes les compétences utiles vues lors de la formation pour répondre au cahier des charges (conception, simulation, mesure, communication, organisation de projet...)

Projet de Fin d'Etudes 3EA



ECTS
16 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N0EE02B

MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE POUR L'INGENIEUR



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5AE01

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Rappels de Mathématiques.	Matière				
Informatique pour l'Ingénieur	Matière				

Rappels de Mathématiques.



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AE01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants auront les bases mathématiques nécessaires pour appréhender sereinement les autres cours de la formation.

Description

Pendant ce cours, les étudiants vont revoir:

- les nombres complexes,
- l'intégration,
- les fonctions trigonométriques,
- les bases de l'algèbre linéaire,
- les équations différentielles,

- les séries de Fourier.

Pré-requis obligatoires

Pas de prérequis

Informatique pour l'Ingénieur



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AE01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

L'objectif de cette matière est dans un premier de découvrir des outils de conception algorithmique permettant de concevoir des applications informatiques en programmation impérative. Les méthodes précédentes sont dans un second temps mis en contexte applicatif avec l'apprentissage du Langage C. A l'issue de ce cours, l'étudiant doit être capable d'aborder avec méthodologie les étapes de conception et de programmation d'une application informatique en langage C.

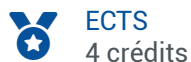
Description

Le module se compose de 2 cours - TD sur les aspects conception algorithmique. Un cours - TD consacré aux principes fondamentaux du langage C (pointeurs et notions de sous-programme). Une série de 5x1.75h de BE est ensuite proposée pour la découverte de la programmation en C dans l'environnement Code Blocks. Un BE de 8x3.5h est finalement proposée. Il consiste à proposer le développement complet d'un jeu, de la conception à la programmation en langage C.

Pré-requis obligatoires

Aucun

MATHEMATIQUES ET CALCUL SCIENTIFIQUE



En bref

➤ **Code Ametys:** N5AE02

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Analyse Réelle et Complexe	Matière				
Matlab-Simulink	Matière				

Analyse Réelle et Complexe



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AE02A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants seront en mesure de manipuler des nombres et des fonctions complexes, de reconnaître les fonctions holomorphes (analytiques) et méromorphes, et d'appliquer les principaux résultats de l'Analyse Complexe, notamment le Théorème des Résidus, afin de calculer des intégrales de fonctions méromorphes. Un second objectif est l'introduction des transformées de Laplace, de Fourier et en Z. Les techniques d'intégration sur les contours seront utiles dans les cours de circuit, d'automatique et d'analyse numérique.

Description

Ce cours comprend 10 séances de cours-TD. Au cours de ces séances, nous introduisons : le plan complexe $\mathbb{C}$ et les représentations algébrique et géométrique d'un nombre complexe ; les séries entières complexes et leur disque de convergence ; les fonctions complexes et les notions de limite, continuité et différentiabilité sur $\mathbb{C}$; les fonctions complexes multiformes et les déterminations de rang ; les fonctions holomorphes et les équations de Cauchy-Riemann ; les fonctions méromorphes et la série de Laurent ; l'intégrale curviligne complexe et les lemmes de Jordan ; le calcul des résidus et les Théorèmes de Cauchy et des Résidus, avec application au calcul intégral et au calcul de séries réelles.

Pré-requis obligatoires

Les notions de base en analyse réelle (limite, séries réelles, convergence, continuité, différentiabilité, séries entières, ...).

Matlab-Simulink



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N5AE02B

Présentation

Objectifs

Une introduction complète à :

- L'environnement de calcul scientifique MATLAB®
- Les techniques élémentaires pour la modélisation et les outils pour développer des modèles SIMULINK®

Description

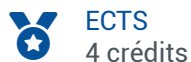
- L'interface de l'environnement "MATLAB"
- Saisie de commandes et création de variables
- Analyse de données vectorielles et matricielles
- Visualisation de données vectorielles et matricielles
- Traitement de fichiers de données
- Types de données
- Automatisation de commandes avec des scripts
- Ecriture de programmes contenant boucles et branchements conditionnels
- Ecriture de fonctions
- Création et modification des modèles "Simulink", et simulation de la dynamique d'un système

- Modélisation de systèmes continus, discrets et hybrides
- Modification des options du solveur pour la précision et la performance des simulations
- Hiérarchie dans un modèle "Simulink »
- Création de composants avec des sous-systèmes, des bibliothèques et des références de modèle

Pré-requis obligatoires

Aucune connaissance préalable en programmation avec le logiciel MATLAB et Simulink de la société "Mathworks" n'est requise.

ELECTRICITE APPLIQUEE



En bref

> **Code Ametys:** N5AE03

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Bases des circuits	Matière				
Systèmes monophasés	Matière				
Transformateur monophasé	Matière				

Bases des circuits



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N5AE03B

Présentation

Objectifs

Se familiariser avec la description, la composition, les topologies des circuits linéaires électriques, ainsi que des relations caractéristiques des composants passifs linéaires. Maîtriser l'utilisation des lois de Kirchhoff en circuits et les équations caractéristiques des composants linéaires. Comprendre la déduction des équations différentielles d'ordres 1 et 2 pour les circuits d'ordres 1 et 2, ainsi que des réponses correspondantes en régime temporel quelconque et en régime sinusoïdal permanent. Être sensibiliser à normes standards internationales en écritures et en notations.

Description

- 1) Notions élémentaires : circuits électriques – Grandeurs électriques et unités SI – Lois de Kirchhoff – Signaux électriques élémentaires
- 2) Éléments des circuits : relations caractéristiques – Modèle linéaire ou linéarisé – relation courant/tension/puissance – stockage d'énergie électrique ou magnétique
- 3) Circuit d'ordre 1 : équation générale – solution du régime homogène – solution des régimes DC et AC – solution du régime sinusoïdale permanent – Notation complexe – Représentation spectrale

- 4) Circuit d'ordre 2 : équation générale – solution du régime homogène – solution des régimes DC et AC – solution du régime sinusoïdale permanent – Notation complexe – Représentation spectrale - Résonances
- 5) Transformé de LAPLACE appliquée aux études des circuits en régime temporel quelconque

Systèmes monophasés



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5AE03C

Présentation

Objectifs

Donner aux étudiants une culture scientifique permettant de comprendre les notions de:

- **régime sinusoïdal monophasé**
- **pollution harmonique en monophasé;**

Description

1- **PUISSANCES ELECTRIQUES EN REGIME SINUSOIDAL MONOPHASE**

1-1. Grandeurs alternatives sinusoïdales

1-2. Impédances complexes

1-3. Puissances en régime sinusoïdal monophasé

1-4. Relèvement du facteur de puissance

2- PUISSANCES ELECTRIQUES EN REGIME NON SINUSOIDAL

2-1. Problèmes posés par les charges déformantes : pollution harmonique

2-2. Analyse harmonique de signaux périodiques

2-3. Puissances en régime non sinusoïdal

Pré-requis obligatoires

- lois des nœuds/ loi des mailles ;
- notion d'impédance ; loi d'Ohm généralisée ;
- dipôles passifs élémentaires ;

Pré-requis mathématiques :

- *construction vectorielle ;*
- *notation complexe d'une grandeur sinusoïdale ;*
- *calcul d'une valeur efficace ;*
- *exploitation du développement en série de Fourier.*

Transformateur monophasé



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5AE03D

Présentation

Objectifs

Donner aux étudiants une culture scientifique permettant de comprendre les notions de:

- **transformateur monophasé**

Description

Présentation du transformateur monophasé

Transformateur monophasé parfait

Modèles équivalents du transformateur monophasé

Caractéristiques du transformateur réel

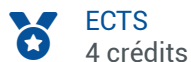
Pré-requis obligatoires

- lois des nœuds/ loi des mailles ;
- notion d'impédance ; loi d'Ohm généralisée ;
- dipôles passifs élémentaires ;

Pré-requis mathématiques :

- *construction vectorielle ;*
- *notation complexe d'une grandeur sinusoïdale ;*
- *calcul d'une valeur efficace ;*
- *exploitation du développement en série de Fourier.*

COMPOSANTS ET CIRCUITS ELECTRONIQUES



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N5AE04

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Composants de l'Electronique	Matière				
Théorie des circuits	Matière				
Projet Fonction Electronique de Base	Matière				
Circuits analogiques	Matière				

Composants de l'Electronique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AE04A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Présenter les concepts de la physique des semiconducteur, en particulier en considérant en particulier l'exemple du Silicium.

Présenter le fonctionnement de la jonction PN, du transistor bipolaire et du transistor MOS.

Ecrire les équations d'état déduites des phénomènes physiques.

Définir les modèles utilisés en conception de circuits analogiques intégrés ou discrets.

Comprendre les différences de structure, de comportement et d'usage entre composants de puissance et composants signal.

Transistor Bipolaire : Effet bipolaire - Equations en courant du transistor NPN et PNP - Modes de fonctionnement - Modèle en régime statique et dynamique.

Transistor MOS : Principe de fonctionnement de la capacité MOS idéale et réelle, étude en régime statique et dynamique - Principe de fonctionnement des transistors NMOS et PMOS, équations d'état - Modes de fonctionnement - Modèles petit signaux - Introduction à la technologie CMOS

Composants de puissance : Principe de fonctionnement de la jonction PIN en régime de polarisation directe et inverse - Familles de composants de puissance et leurs caractéristiques principales (MOSFET, IGBT, Thyristor)

Description

Toutes les ressources pédagogiques sont mises à disposition des étudiants sur la plateforme Moodle. Le module comprend:

- 12 séances de cours magistral,
- 1 examen écrit qui fait le bilan des connaissances et savoir-faire acquis.

Pré-requis obligatoires

Aucun si ce n'est les outils mathématiques acquis à l'entrée en école d'ingénieurs.

Théorie des circuits



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5AE04B

Présentation

Objectifs

Se familiariser avec la notion des réseaux électriques linéaires et leurs fréquences de résonances propres. Comprendre la description en multi pôles et maîtriser la manipulation des quadripôles. Comprendre les méthodes conventionnelles d'analyse des réseaux linéaires. Maîtriser la notion de fonction de transfert et sa déduction dans le cas d'un réseau à une entrée et une sortie. Maîtriser la technique de décomposition en éléments simples dans le cas du régime sinusoïdal permanent. Se familiariser avec les théorèmes fondamentaux en circuits linéaires.

Description

- 1) Méthodes d'analyse des circuits linéaires invariants dans le temps : Analyse par potentiels des nœuds – Analyse par courants des mailles – Régime temporel et résolution des systèmes d'équations linéaires en $\mathbf{p}$ – Régime sinusoïdal permanent et résolution des systèmes d'équations linéaires en $\mathbf{jw}$
- 2) Fonction de transfert : équation caractéristique – zéros et pôles – Analyse en régime temporel quelconques – Analyse en régime sinusoïdal permanent – Éléments simples en régime sinusoïdal permanent – Diagramme de Bode
- 3) Théorèmes fondamentaux : superposition – Substitution – Thévenin/Norton – Réciprocité – Kennelly – Tellegen – Dualité

- 4) Quadripôle : Matrices caractéristiques – Droite de chargé – Droite du générateur – Classification et caractéristiques des quadripôles – Associations des quadripôles

Projet Fonction Electronique de Base



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N5AE04C

Présentation

Objectifs

- Savoir utiliser les appareils de mesure
- Savoir dimensionner et mettre en œuvre des montages élémentaires à amplificateur opérationnel
 - Fonctions amplification et filtrage
 - Fonction de comparaison
 - Fonction oscillateur
- Savoir choisir un composant actif pour une application spécifique et savoir mettre en évidence les limitations technologiques d'un système.
- Savoir caractériser les signaux observés, en temps et en fréquence: analyse temporelle et analyse spectral
 - Définition et mesure du taux de distorsion harmonique d'un

signal sinusoïdal
- mesure d'un taux de distorsion harmonique
- Savoir faire des relevés expérimentaux, les présenter, les analyser

Description

Support pédagogique:

Réalisation d'un système électronique de mesure des parties réelle et imaginaire d'une impédance.

Pré-requis obligatoires

Cours et TD: Théorie des circuits

Circuits analogiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N5AE04D

Présentation

Objectifs

- savoir choisir en fonction de leurs propriétés intrinsèques les structures de base pour concevoir un circuit amplificateur à plusieurs étages en composants discrets.
- être capable d'analyser les structures de base composant un circuit à plusieurs transistors déjà conçu.

Description

Propriétés des structures de base (transistor à émetteur commun, base commune, collecteur commun) : polarisation en continue (droite de charge statique), amplification en alternatif (droite de charge dynamique, calcul du gain en tension, influence de la résistance interne du générateur alternatif sur ce gain, calcul des impédances d'entrée et sortie).

Notion de charge active.

Pré-requis obligatoires

Physique du semiconducteur et jonction PN ; bases de calcul de circuits

SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S5-FISA



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AK06
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation par niveau basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Careers and Management 1	Matière				
Careers and Management 2	Matière				
Professional Communication and English	Matière				

Careers and Management 1



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AK06C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

1. Comprendre les principes fondamentaux du marketing et être capable de les mobiliser pour analyser, valoriser et promouvoir son profil personnel et professionnel dans des contextes académiques et professionnels.
2. Sensibiliser les élèves-ingénieurs aux enjeux de la responsabilité sociétale des organisations (RSO) et de l'économie circulaire, afin de leur permettre d'analyser le rôle, les responsabilités et l'impact de l'ingénieur dans les transitions écologiques, sociétales et économiques.
3. Découvrir les enjeux, les démarches et les compétences liés à l'entrepreneuriat, afin de développer l'esprit d'initiative, la créativité et la capacité à concevoir et porter un projet à valeur économique, sociale ou technologique.

Description

L'enseignement s'organise sur un semestre de 12 séances hebdomadaires structuré en deux modules — Marketing et Engagement RSE — complété par une journée de sensibilisation à l'entrepreneuriat ainsi que des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels. L'évaluation repose sur la production d'un e-portfolio individuel et sur des prestations orales, individuelles ou en groupe, sous forme de pitch.

Careers and Management 2



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AK06D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

1. Comprendre les principes fondamentaux du marketing et être capable de les mobiliser pour analyser, valoriser et promouvoir son profil personnel et professionnel dans des contextes académiques et professionnels.
2. Sensibiliser les élèves-ingénieurs aux enjeux de la responsabilité sociétale des organisations (RSO) et de l'économie circulaire, afin de leur permettre d'analyser le rôle, les responsabilités et l'impact de l'ingénieur dans les transitions écologiques, sociétales et économiques.
3. Découvrir les enjeux, les démarches et les compétences liés à l'entrepreneuriat, afin de développer l'esprit d'initiative, la créativité et la capacité à concevoir et porter un projet à valeur économique, sociale ou technologique.

Description

L'enseignement s'organise sur un semestre de 12 séances hebdomadaires structuré en deux modules — Marketing et Engagement RSE — complété par une journée de sensibilisation à l'entrepreneuriat ainsi que des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels. L'évaluation repose sur la production d'un e-portfolio individuel et sur des prestations orales, individuelles ou en groupe, sous forme de pitch.

Professional Communication and English



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N5AK06E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

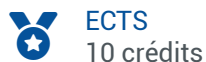
Objectifs

Développer la capacité à communiquer avec aisance et professionnalisme en anglais dans des contextes académiques et professionnels, notamment à travers l'analyse et la présentation d'actualités. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte du niveau B2 ou plus du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle en anglais, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

ENTREPRISE-Semestre 5-3EA App.



ECTS
10 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N5AE06

Présentation

Objectifs

Prise de contact avec l'entreprise partenaire de l'apprentissage.

Prise de connaissance concrète de la fiche mission, du contexte et du début du projet industriel.

Validation par l'entreprise et par la fiche de visite¹ du tuteur pédagogique enregistré dans le LEA (Livret Electronique de l'Apprentis).

MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE POUR L'INGENIEUR

 **ECTS**
4 crédits

 **Composante**
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N6AE01

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Analyse réelle	Matière				
Probabilités et Statistiques	Matière				
Structure des Calculateurs	Matière				

Analyse réelle



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Comprendre les principes de la transformée de Laplace et de Fourier et savoir les utiliser.

Description

Des éléments sur la théorie de l'intégration sont rappelés.

La transformée de Fourier est introduite sur les fonctions intégrables et l'application à d'autres fonctions est progressivement proposée.

Les propriétés et règles de calculs de la transformée de Fourier sont données et mises en oeuvre.

Une autre partie du module est consacré à la transformée de Laplace et la transformée en Z. Les définitions et les règles de calculs sont données. Ces notions sont mises en oeuvre sur des exercices.

Pré-requis obligatoires

Aucun

Probabilités et Statistiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Ce cours a pour objectif de permettre au futur ingénieur de construire un modèle mathématique à partir de l'observation d'un phénomène aléatoire et d'un recueil de données d'expérimentation ou d'échantillonnage en hydrologie. Cette construction va de la recherche et du choix du modèle à son ajustement précis, à l'aide des observations, et à sa validation. Ce modèle doit permettre alors une meilleure compréhension ou analyse du phénomène et aboutir, le cas échéant, à des prises de décision ou des prévisions. Chaque modèle est introduit dans un contexte applicatif qui relève du contrôle de qualité, de la fiabilité, des enquêtes par sondage ou du suivi d'une production industrielle ou d'un facteur économique. L'ingénieur qui sera confronté, dans un bureau d'études, à de tels problèmes pourra valablement adapter ces modèles à son problème spécifique et le résoudre.

Description

Calcul de la probabilité d'un événement lors d'une expérience aléatoire ; probabilité conditionnelle ; indépendance.

Les principaux modèles univariés ; les modèles discrets : loi de Bernoulli, loi binomiale, loi de Poisson, loi géométrique, loi hypergéométrique ; les modèles à densité : loi uniforme, loi exponentielle, loi gamma, loi gaussienne, loi log-normale, loi de Cauchy.

Les modèles multivariés ; corrélation ; loi multinomiale, loi gaussienne multidimensionnelle, loi de Pareto, Loi de Cauchy ; loi conjointe, lois marginales ; indépendance ; changement de variables . Les outils de calage d'un modèle ; estimation d'un paramètre, estimation sans biais de variance minimum, estimation par maximum de vraisemblance.

Pré-requis obligatoires

Dénombrements. Combinatoire. Intégration.

Structure des Calculateurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Emuler le fonctionnement interne d'un microprocesseur associé à ses périphériques
- Visualiser le cheminement des informations au sein de l'architecture et analyser les accès mémoire
- Développer des programmes à partir d'un jeu d'instruction implémenté dans le séquenceur

Pré-requis obligatoires

architecture d'un système minimal, architecture de type Von Neuman, logique séquentielle et combinatoire, interfaces d'entrées/sorties

ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

 **ECTS**
4 crédits

 **Composante**
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N6AE02

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Projet d'Electronique Analogique	Matière				
Fonctions de l'Electronique	Matière				
Circuits analogiques	Matière				

Projet d'Electronique Analogique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE02A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Réaliser un amplificateur de tension à grand gain et à relativement large bande vérifiant un cahier des charges précis.

Conception à partir des montages suivants étudiés dans les modules 'Circuits analogiques' et 'fonctions de l'électronique':

- Emetteur commun (dégénéré)
- Collecteur commun
- Paire différentielle et miroir de courant

Pré-requis obligatoires

Cours et TD Circuits Analogiques

TP Fonctions de l'électronique

Fonctions de l'Electronique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE02B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Utiliser et consolider les connaissances acquises au semestre 5
Circuits passifs: savoir utiliser les méthodes de mesure en régime temporel et fréquentiel (régime transitoire, fréquence de résonance, ...) pour déterminer les caractéristiques d'un composant ou montage passif
Circuits actifs à amplificateurs opérationnels: mise en œuvre et caractérisation de filtres actifs d'ordre supérieur ou égal à 2.
Conséquences des limitations technologiques du composant sur les montages
- Mise en œuvre et caractérisation des montages à transistors étudiés en cours, TD Circuits Analogiques

Description

Séances de travaux pratiques

Circuits analogiques



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

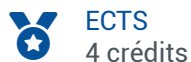
➤ **Code Ametys:** N6AE02C

Présentation

Pré-requis obligatoires

Physique du semiconducteur et jonction PN ; bases de circuits analogiques

CIRCUITS ET SYSTEMES LINEAIRES



En bref

➤ **Code Ametys:** N6AE03

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Logique combinatoire et séquentielle	Matière				
Filtrage	Matière				
Systèmes Linéaires Continus	Matière				

Logique combinatoire et séquentielle



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N6AE03A

Présentation

Objectifs

- Savoir convertir les nombres dans le système binaire (nombres signés et non signés)
- Savoir utiliser les principales fonctions de la logique combinatoire (Multiplexeur, comparateur, décodeur,...) pour concevoir et mettre en œuvre des fonctions combinatoires.
- Savoir définir un système séquentiel synchrone.
- Savoir utiliser les outils diagramme d'état et table de transition pour concevoir et mettre en œuvre des fonctions séquentielles synchrones élémentaires (compteur, registre à décalage,...).
- Savoir utiliser les outils diagramme d'état et table de transition pour concevoir et mettre en œuvre des machines d'état (machine de Moore).
- Savoir écrire la description VHDL de ces systèmes combinatoires et séquentiels

Description

Organisation:

- Travail en groupe de 4 à 5 étudiants en séances de cours, travaux dirigés

- Travail en binômes en TP et projet

Filtrage



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N6AE03B

Présentation

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'appréhender les méthodes de synthèse et de conception des filtres analogiques.

Description

Ce cours comporte sept parties :

- Architecture des front-end analogique : Hétérodyne et super hétérodyne. Role et specification des filtres ans le système.
- Déterminatiion d'une fonction de filtrage partiellement connue : comment trouver une fonction ou une famille de fonction répondant à une caractéristique électrique connue (soit magnitude ou phase, parties réelle ou imaginaire, partie paire ou impaire).
- Techniques de synth_s ede réseaux LC : méthodes de Cauer, Foster et Darlington metod.
- Fonctions d'approximation en atténuation : Butterworth, Tchebychev.
- Conception de filtres passe-bas prototype.
- Transformations en fréquences: du prototype passe-bas vers le filtre passe-haut, passe-bande ou coupe bande.
- Filtres actifs

Pré-requis obligatoires

Aucun

Systèmes Linéaires Continus



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N6AE03C

Présentation

Objectifs

- Connaître les principes de base d'un asservissement linéaire continu
- Savoir modéliser les systèmes énergétiques à l'aide du formalisme circuit quel que soit le domaine physique (électrique, mécanique, hydraulique, magnétique, thermique)

Description

Introduction aux Asservissements Linéaires Continus

- Notion de systèmes linéaires
- Modélisation par fonction de transfert et schéma-blocs
- Structure d'un asservissement avec rétroaction, lien entre le processus à commander et la partie signal

Analogies Physiques

- Introduction aux analogies physiques dans les systèmes énergétiques : variables généralisées d'énergie et de puissance

- Les éléments des systèmes physiques : éléments sources, dissipatifs ou de stockage d'énergie (sous forme cinétique ou potentielle), éléments d'interconnexion (loi des mailles et lois des nœuds généralisées, transformateurs et gyrateurs)
- Causalité dans les systèmes physiques
- Exemples de systèmes : cas académiques, régulation de niveau, asservissement de position

Pré-requis obligatoires

Bases de circuits, équations différentielles, variables complexes

RESEAUX ELECTRIQUE ET CONVERSION D'ENERGIE



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE04
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Introduction à la Conversion Statique	Matière				
Alimentation à découpage - Structures non isolées	Matière				
Introduction à la conversion électromécanique	Matière				
Réseaux Triphasés	Matière				

Introduction à la Conversion Statique



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE04A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

A l'issu de ce cours, l'étudiant sera capable de comprendre, de simuler et de mettre en fonctionnement deux types de convertisseurs statiques : l'onduleur de tension monophasé et le redresseur de tension monophasé et triphasé.

Description

Cet enseignement comporte des cours d'une part sur la théorie de fonctionnement de l'onduleur monophasé et ses stratégies de commande et d'une autre part sur le principe des redresseurs de tension monophasés et triphasés non commandés (à diodes) et commandés (à thyristors).

Ces théories sont accompagnées de deux bureaux d'étude pour la simulation de l'onduleur de tension monophasé et le redresseur de tension triphasé commandé et non commandé.

Il est également accompagné de travaux pratiques autour l'onduleur de tension monophasé et le redresseur de tension triphasé commandé et non commandé.

Pré-requis obligatoires

Cette matière nécessite de connaître les éléments et les théories de base en électronique et en circuits électriques.

Alimentation à découpage - Structures non isolées



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE04B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

A l'issu de ce cours, l'étudiant sera capable de comprendre et de simuler le fonctionnement d'un convertisseur continu-continu non isolé. Deux types de hacheurs sont étudiés, le hacheur dévolteur et le hacheur survolteur. L'étudiant sera également capable de réaliser sur le plan pratique un hacheur dévolteur, faire une analyse temporelle et spectrale des grandeurs électriques d'entrée et de sortie et de déterminer la caractéristique de sortie du hacheur et son rendement.

Description

Cet enseignement comporte un cours sur la théorie de fonctionnement d'un convertisseur continu-continu non isolé. Les hacheurs dévolteurs et survolteurs sont étudiés avec les différentes configurations de réversibilités en tension et en courant.

Ce cours est accompagné d'un bureau d'étude pour la simulation des hacheurs dévolteurs et survolteurs et d'un projet de réalisation d'un hacheur dévolteur.

Pré-requis obligatoires

Cette matière nécessite de connaître les éléments et les théories de base en électronique et en circuits électriques.

Introduction à la conversion électromécanique



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N6AE04D

Présentation

Objectifs

- A l'issue de ce cours les étudiants auront assimilé les principes élémentaires de la conversion électromécanique de l'énergie. Ils auront connaissance des forces électriques et magnétiques à l'œuvre dans la plupart des machines et actionneurs.
- Ils auront abordé les champs électriques et magnétiques et les formes d'énergie associées.
- Ils seront capables de calculer les grandeurs électriques et magnétiques pour aboutir aux forces produites.

Pré-requis obligatoires

- Les bases de l'électricité
- Le calcul et les opérateurs vectoriels (div, rot, grad, laplacien...)
- Les systèmes de coordonnées cartésiennes et polaires

Réseaux Triphasés



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AE04C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Donner aux étudiants une culture scientifique permettant de comprendre les notions de régime sinusoïdal triphasé équilibré ou déséquilibré.

Description

- Détermination du couplage d'une charge triphasée ;
- Détermination de la chute de tension dans une ligne de transport ;
- Détermination du courant consommé par une installation triphasée ;
- Calcul du facteur de puissance d'une installation triphasée et relèvement du facteur de puissance ;
- Etude de la pollution harmonique d'une installation (filtrage) ;
- Calcul du courant dans le neutre dans le cas d'une charge déséquilibrée ;

- Détermination du couplage et de l'indice horaire d'un transformateur triphasé ;
- Calcul des pertes dans un transformateur triphasé.

Pré-requis obligatoires

- lois des nœuds/ loi des mailles / loi d'Ohm généralisée ;
- régime sinusoïdal monophasé.
- *construction vectorielle ; notation complexe d'une grandeur sinusoïdale ; développement en série de Fourier.*

SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S6-FISA



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N6AK06

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English-S6-FISA	Matière				
Careers and Management 1	Matière				
Careers and Management 2	Matière				

Professional Communication and English-S6-FISA



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N6AK06B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Renforcer l'aisance en anglais professionnel à l'oral et à l'écrit afin de communiquer efficacement dans des situations courantes de l'entreprise, telles que les échanges formels, les présentations, le travail en équipe et la recherche d'informations. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte du niveau B2 ou plus du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle en anglais, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. Évaluation basée sur des productions écrites, des prestations orales individuelles ou en groupe, et une évaluation continue de l'attitude et de la participation en classe.

Careers and Management 1



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23FAREH
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

Careers and Management 2



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23FARJK
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

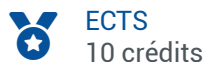
Objectifs

Choisir une option parmi quatre parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux. Il est complété, pour les étudiants du département SN uniquement, par une formation aux méthodes agiles, permettant d'acquérir des outils et pratiques de gestion de projet collaboratif en environnement complexe et évolutif.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par une journée de sensibilisation au handicap ainsi que par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements professionnels et des enjeux de diversité et d'inclusion.

ENTREPRISE-S6-3EA App



ECTS
10 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N6AE05

Présentation

Objectifs

Poursuite de l'activité entreprise, passage du technicien vers l'ingénieur.

Suivi par le LEA du côté maître d'apprentissage entreprise et visite2 avec le tuteur pédagogique.

MATHEMATIQUES ET SYSTEMES INFORMATIQUES



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE01

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Equation aux Dérivées Partielles	Matière				
Modél. et Dév. de Systèmes industriels : Logique programmée	Matière				
Modél. et dév. de syst. Indust.-Mod. et Dev.Orientée Objet	Matière				

Equation aux Dérivées Partielles



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE01A

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants auront quelques notions d'analyse numérique et de discrétisation des équations aux dérivées partielles.

Description

Pendant ce cours, les étudiants étudieront des méthodes de discrétisation d'équations aux dérivées partielles (méthode des différences finies et méthode des éléments finis). Des exemples de l'électromagnétisme seront traités en bureau d'études.

Pré-requis obligatoires

Les rappels de mathématiques.

Modél. et Dév. de Systèmes industriels : Logique programmée



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE01B

Présentation

Objectifs

Modélisation de systèmes séquentiels à événements discrets. Modélisation et enchaînement fonctionnels. Machine d'Etat et GRAFCET (SFC Sequential Functional Chart). Equations logiques équivalentes et implémentation du code structuré exécutable mono processeur. Technologie des API Automates Programmables Industriels (PLC Programmable Logic Computer).

Description

seances de cours et TD

4 seances de BE pour mise en oeuvre, sur materiel API, logiciels de programmation, partie operatives différents.

Pré-requis obligatoires

logique combinatoire, logique sequentielle, Operating Système, Fonctionnement processeur

Modél. et dév. de syst. Indust. - Mod. et Dev. Orientée Objet



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Introduction aux concepts de base de la conception et de la programmation par objet, illustration de ces notions au travers du Langage C++, familiarisation avec la vision « système » d'un problème, la classification et la réutilisation, ainsi que les autres langages et méthodes objet.

Description

Le cours comporte cinq parties:

- Introduction aux concepts de base de la conception et de la programmation par objet
- Caractéristiques générales des langages à objet (encapsulation, classification, héritage, polymorphisme, liaison dynamique, etc.)
- Les bases de la programmation en C++ (typage, structuration de programmes, références, etc.)
- Les spécificités de l'orienté-objet en C++ (classification et héritage, entrées-sorties, exceptions, templates)

– Concepts de base d'autres langages et méthodes objet (introduction à Java et UML).

Le bureau d'étude (TD) permet une mise en pratique de ces concepts et techniques de développement en se concentrant plus sur l'aspect conception et classification que sur l'aspect algorithmique.

Pré-requis obligatoires

Algorithmique, types et structures de données, programmation en C

Infos pratiques

Contacts

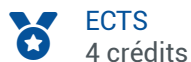
Responsable pédagogique

Jean-charles FABRE

☎ 2354

✉ Jean-Charles.Fabre@laas.fr

SYSTEMES NUMERIQUES ET TNS



En bref

> **Code Ametys:** N7AE07

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Traitement Numérique du Signal	Matière				
Microprocesseurs	Matière				

Traitement Numérique du Signal



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE04C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Passer de la théorie du traitement du signal à temps continu à la pratique du traitement numérique du signal.

Description

Cours-TD 1 : Introduction, Rappels sur la transformée de Fourier

Cours-TD 2 : Classes de signaux et leurs représentations

Cours-TD 3 : Filtrage à temps continu

Cours-TD 4 : Etude d'un système multi-trajet

Cours-TD 5 : Intérêt du numérique - échantillonnage

Cours-TD 6 : Quantification - Transformée de Fourier Discrète (début) Cours-TD 7 : Transformée de Fourier Discrète (suite) : zero padding, algorithme rapide (FFT)

Cours-TD 8 : Estimation de l'autocorrélation et analyse spectrale : périodo/corrélogramme, Densité Spectrale de Puissance

Cours-TD 9 : Rappels de transformée en Z, filtrage linéaire invariant par rapport au temps et applications

BE 1 à 5 : Analyse spectrale et filtrage de signaux simulés et réels sous Matlab

Pré-requis obligatoires

Analyse de Fourier.

Variable complexe, Transformée en Z.

Probabilités et statistiques.

Programmation Matlab.

Microprocesseurs



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE07A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Comprendre le **fonctionnement interne d'un microprocesseur et d'un microcontrôleur**.
- Savoir distinguer les notions fondamentales : **échantillonnage, quantification, résolution, mémoire, bus, cycles d'instructions, etc.**
- Être capable de **décrire l'architecture d'un microcontrôleur**, notamment celle des **PIC** (familles 8, 16, 32 bits).
- Apprendre à **programmer un microcontrôleur** à bas niveau :
 - Compréhension du **langage assembleur**,
 - Introduction à la **programmation en C** pour systèmes embarqués.
- Être capable de **configurer et utiliser les périphériques** internes : timers, ADC, ports GPIO, UART, SPI, interruptions...

Description

Le cours est une **introduction complète à la microélectronique embarquée**.

Il couvre :

1. Les **principes de base** du numérique (échantillonnage, quantification, bus, mémoires).

2. Le **fonctionnement détaillé d'un microprocesseur** : unités de calcul, commande, cycle d'exécution et jeu d'instructions.
3. Les **mémoires** : RAM, ROM, EEPROM, Flash, et leur hiérarchie.
4. Les **microcontrôleurs PIC** :

- Architectures **Harvard** et **Von Neumann**
- Différences **RISC / CISC**
- Organisation mémoire et gestion des **interruptions**
- Périphériques : **ports d'E/S, timers, CAN (ADC), UART, SPI**, etc.
- Exemples de **codes assembleur et C** pour PIC18 et PIC24.

C'est donc un **cours à la fois théorique et pratique**, orienté vers la **compréhension du matériel et la programmation bas niveau**.

Pré-requis obligatoires

Pour suivre efficacement ce cours, il est recommandé d'avoir :

- Des **bases solides en électronique numérique** (bits, bus, logique binaire).
- Des notions de **systèmes logiques** et de **circuits électroniques**.
- Une **initiation à la programmation en C** (syntaxe de base, boucles, variables).
- Une curiosité pour les **systèmes embarqués** et le **fonctionnement interne des processeurs**.

CONVERSION STATIQUE ET COMMANDE



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE03

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception et mise en oeuvre de CVS	Matière				
Commande en boucle fermée des systèmes linéaires continus	Matière				
Projet Conception des CVS	Matière				

Conception et mise en oeuvre de CVS



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE03B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- + comprendre le principe et le circuit de la cellule de commutation
- + connaître les transformations des grandeurs électriques effectuées par la cellule et être capable de les utiliser à l'échelle de temps des phénomènes instantanés de commutation et en basse fréquence
- + connaître le principe et les limitations de la modulation de largeur d'impulsion
- + identifier dans un schéma les cellules de commutation et utiliser cette information pour identifier les degrés de libertés qu'elles apportent pour le contrôle des transferts de puissance
- + comprendre les relations de causalité qui régissent les transferts de puissance à travers les cellules de commutation
- + connaître les règles de fonctionnement des interrupteurs de la cellule de commutation (en statique et en dynamique) et être capable de les utiliser pour construire les caractéristiques statiques et dynamiques des interrupteurs
- + comprendre et utiliser la caractérisation commandée ou spontanée des commutations des interrupteurs de la cellule

- + être capable de dimensionner les composants semi-conducteurs de la cellule et les composants passifs associés permettant de maîtriser les conditions de fonctionnement
- + être capable de synthétiser les semi-conducteurs (et le circuit éventuel de gestion des commutations) nécessaires à l'obtention des caractéristiques statiques et dynamiques identifiées pour les interrupteurs

Description

les connaissances sont apportées au cours de 8 séances de 1h45, et évaluées au cours d'un examen d'1h.

certaines principes sont introduits et certains cas sont traités durant des séquences d'exercices intégrés aux cours, afin que les étudiants identifient facilement les objectifs et la finalité de la démarche

Pré-requis obligatoires

- + méthodes d'analyse des circuits électriques (Thévenin, Norton, Millman, lois de Kirschoff ...)
- + caractéristiques et lois d'Ohm des composants réactifs : condensateurs, inductances, transformateurs
- + semi-conducteurs fonctionnant en commutation : transistor, diode, thyristor
- + circuits logiques de base

Commande en boucle fermée des systèmes linéaires continus



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE03C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Etre capable de...

- Choisir un type de correcteur adapté à un cahier des charges,
- Faire des simplifications de modèles et déterminer leur domaine de validité,
- Calculer les paramètres d'un correcteur P, PI, Avance de phase, PID selon différentes méthodes,
- Choisir la méthode et la structure du correcteur en fonction du contexte et du cahier des charges,

Description

Intérêt de la boucle fermée : boucle ouverte, boucle fermée, correction proportionnelle, stabilité, précision, rapidité = cruel dilemme !, calcul du correcteur proportionnel / cahier des charges

Correcteurs de type intégrale : méthode de compensation du pôle dominant, méthode de l'optimum symétrique, méthode du 1/10, implantation

Correcteurs de type dérivée : calcul des paramètres par imposition de la bande passante, par la méthode compensation de pôle, implantation

Correcteurs de type PID : calcul par compensation de pôles, par combinaison PI – Avance de phase

Méthodes expérimentales de réglage de correcteurs PI, PID : Réglage d'expert, méthode de Broïda, de Ziegler Nichols et méthode du relais

Architectures de commande : le PI et plus..., plus de variables d'état à contrôler, un peu d'anticipation

Mise en situation : application support

Pré-requis obligatoires

- Système Linéaire Continu, calculs élémentaires avec la transformée de Laplace
- calculs avec les nombres complexes, résolution d'équation différentielle du 1^{er} et du 2^{ème} ordre

Projet Conception des CVS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE03F
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Distinguer les degrés de liberté pour contrôler directement le transfert de puissance, et ceux pour améliorer la qualité de l'énergie électrique ou le rendement (ces deux critères sont souvent antagonistes).

Description

Il s'agira donc pour les principales topologies de base de convertisseurs (AC-DC, DC-DC, DC-AC) de :

- 1- Mettre en œuvre le transfert de puissance dans les convertisseurs,
- 2- Evaluer la qualité des formes d'ondes et dimensionner des filtres d'entrée et de sortie,
- 2- Evaluer quantitativement les pertes dans les convertisseurs de puissance.

Pré-requis obligatoires

principe de fonctionnement des topologies de base (AC-DC, DC-DC, DC-AC)

Choix Option-2A-3EA-FISA



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AEX

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
UE OPTION EN : LANGAGES DE DESCRIPTION MATERIELS et TR	UE				4 crédits
Conception numérique en VHDL	Matière				
Projet VHDL	Matière				
DSP, Filtrage Numérique	Matière				
UE OPTION ENERGIE: CONVERSION ELECTROMECHANIQUE	UE				4 crédits
Modèle des Machines	Matière				
Principes et structures des machines électriques	Matière				

UE OPTION EN : LANGAGES DE DESCRIPTION MATERIELS et TR



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE04

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Conception numérique en VHDL	Matière				
Projet VHDL	Matière				
DSP, Filtrage Numérique	Matière				

Conception numérique en VHDL



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE04A

Présentation

Description

Après avoir appris les bases du langage, nous établirons les règles d'écriture pour concevoir des circuits numériques. Nous effectuerons des analyses de cas pratiques afin de comprendre les interactions entre la description comportementale en VHDL et le circuit numérique réalisé. Nous illustrerons ce cours sur circuit FPGA. 80% de l'enseignement se fera sur outils de conception (VIVADO de chez Xilinx).

Pré-requis obligatoires

Connaissances en circuits numériques de base : Circuits combinatoires, circuits Séquentiels et Machine à états.

Projet VHDL



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE04B

Présentation

Objectifs

- Illustration du cours: mise en oeuvre en VHDL de fonctions combinatoires et séquentielles synchrones élémentaires (compteurs, registres, affichage multiplexé, machines d'états)
- Savoir utiliser les connaissances acquises en cours et TP pour concevoir un système séquentiel décrit par un cahier des charges: Conception, réalisation VHDL et phase de test

Pré-requis obligatoires

Cours et TD de Conception numérique en VHDL

DSP, Filtrage Numérique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE04D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Les travaux pratiques ont pour objectif de familiariser l'étudiant avec les techniques de développement sur **processeurs DSP**, en particulier sous **VisualDSP**. Ils visent à :

- Initier à la programmation temps réel sur systèmes embarqués.
- Mettre en œuvre différentes stratégies de **synthèse numérique de signaux** (fonction C, LUT, assembleur).
- Comprendre et implémenter une **modulation FSK conforme à la norme V.21**.
- Comparer les performances entre une implémentation en **C**, en **LUT** et en **assembleur**.
- Sensibiliser à l'optimisation des ressources matérielles (cycles machine, organisation mémoire, LUT, DAGs).
- Préparer l'intégration d'un **modulateur FSK** sur un DSP ADSP-21369 et amorcer la réflexion sur la **démodulation**.

Description

Les trois séances de TP s'articulent autour de la réalisation complète d'un **modulateur FSK V.21** destiné à transmettre une trame numérique selon les standards télécoms.

Les activités incluent :

- Une étude théorique sur la modulation **FSK V.21** : caractéristiques, fréquences, fonctionnement, codage binaire.
- La génération numérique de sinus par différentes méthodes :
 - approximation mathématique (fonction $\sin$),
 - lecture dans une **LUT** (Look-Up Table),
 - implémentation optimisée en **assembleur**.
- L'intégration progressive du modulateur sur un **DSP ADSP-21369** via plusieurs versions du programme.
- L'analyse temporelle et fréquentielle du signal généré.
- L'évaluation et la comparaison des **cycles machine** nécessaires selon les méthodes employées.
- La production d'un rapport structuré présentant :
 - le cahier des charges,
 - les méthodes de modulation/démodulation,
 - l'étude théorique FSK,
 - l'intégration matérielle et les résultats obtenus,
 - une conclusion avec pistes de démodulation.

Pré-requis obligatoires

Pour réussir ces TP, il est nécessaire de maîtriser :

Connaissances théoriques

- Bases du traitement numérique du signal (TNS).
- Notions de modulation numérique, en particulier FSK.
- Représentation numérique des signaux : échantillonnage, LUT, sinus discret.

Programmation

- Connaissances en **langage C** (tableaux, fonctions, manipulation binaire).
- Notions en **assembleur** (registres, passage de paramètres, optimisation).

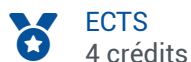
Architecture DSP

- Compréhension de l'architecture d'un DSP :
 - unités de calcul (ALU, MAC),
 - DAGs,
 - séquenceur,
 - interruptions.

Environnement logiciel

- Compréhension basique de l'environnement de développement **VisualDSP**.

UE OPTION ENERGIE: CONVERSION ELECTROMECHANIQUE



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HRQHS

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Modèle des Machines	Matière				
Principes et structures des machines électriques	Matière				

Modèle des Machines



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AE08A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Le cours vise à donner des outils de modélisation de machine. Il permet aussi de se familiariser avec les spécificités structurelles des machines tournantes telles que les symétries la périodicité, les notions de pôles lisses ou saillants, la saturation, les effets d'encochage, autant de caractères différenciant qui impactent de façon significative les performances attendues.

Description

À la fin du cours l'étudiant sera en mesure de :

1. Distinguer par classe type les machines magnétiques tournantes, machine synchrone ou asynchrone, pôles lisses ou pôles saillants
2. Établir les relations analytiques de base afin de définir un modèle commande
3. Déployer la méthode de modélisation visant in fine à obtenir un modèle simple en régime permanent ou transitoire permettant par exemple de calculer des courants de court-circuit ou des rendements.
4. Obtenir un modèle pour le contrôle de la machine alimentée par un convertisseur statique

5. Calculer des points de fonctionnement en régime permanent et définir les domaines de fonctionnement de la machine dans le plan couple-vitesse

Principes et structures des machines électriques



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M34HRQUD
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Expliquer les principes physiques de la conversion d'énergie électromécanique.

- Identifier et décrire les principales structures des machines électriques (stator, rotor, enroulements, circuits magnétiques, etc.).
- Différencier les types de machines selon leurs principes de fonctionnement (CC, CA, synchrones, asynchrones).
- Analyser qualitativement le comportement électromagnétique et mécanique d'une machine à partir de son schéma équivalent

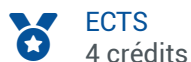
Description

Ce cours présente les principes de fonctionnement et les structures de base des principales machines électriques utilisées dans les systèmes électromécaniques et énergétiques industriels modernes (machines à courant continu, alternateurs, moteurs asynchrones, moteurs synchrones, etc.) et met l'accent sur la conversion d'énergie électromécanique, la modélisation des machines, ainsi que les principes électromagnétiques sous-jacents.

Pré-requis obligatoires

- Les notions fondamentales d'électricité et d'électromagnétisme
- Les bases de l'analyse des circuits électriques
- Les principes mécaniques élémentaires

SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S7-FISA



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N7AK06

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English-S7-App	Matière				
Careers and Management 1 - App Sem7	Matière				
Careers and Management 2- APP Sem7	Matière				

Professional Communication and English-S7-App



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AK06A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer la capacité d'analyse critique et la prise de parole argumentée en anglais dans des situations de débat et d'échange académique ou professionnel. L'enseignement vise à amener les étudiants à construire et défendre des arguments de manière claire, structurée et pertinente, tant à l'oral qu'à l'écrit. Les étudiants développent également leur capacité à rédiger en anglais académique des textes argumentatifs et analytiques, notamment sous la forme de reaction papers fondés sur l'analyse critique et la réflexion personnelle. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte du niveau B2 ou plus du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Développement des compétences en communication professionnelle en anglais, incluant l'interaction orale, la rédaction de documents professionnels, la compréhension de supports authentiques, ainsi que l'autonomie, l'esprit critique et les compétences interculturelles. L'évaluation comprend des épreuves orales, individuelles et collectives, visant à apprécier la capacité des étudiants à argumenter, débattre et interagir en anglais de manière claire et pertinente.

Elle repose également sur une évaluation écrite individuelle permettant de mesurer la structuration de la pensée, la cohérence de l'argumentation et la qualité de l'expression écrite.

Careers and Management 1 - App Sem7



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AK06D
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Ce module s'inscrit dans la continuité du Career Development Project (CDP) mené en L3 et vise à consolider la réflexion des étudiants sur leur parcours, leurs compétences et leurs perspectives professionnelles. Les étudiants approfondissent leur connaissance de leur secteur d'ingénierie à travers des recherches documentaires, des entretiens avec des professionnels et l'actualisation de leurs outils de candidature et de valorisation (CV, portfolio, lettre de motivation, etc.).

L'enseignement conduit à la construction et à la présentation argumentée d'un projet professionnel cohérent avec le profil de l'étudiant et les besoins du secteur visé, devant un jury. Il permet également de développer la posture professionnelle, la capacité d'analyse des opportunités de carrière et l'ouverture au réseau professionnel.

Description

L'enseignement s'organise sur un semestre de 12 séances hebdomadaires, structuré en deux modules — CDP Research et CDP Interview — dédiés à l'exploration des parcours professionnels et à l'approfondissement du projet professionnel personnel. Il est complété par une journée internationale consacrée à la découverte des opportunités de mobilité académique et professionnelle, ainsi que par des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels.

L'évaluation repose sur le développement d'un e-portfolio individuel et sur une présentation orale individuelle du projet professionnel devant un jury.

Careers and Management 2- APP Sem7



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N7AK06E
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Ce module s'inscrit dans la continuité du Career Development Project (CDP) mené en L3 et vise à consolider la réflexion des étudiants sur leur parcours, leurs compétences et leurs perspectives professionnelles. Les étudiants approfondissent leur connaissance de leur secteur d'ingénierie à travers des recherches documentaires, des entretiens avec des professionnels et l'actualisation de leurs outils de candidature et de valorisation (CV, portfolio, lettre de motivation, etc.).

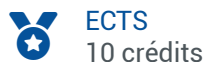
L'enseignement conduit à la construction et à la présentation argumentée d'un projet professionnel cohérent avec le profil de l'étudiant et les besoins du secteur visé, devant un jury. Il permet également de développer la posture professionnelle, la capacité d'analyse des opportunités de carrière et l'ouverture au réseau professionnel.

Description

L'enseignement s'organise sur un semestre de 12 séances hebdomadaires, structuré en deux modules — CDP Research et CDP Interview — dédiés à l'exploration des parcours professionnels et à l'approfondissement du projet professionnel personnel. Il est complété par une journée internationale consacrée à la découverte des opportunités de mobilité académique et professionnelle, ainsi que par des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels.

L'évaluation repose sur le développement d'un e-portfolio individuel et sur une présentation orale individuelle du projet professionnel devant un jury.

ENTREPRISE- Semestre 7 - 2A App. En-Ge



En bref

➤ **Code Ametys:** N7AE06

Présentation

Objectifs

Activité entreprise niveau ingénieur.

Validation des activités entreprise sur le LEA.

OPTION AU CHOIX



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AEAP
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
OPTION ENERGIE	Choix				16 crédits
AUTOMATIQUE ET TR	UE				4 crédits
Systèmes Linéaires Echantillonnés	Matière				
Systèmes non Linéaires	Matière				
Informatique Temps Réel	Matière				
Espace d'état	Matière				
ECO-ENERGIE	UE				4 crédits
Introduction aux FACTS	Matière				
Energies renouvelables	Matière				
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	UE				4 crédits
Onduleur	Matière				
Mécanismes de Commutation	Matière				
Thermique	Matière				
SYSTEME ELECTRIQUE	UE				4 crédits
Association machine/convertisseur et leur commande	Matière				
Analyse et modélisation d'un véhicule par rétro-ingénierie	CM				
OPTION ELECTRONIQUE	Choix				16 crédits
CONCEPTION DE CIRCUITS ANALOGIQUES	UE				4 crédits
Circuits linéaires	Matière				
Circuits non Linéaires	Matière				
Projet d'Electronique Analogique	Matière				
PROPAGATION ET RAYONNEMENT	UE				4 crédits
Lignes de transmission	Matière				
Electromagnétisme et Propagation Guidée	Matière				
Rayonnement et Antennes	Matière				
OPTO ET RF	UE				4 crédits
Optoélectronique	Matière				
Circuit RF	Matière				
MMIC	Matière				
Projet Numérique-RF	Matière				
INTEGRATION	UE				4 crédits
MOS	Matière				
Chaine d'instrumentation	Matière				
Conception et FPGA	Matière				

OPTION ENERGIE



ECTS

 16 crédits



Composante

 École Nationale

 Supérieure

 d'Électrotechnique

 d'Électronique

 d'Informatique

 d'Hydraulique

 et des

 Télécommunications

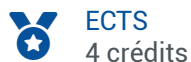
En bref

- **Code Ametys:** N8AEAB
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
AUTOMATIQUE ET TR	UE				4 crédits
Systèmes Linéaires Echantillonnés	Matière				
Systèmes non Linéaires	Matière				
Informatique Temps Réel	Matière				
Espace d'état	Matière				
ECO-ENERGIE	UE				4 crédits
Introduction aux FACTS	Matière				
Energies renouvelables	Matière				
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	UE				4 crédits
Onduleur	Matière				
Mécanismes de Commutation	Matière				
Thermique	Matière				
SYSTEME ELECTRIQUE	UE				4 crédits
Association machine/convertisseur et leur commande	Matière				
Analyse et modélisation d'un véhicule par rétro-ingénierie	CM				

AUTOMATIQUE ET TR



En bref

> **Code Ametys:** N8AE14

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Systèmes Linéaires Echantillonnés	Matière				
Systèmes non Linéaires	Matière				
Informatique Temps Réel	Matière				
Espace d'état	Matière				

Systèmes Linéaires Echantillonnés



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE05B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Etre capable de...

- Identifier les différents constituants et le rôle de la période d'échantillonnage,
 - Construire le schéma-blocs continu équivalent d'un asservissement discret,
 - Calculer les paramètres d'un correcteur continu et le discrétiser,
 - Définir le schéma-blocs en z,
 - Calculer les fonctions de transfert en z et les réponses temporelles associées,
 - Calculer les pôles et en déduire le type de réponse temporelle associée,
- Calculer un correcteur PID en z et en déduire son équation récurrente et vice et versa

Description

Présentation d'un asservissement de vitesse échantillonné : schéma-blocs, fonctions mises en oeuvre dans une commande numérique.

Influence de la période d'échantillonnage : influence de la période d'échantillonnage sur la stabilité, effet déstabilisant de l'Echantillonnage/Blocage.

Etude de l'asservissement par l'approximation à un système continu : définition du système continu équivalent, méthodes d'étude des asservissements échantillonnés, synthèse du correcteur en p, discrétisation de correcteur continu.

Transformée en z : définition et propriétés, fonctions de transfert discrètes, pôles réels-pôles complexes.

Etude temporelle des systèmes asservis échantillonnés : étude statique : précision, étude dynamique : stabilité, réponses temporelles.

Synthèse de correcteurs échantillonnés, Réglage expérimental de correcteurs échantillonnés

Critères de choix de la période d'échantillonnage : critère de Shannon, pôles réels, Pôles complexes, déphasage dû à l'échantillonnage/blocage, temps de traitement sur calculateur, problème de la dérivation, influence du bruit, codage des nombres sur microprocesseur.

Pré-requis obligatoires

- décomposition en série de Fourier
-

tracés des diagrammes de Bode, Black et Nyquist, calculs de correcteurs linéaires continus, boucles imbriquées et chaînes d'anticipation,

- calculs élémentaires avec la transformée en z, transformée d'un signal, transformée inverse, théorèmes de la valeur finale, de la valeur initiale, du retard...
- calculs avec les nombres complexes, résolution d'équation différentielle du 1° et du 2° ordre

Systèmes non Linéaires



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE05C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Maîtriser les approches de modélisation et d'analyse des systèmes non linéaires dynamiques

Description

- Rappel sur les systèmes linéaires et le formalisme d'équations d'états, définition d'un système non linéaire, non linéarités particulières et combinaison de non linéarités
- Méthodes de résolution de systèmes non linéaires : linéarisation autour d'un point de fonctionnement, méthode du premier harmonique, méthode du plan de phase
- Exemples d'illustration : asservissement de position en présence d'une non linéarité, modèle prédateur-proie, pendule simple (avec et sans frottements), régulation de niveau

Pré-requis obligatoires

modélisation et analyse des systèmes linéaires

Informatique Temps Réel



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE08A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

L'objectif du cours est une introduction aux concepts de base, l'organisation et aux services fondamentaux d'un système d'exploitation. Le focus est une description des services de base d'un noyau de système d'exploitation dans le but de découvrir et de pratiquer la programmation multi-tâches réactive et parallèle dans un système d'exploitation temps réel utilisé dans le domaine automobile.

Description

Le cours propose la description de l'organisation d'un système d'exploitation, la notion de processus / tâche, l'ordonnancement de tâche avec un focus sur l'exécution de tâches temps réel, la programmation multithreads avec partage de données et synchronisation par moniteurs. Ce cours s'accompagne d'exemples et de la pratique de ces concepts sur Unix-Linux et OSEK-TrampolineOS dans le cadre de bureaux d'études. Trois bureaux d'étude proposent aux étudiants de découvrir (1) le Shell et les commandes de base d'Unix/Linux, (3) la mise en œuvre des applications multithreads avec l'utilisation de mécanisme de synchronisation par moniteurs et la programmation d'une application temps réel de contrôle d'un pendule inversé sur un robot Lego Mindstorm utilisant OSEK-TrampolineOS.

Pré-requis obligatoires

Une bonne connaissance de l'algorithmique et de la programmation en C sont absolument nécessaires.

Espace d'état



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE14A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- 1) Modéliser des systèmes dynamiques à temps continu et à temps discret dans l'espace d'état,
- 2) Analyser le comportement dynamique de ces systèmes à partir de leur modélisation dans l'espace d'état (pôles, zéros, stabilité, commandabilité, observabilité, fonctions de transfert, réponse temporelle),
- 3) Synthétiser des architectures de commande par retour d'état, et retour d'état avec action intégrale en temps continu,
- 4) Synthétiser des observateurs d'ordre entier et d'ordre réduit,

Description

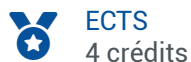
Utiliser des architectures de commande basées sur des correcteurs linéaires d'ordre faible de type P, PI ou PID permet de réaliser la commande d'une certaine classe de systèmes avec de très bonnes performances mais comment faire si le système en boucle ouverte est déjà d'ordre 4,5,...10,...100,... comme le sont une grande majorité des systèmes autour de nous et dans l'industrie (systèmes électriques comme des convertisseurs, des actionneurs électriques ou des réseaux; mais aussi des systèmes de production d'énergies renouvelables, des véhicules, des robots, des chaînes de productions, des systèmes de chauffages, des

systèmes économiques,...). Les correcteurs précédemment évoqués ont une action efficace sur plage de fréquence déterminée mais ont une efficacité limitée quand il s'agit de maîtriser le comportement dynamique d'un système d'ordre important, qui plus est, quand ses pôles sont éparpillés dans le spectre fréquentiel. Ce que propose ce cours est l'introduction d'un formalisme de modélisation dit "dans l'espace d'état" qui permet l'analyse et la synthèse de lois de commandes appropriées pour de tels systèmes, quel que soit leur ordre, que nous côtoyons au quotidien.

Pré-requis obligatoires

- Synthèse de correcteurs et architectures de commande
- Systèmes échantillonnés
- Algèbre et opérations matricielles (produit de matrices, valeurs et vecteurs propres, déterminant, inversion de matrice, diagonalisation)
- Transformée de Laplace, Calcul intégral,

ECO-ENERGIE



 Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N8AE15

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Introduction aux FACTS	Matière				
Energies renouvelables	Matière				

Introduction aux FACTS



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE15A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Connaître les principes de contrôle de puissance réactive dans les réseaux de transport d'énergie électrique

Description

Cet enseignement est une introduction aux dispositifs électroniques de puissance pour le contrôle de la puissance réactive dans les réseaux de transport d'énergie électrique. Les principes des compensations parallèle et série sont abordés. La méthode de dimensionnement d'un compensateur à base de réactances contrôlées par thyristors est présentée. Un exemple est traité sous la forme d'un bureau d'étude.

- Savoir dimensionner un dispositif de compensation de puissance réactive pour une ligne de transport d'énergie électrique.

Pré-requis obligatoires

Méthodes de modélisation et d'étude des réseaux électriques triphasés

Energies renouvelables



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE15B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Découvrir les deux technologies renouvelables de production d'électricité, le photovoltaïque et l'éolien. Savoir dimensionner diverses centrales photovoltaïques (autoconsommation, ombrières, centrales au sol). Choix du matériel. Evaluation coût, rentabilité, TRI
- Aborder les premiers éléments de conception des chaînes éoliennes selon leur taille et leur technologie.

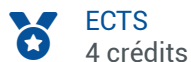
Description

- Cet enseignement présente les aspects technico-économiques du photovoltaïque et de l'éolien.
- Photovoltaïque : de la cellule photovoltaïque au système, rayonnement solaire, conversion photovoltaïque, panneaux photovoltaïques, centrales de production, coût, impact environnemental.
- Eolien : Caractérisation de la ressource éolienne (le vent), effets d'altitude et de sillage, éléments théoriques (limite de Betz) sur le productible éolien et sur l'efficacité énergétique des aérogénérateurs ; du contrôle mécanique par réglage des pâles aux zones de fonctionnement du démarrage à l'arrêt en sécurité.
- Constitution des aérogénérateurs électriques : nacelles avec et sans multiplicateur de vitesse.

Pré-requis obligatoires

Aucun

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE



En bref

➤ **Code Ametys:** N8AE16

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Onduleur	Matière				
Mécanismes de Commutation	Matière				
Thermique	Matière				

Onduleur



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE16A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Connaître les principes de modulation et de filtrage des onduleurs de tension MLI monophasé ou triphasé.

Description

Cet enseignement présente tout d'abord les principes de base de la commande en modulation de largeur d'impulsion des onduleurs de tension monophasés ou triphasés. Les différentes formes d'ondes sont analysées afin de déterminer les éléments de filtrage des tensions et des courants. Des exemples sont traités sous la forme d'un bureau d'étude et d'un projet.

Savoir dimensionner les éléments de filtrage associés à un onduleur de tension monophasé ou triphasé commandé en modulation de largeur d'impulsion.

Pré-requis obligatoires

- Connaissance des Structures de base de la conversion statique de l'énergie électrique

- Connaissance des filtres du 2ème ordre.
- Connaissance de base sur l'analyse spectrale.

Mécanismes de Commutation



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE16B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Maîtriser les notions liées à la commutation de composants de puissance utilisés dans les alimentations à découpage.

Description

Cette formation comporte 3 parties distinctes : 1- découverte des transistors de puissance silicium et grand-gap (GaN et SiC). 2- Analyse de la commutation et maîtrise des perturbations générées (surtensions, surcourants, cross-conduction, courants de mode commun), 3- Mise en œuvre en pratique des isolations et réglage des paramètres.

Pré-requis obligatoires

Bases sur le transistor MOSFET

Thermique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE16C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Maîtriser l'analyse des phénomènes thermiques dans les composants d'électronique de puissance.
- Évaluer les pertes de conduction et commutation pour établir un bilan thermique complet.
- Modéliser les systèmes thermiques à l'aide de réseaux RC équivalents et exploiter les courbes constructeurs.
- Comprendre l'impact de la température sur la fiabilité, la tenue en tension, et la durée de vie des composants de puissance.

Description

Ce module aborde les aspects thermiques essentiels à la conception et à la fiabilité des dispositifs d'électronique de puissance utilisés dans les convertisseurs, onduleurs ou alimentations de forte puissance.

Le cours porte sur les mécanismes de génération de chaleur, la modélisation thermique (réseaux RC, résistances d'interface) et les outils d'analyse proposés par les fabricants.

Il aborde également le choix des solutions de refroidissement et leur intégration dans une architecture, en accordant une attention particulière aux contraintes de performance, de compacité et de durée de vie.

Pré-requis obligatoires

Électronique de puissance : fonctionnement des interrupteurs de puissance, topologies de convertisseurs.

SYSTEME ELECTRIQUE

 **ECTS**
4 crédits

 **Composante**
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** M34HS2MI

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Association machine/convertisseur et leur commande	Matière				
Analyse et modélisation d'un véhicule par rétro-ingénierie	CM				

Association machine/convertisseur et leur commande



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE13C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

1. Se familiariser avec les différents éléments constituant un variateur de vitesse pour les machines électriques triphasées.
2. Modéliser les machines électriques en vue de leur commande.
3. Mettre en œuvre des commandes vectorielles pour les machines électriques triphasées.
4. Synthétiser des commandes scalaires pour les machines synchrones et asynchrones.
5. Introduction des problématiques du fonctionnement en haute vitesse.

Description

Ce cours permet aux étudiants de mobiliser les compétences acquises en automatique et en modélisation des machines électriques pour concevoir des variateurs de vitesse destinés aux machines électriques alimentées par onduleurs.

Pour atteindre cet objectif, le premier chapitre présente le principe de la commande d'une machine à courant continu, qui constitue la base de la commande des machines électriques triphasées. Un rappel des différents modèles des machines synchrones et asynchrones est effectué, en précisant les limitations de leur utilisation pour la synthèse de lois de commande.

Ensuite, à l'aide de la transformée de Park, des modèles dédiés à la commande des machines synchrones et asynchrones sont présentés, en détaillant les particularités de chaque type de machines. Ces modèles servent de base pour la conception de la commande dans les variateurs de vitesse pour les différentes machines. Les méthodes de synthèse des boucles de régulation (couple électromagnétique, vitesse, position) sont exposées, en discutant les limitations imposées par la machine (limitation en courant) et par l'onduleur (tension limitée). Des méthodes de modulation de largeur d'impulsion (MLI) pour la commande de l'onduleur par les régulateurs continus sont également présentées.

Enfin, la possibilité d'atteindre différents points de fonctionnement dans le plan couple-vitesse est abordée, en détaillant les stratégies de calcul des références pour les deux types de machines. Les problématiques spécifiques au pilotage en haute vitesse sont introduites.

Pré-requis obligatoires

N6AE04D - Introduction à la conversion Électromécanique

N7AE08A - Modèles des machines

N7AE03C - Commande en boucle fermée des systèmes linéaires continus

Analyse et modélisation d'un véhicule par rétro-ingénierie



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** MHDGBZ7Z
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Amener les étudiants à comprendre, modéliser et analyser la chaîne de propulsion d'un véhicule électrique existant à partir d'une démarche de rétro-ingénierie (reverse engineering).

À l'issue du projet, les étudiants seront capables de :

Analyser un système complexe (véhicule électrique) en identifiant ses sous-systèmes et leurs interactions.

Décomposer et modéliser la chaîne de traction : batterie, variateur, moteur, transmission, et essieux.

Établir un modèle énergétique global du véhicule (bilan de puissance, rendement, autonomie estimée).

Utiliser des outils de modélisation et de simulation (ex. MATLAB/Simulink, Scilab/Xcos, ou autres logiciels équivalents).

Mettre en œuvre une démarche expérimentale et de validation : comparaison entre modèle et mesures réelles.

Travailler en équipe sur un projet technique pluridisciplinaire, en documentant les étapes (analyse, modélisation, validation, synthèse).

Description

Le GOUPIIL est un petit véhicule utilitaire électrique utilisé pour des applications industrielles, municipales ou logistiques. Sa simplicité mécanique et sa chaîne de propulsion 100 % électrique en font un excellent support pédagogique pour l'étude des systèmes électromécaniques et énergétiques.

Les étudiants baseront tout d'abord leur analyse sur l'étude du véhicule et sur l'acquisition de données fournies par l'OBD (on-board diagnostics). Ils seront ensuite chargés de la modélisation de l'ensemble des éléments constituant la chaîne de propulsion, en se répartissant le travail en sous-groupe.

Ils devront ainsi mettre en pratique des compétences de communication et d'organisation pour aboutir à une comparaison de leur modèle avec le véhicule existant, d'analyser le modèle et proposer d'éventuelles solutions d'amélioration.

Pré-requis obligatoires

- principes des commandes des convertisseurs statiques
- principes et modèles des machines électriques
- association machine/convertisseur

OPTION ELECTRONIQUE



ECTS

 16 crédits



Composante

 École Nationale

 Supérieure

 d'Électrotechnique

 d'Électronique

 d'Informatique

 d'Hydraulique

 et des

 Télécommunications

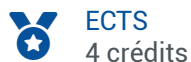
En bref

- **Code Ametys:** N8AEEA
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
CONCEPTION DE CIRCUITS ANALOGIQUES	UE				4 crédits
Circuits linéaires	Matière				
Circuits non Linéaires	Matière				
Projet d'Electronique Analogique	Matière				
PROPAGATION ET RAYONNEMENT	UE				4 crédits
Lignes de transmission	Matière				
Electromagnétisme et Propagation Guidée	Matière				
Rayonnement et Antennes	Matière				
OPTO ET RF	UE				4 crédits
Optoélectronique	Matière				
Circuit RF	Matière				
MMIC	Matière				
Projet Numérique-RF	Matière				
INTEGRATION	UE				4 crédits
MOS	Matière				
Chaine d'instrumentation	Matière				
Conception et FPGA	Matière				

CONCEPTION DE CIRCUITS ANALOGIQUES



En bref

- **Code Ametys:** N8AE01
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Circuits linéaires	Matière				
Circuits non Linéaires	Matière				
Projet d'Electronique Analogique	Matière				

Circuits linéaires



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE01A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Maîtriser les notions liées aux circuits analogiques linéaires à base de transistors bipolaires et MOSFETs

Description

Cette formation est composée de 4 cours distincts qui portent sur : Le montage émetteur commun cascodé, Le régulateur linéaire, Les amplificateurs classes A, B et AB, et Le transistor MOSFET silicium. Chaque thème est illustré par des simulations sous PSpice permettant d'acquérir les concepts vus en cours.

Pré-requis obligatoires

Bases sur les montages à transistors (vues en L3).

Circuits non Linéaires



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE01B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Maîtriser les notions liées aux circuits analogiques non-linéaires à base de transistors bipolaires

Description

Cette formation est composée de 4 cours distincts qui portent sur : VCO, PLL, Dispositifs à transfert de charges, logique TTL et CMOS au niveau transistor. Chaque thème est illustré par des simulations sous PSpice permettant d'acquérir les concepts vus en cours.

Pré-requis obligatoires

Bases sur les montages à transistors

Projet d'Electronique Analogique



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE01C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Concevoir et réaliser un récepteur FM capable de recevoir un signal audio via une liaison sans fil optique infrarouge.

- Dimensionnement de fonctions électroniques analogiques (amplification, démodulation, filtrage)
- Simulation et validation des circuits
- Mise en œuvre sur circuit imprimé (PCB)
- Tests expérimentaux et présentation orale du produit final

Description

Le projet consiste à concevoir, simuler, réaliser et tester un récepteur FM analogique intégrant les fonctions suivantes:

- Amplification sélective à fort gain

- Démodulation FM: utilisation d'une Boucle à verrouillage de phase (PLL)
- Filtrage du signal audio issu du démodulateur
- Amplification de puissance et connexion sur haut parleur

Pré-requis obligatoires

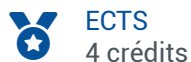
Méthodes d'analyse des circuits électriques

Transistors de signal et amplificateur opérationnel

Montages amplificateur à transistors et montages à amplificateurs opérationnels

Boucle à verrouillage de phase

PROPAGATION ET RAYONNEMENT



En bref

- **Code Ametys:** N8AE10
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Lignes de transmission	Matière				
Electromagnétisme et Propagation Guidée	Matière				
Rayonnement et Antennes	Matière				

Lignes de transmission



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE03A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants sauront:

- qualifier la propagation dans des lignes de transmission
- analyser la / les réflexions lorsque la ligne est chargée
- développer les techniques d'adaptation adéquates en fonction des charges et des bandes de fréquence.

Les étudiants sauront qualifier ces différentes notions aussi bien analytiquement que sur un Abaque de Smith

Description

Les étudiants verront dans ce cours les notions sur la propagation guidée (réflexion, transmission, ondes stationnaires). Ils prendront en main l'Abaque de Smith pour la résolution de circuits. Les techniques d'adaptation seront détaillées (en éléments discrets, inverseur quart d'onde, circuit simple stub). Les paramètres S seront introduits ainsi que l'Analyseur de réseau qui permet de le

mesurer. Des exercices viendront illustrer le cours. Un Bureau d'Etude sur ADS permet également de comprendre et vérifier les techniques d'adaptation réalisées.

Pré-requis obligatoires

Base des circuits. Base de mathématiques (calcul en complexe, algèbre linéaire, trigonométrie)

Electromagnétisme et Propagation Guidée



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE03B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Savoir analyser physiquement l'interaction d'une onde électromagnétique plane avec une interface (diélectrique ou métallique)
- Connaitre les principales propriétés d'une onde plane
- Savoir ce que désigne un mode dans un guide
- Savoir ce que désigne la fréquence de coupure d'un mode
- Savoir ce que désigne la dispersion
- Savoir calculer la puissance véhiculée par un mode propagatif dans un guide

Description

- I- Lois de l'électromagnétisme classique
- I-1- Notion de champs électromagnétiques instantanés

I-2- Equations de Maxwell

I-3- Régime harmonique en électromagnétisme

II- Propagation électromagnétique en espace libre

II-1- Champ électromagnétique en propagation libre

II-2- Vitesses de groupe et de phase en propagation libre

II-3- Application : interaction d'une onde plane avec une surface (métallique ou diélectrique)

III- Propagation électromagnétique guidée

III-1- Champ électromagnétique en propagation guidée

III-2- Notion de modes propagatifs et évanescent

III-3- Phénomène de dispersion en électromagnétisme

III-4- Vitesses de groupe et de phase en propagation guidée

III-5- Application : Calcul du mode fondamental dans un guide rectangulaire métallique creux

Pré-requis obligatoires

Les nombres complexes - Dérivation et intégration de fonctions de la variable réelle - notion de base d'électricité et de magnétisme

-Lois de Kirchhoff (loi des nœuds et loi des mailles) et loi d'Ohm - Connaissance de base sur les circuits électriques analogiques.

Rayonnement et Antennes



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE09A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Les objectifs de ce cours sont:

- de comprendre une datasheet d'antenne
- être capable de choisir la bonne antenne étant donné un cahier des charges donné
- savoir qualifier une antenne (simulation / mesure)
- savoir analyser les courbes de simulation / mesure d'antenne

Description

Les étudiants seront familiarisés à la notion de propagation des ondes et au rayonnement électromagnétique. Ils verront les différentes caractéristiques des antennes (datasheet) et les différentes familles des antennes. La mise en réseau des antennes sera abordée. Les techniques de simulation et de mesure d'antennes seront détaillées.

Pré-requis obligatoires

Notation en complexe. Base de l'électromagnétisme.

OPTO ET RF



ECTS
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N8AE11

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Optoélectronique	Matière				
Circuit RF	Matière				
MMIC	Matière				
Projet Numérique-RF	Matière				

Optoélectronique



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE11A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes fondamentaux des communications par fibre optique et les propriétés physiques des fibres optiques (atténuation, bande passante).
- Décrire le fonctionnement et les caractéristiques des sources de lumière à jonction PN (DEL, diodes laser) et des photodétecteurs (photodiodes).
- Concevoir et analyser des circuits d'amplification et de filtrage pour les récepteurs optiques, en tenant compte des contraintes de bruit et de bande passante.
- Évaluer l'impact du bruit en photodétection et proposer des solutions pour optimiser le rapport signal sur bruit (SNR).
- Appliquer les connaissances théoriques à des scénarios pratiques dans les systèmes de communication par fibre optique.

Description

Ce cours offre une introduction à l'optoélectronique, en se concentrant sur les systèmes de communication par fibre optique. Les principaux thèmes abordés incluent :

- **Fondamentaux des fibres optiques** : Types de fibres optiques, mécanismes d'atténuation, dispersion et limitations de bande passante.
- **Sources de lumière** : Fonctionnement et caractéristiques des sources de lumière à jonction PN (DEL et diodes laser), y compris la modulation et l'efficacité.
- **Photodétecteurs** : Principes des photodiodes (PIN, APD), responsivité et mécanismes de bruit.
- **Électronique d'amplification et de filtrage** : Conception d'amplificateurs transimpédance (TIA), analyse du bruit et techniques de filtrage pour les récepteurs optiques.
- **Bruit en photodétection** : Sources de bruit (bruit de grenaille, bruit thermique, courant d'obscurité) et stratégies pour minimiser leur impact sur les performances du système.
- **Considérations au niveau système** : Intégration des composants dans des liaisons de communication par fibre optique, y compris les calculs de bilan de liaison et l'optimisation des performances.

Le cours combine des cours théoriques, des exercices pratiques et des séances de laboratoire pour renforcer les concepts et développer des compétences pratiques.

Pré-requis obligatoires

- Connaissances de base en physique des semi-conducteurs et des jonctions PN.
- Familiarité avec l'électronique analogique (amplificateurs, filtres, analyse du bruit).
- Compréhension des principes fondamentaux des communications (modulation, transmission de signaux).

Circuit RF



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE03C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

- Concevoir des fonctions passives à partir de lignes de transmission idéales
- Apprendre à synthétiser une fonction passive RF
- Dimensionner un équipement passif à partir de coupleurs

Description

- Cours : Etudier le spectre hyperfréquence et applications :

Filtres hyperfréquence à base de lignes de transmission : transformation de Richards, transformation de Kuroda, modèle à inverseur d'impédance, notion de périodicité et contrôle de la réponse hors bande

Les multipôles :Diviseurs de puissance.

Coupleurs : hybride, T magique, coupleurs de proximité, montages cascade- Tandem, coupleur de Lange

Conception de fonctions à base de coupleur : déphaseur, atténuateur, multiplexeur, mélangeur, montage équilibré

- TP : Simulation non linéaire d'une chaîne de conversion de fréquence (ADS). Conception d'un filtre passe-bande à stubs: de la synthèse à la simulation électromagnétique

Pré-requis obligatoires

Lignes de transmission

MMIC



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE11B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Concevoir des fonctions actives intégrée sur puce

Description

- Cours : Etudier les technologies hyperfréquences planaires : hybride, monolithiques (MMIC)

Conception d'amplificateurs RF :Polarisation d'un transistor, classes d'amplification

Notions de linéarité : P1dB, IM3, IP3, OBO/IBO, rendement, PAE

Stabilisation d'un transistor : Cercle de stabilité, zone de stabilité, Coefficient de Rollet (K,B), méthodologie de stabilisation, MSG, MAG

Amplificateur optimisé en gain, Amplificateur à gain fixe, Amplificateur faible bruit

Conception en MMIC : du transistor à l'amplificateur intégré et l'extraction des caractéristiques de linéarité.

- Projet d'une Conception d'une puce MMIC GaAs: Utilisation de bibliothèque de fonderie OMMIC - ED02AH. Conception d'un LLA répondant à des spécifications réelles d'équipement spatiaux (Thales Alenia Space)

Pré-requis obligatoires

Ligne de Transmission

Projet Numérique-RF



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE11C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Concevoir, implémenter et valider un système mixte analogique numérique de transmission de données, à partir d'un cahier des charges fonctionnel.

- Mobiliser les connaissances acquises en électronique analogique, numérique et en conception FPGA
- Développer l'autonomie dans la conduite du projet
- Choisir la fréquence d'échantillonnage, les composants pour respecter le cahier des charges
- Tests expérimentaux et présentation orale du produit final

Description

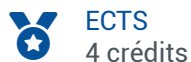
- Les fonctions analogiques seront réalisées à partir de montages à amplificateur opérationnel et transistors MOSFET en commutation, testées en simulation avant d'être implantées sur PCB.
- La partie numérique sera développée en langage VHDL sur une carte de développement FPGA

- Le choix de la fréquence d'échantillonnage et des composants devra être justifié.

Pré-requis obligatoires

- Montages à amplificateurs opérationnels
- Transistors MOSFET en commutation
- Portes de transmission (Mosfet)
- Convertisseurs de niveau de tension (Mosfet)
- Fonctions numériques: compteurs, machines d'états, ...
- Langage VHDL

INTEGRATION



En bref

➤ **Code Ametys:** N8AE12

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
MOS	Matière				
Chaine d'instrumentation	Matière				
Conception et FPGA	Matière				

MOS



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE12A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Connaître les structures de bases de l'électronique intégré en transistor MOS

Concevoir des chaînes d'amplification

Comprendre le principe de la compensation des amplificateur par effet Miller

Concevoir un amplificateur en respectant un cahier des charges

Description

A travers cet enseignement, 3 parties sont couvertes:

- (1) les fonctions fondamentales réalisées à l'aide de transistor MOS et bipolaire;
- (2) le principe de la contre-réaction
- (3) la méthode de compensation basée sur l'effet Miller d'un amplificateur.

(4) la conception d'un amplificateur CMOS (théorie, simulation)

Pré-requis obligatoires

Base des circuits

Amplificateur Opérationnel et compensation

Physique du semiconducteur et jonction PN

Transistor de signal et composants de puissance

Montages amplificateurs à transistors

Chaîne d'instrumentation



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE12B
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes de base des conversions analogique-numérique (CAN) et numérique-analogique (CNA).
- Analyser les sources de bruit et d'erreur dans une chaîne d'instrumentation, notamment le bruit de quantification et le repliement de spectre (*aliasing*).
- Concevoir et dimensionner des filtres antirepliement adaptés, notamment à l'aide de filtres à capacités commutées.
- Choisir et configurer des composants (CAN, CNA, filtres) en fonction des spécifications d'une application.
- Évaluer les performances d'une chaîne d'acquisition ou de génération de signaux.

Description

Ce cours aborde les principes et les défis liés à la conversion et au traitement des signaux dans une chaîne d'instrumentation. Les thèmes principaux incluent :

- Conversions analogique-numérique (CAN) et numérique-analogique (CNA) : architectures (flash, SAR, sigma-delta, etc.), résolution, rapidité, et limitations.
- Bruit et erreurs : bruit de quantification, rapport signal sur bruit (SNR), distorsion harmonique (THD), et repliement de spectre (*aliasing*).
- Filtrage associé : conception de filtres antirepliement, filtres à capacités commutées, et filtres numériques (FIR, IIR).
- Applications pratiques : étude de cas sur des chaînes d'acquisition (capteurs, conditionnement, CAN) et de génération de signaux (CNA, reconstruction, filtrage).
- Outils et méthodes : utilisation de logiciels de simulation (PSPice, MATLAB) et d'instruments de mesure (oscilloscope, analyseur de spectre).

Le cours combine des cours théoriques, des travaux dirigés, et des séances de laboratoire pour appliquer les concepts à des problèmes concrets.

Pré-requis obligatoires

- Connaissances de base en électronique analogique (amplificateurs opérationnels, filtres passifs et actifs).
- Notions de traitement du signal (transformée de Fourier, échantillonnage).
- Familiarité avec un logiciel de simulation (PSPice, MATLAB).
- Connaissance en programmation sur FPGA (VHDL, Vivado)

Conception et FPGA



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AE12C
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Concevoir, implémenter et valider un système mixte analogique numérique de transmission de données, à partir d'un cahier des charges fonctionnel.

- Mobiliser les connaissances acquises en électronique analogique, numérique et en conception FPGA
- Développer l'autonomie dans la conduite du projet
- Choisir la fréquence d'échantillonnage, les composants pour respecter le cahier des charges
- Tests expérimentaux et présentation orale du produit final

Description

- Les fonctions analogiques seront réalisées à partir de montages à amplificateur opérationnel et transistors MOSFET en commutation, testées en simulation avant d'être implantées sur PCB.
- La partie numérique sera développée en langage VHDL sur une carte de développement FPGA

- Le choix de la fréquence d'échantillonnage et des composants devra être justifié.

Pré-requis obligatoires

- Montages à amplificateurs opérationnels
- Transistors MOSFET en commutation
- Portes de transmission (Mosfet)
- Convertisseurs de niveau de tension (Mosfet)
- Fonctions numériques: compteurs, machines d'états, ...
- Langage VHDL

SCIENCES HUMAINES SOCIALES ET JURIDIQUES-S8-FISA

 **ECTS**
4 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code Ametys:** N8AK06

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Professional Communication and English-S8-App	Matière				
Careers and Management 1	Matière				
Careers and Management 2	Matière				

Professional Communication and English-S8-App



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** N8AK06A
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Développer une communication efficace en anglais scientifique et technique, à l'oral comme à l'écrit, notamment pour présenter des projets, décrire des données, des processus et des systèmes de manière claire, structurée et rigoureuse. L'enseignement s'appuie sur des activités alignées sur les compétences évaluées par l'examen Linguaskill, afin d'accompagner progressivement les étudiants vers l'atteinte et la consolidation d'un niveau B2 ou supérieur du CECRL à l'issue de la deuxième année du cursus.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires. Structurer et présenter une communication scientifique ou technique claire, cohérente et adaptée au public visé. Décrire, analyser et interpréter en anglais des données chiffrées, des représentations graphiques et des résultats techniques. Rédiger en anglais technique des descriptions de processus, de méthodes et de systèmes en respectant les conventions du registre professionnel et scientifique. Appliquer les principes d'intégrité académique ainsi que les normes de communication professionnelle dans les productions écrites et orales. L'évaluation comprend des présentations orales, individuelles et collectives, de nature scientifique ou technique, permettant d'apprécier la clarté du propos, la structuration du discours et l'efficacité de la communication. Elle inclut également une évaluation écrite individuelle portant sur la rédaction

technique — description de processus, de données ou de systèmes — afin d'évaluer la précision, la cohérence et la maîtrise du registre professionnel et scientifique.

Careers and Management 1



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23FB0DS
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

Objectifs

Choisir une option parmi cinq parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship ou Custodianship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements de travail.

Careers and Management 2



Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

- **Code Ametys:** M23FB0H4
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

Présentation

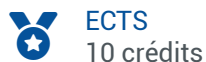
Objectifs

Choisir une option parmi cinq parcours proposés — Leadership ou Managership ou Entrepreneurship ou Citizenship ou Custodianship — afin d'explorer et de développer des compétences complémentaires au profil d'ingénieur. Cet enseignement vise à enrichir les savoir-faire transversaux des étudiants, notamment en matière de posture professionnelle, de travail en équipe, de prise d'initiative et de compréhension des enjeux organisationnels et sociétaux.

Description

Un semestre de 12 séances interactives et hebdomadaires, structuré en deux modules, visant le développement de compétences transversales liées à la posture professionnelle, à la connaissance de soi et à l'enrichissement du e-portfolio numérique. Élaboré avec des enseignants experts issus des écoles partenaires, cet enseignement est complété par des ateliers CV/entretien professionnel et des conférences métiers animées par des professionnels et partenaires industriels, afin d'élargir la compréhension des environnements de travail.

ENTREPRISE-S8-2A-App



ECTS
10 crédits



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N8AE06

Présentation

Objectifs

Spécialisation et avancé du projet entreprise.

Validation des activités entreprise par le LEA.

Visite entreprise/apprentis/tuteur soit au S7 soit au S8 a valider sur le LEA.

OUTILS NUMERIQUES POUR LA PROPAGATION



ECTS
5 crédits

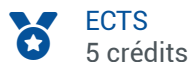


Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N9EE01

PHYSIQUE ET OPTIMISATION



 Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N9EE02

Liste des enseignements

	Nature	CM	TD	TP	Crédits
Physique et modélisation	Matière				

Physique et modélisation



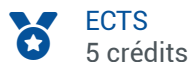
Composante

École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

➤ **Code Ametys:** N9EE02A

METHODES NUMERIQUES



En bref

➤ **Code Ametys:** N9EE03

Liste des enseignements

Nature	CM	TD	TP	Crédits