

## Électronique et Numérique (EN)

Enseignements de mineure		
Modules	Semestre	Volume horaire (h)
Systèmes d'exploitation et les multicœurs	2	20
Microprocesseurs et microcontrôleurs	1/3	20
Réseaux/Transmission sans fil	3	30
Outils pour le traitement numérique d'image	1/3	20
Conversion d'énergie électrique	1/3	30
Enseignements de majeure		
Systèmes numériques embarqués	2/4	10
Systèmes temps réel autonomes	2/4	30
Vision Industrielle	2/4	30
Drivers de puissance	2/4	30

La spécialité Electronique et Numérique a pour objectif de former à une double compétence en électronique et en informatique, de donner une connaissance des systèmes numériques intégrés et de leur exploitation.

Aborder les aspects temps réels, la vision industrielle pour la robotique, le développement decartes pour des applications matériaux.

## Systèmes d'exploitation et les multicœurs

**Objectifs du module :** L'objectif du cours est de présenter les différents modèles et techniques de programmation parallèle, visant différentes plateformes matérielles cibles. Ainsi, à la fin du cours, les étudiants doivent être capables d'identifier un problème parallèle, d'être capable de choisir le modèle de programmation adéquat, et de pouvoir l'implanter efficacement. Le cours couvre ainsi la programmation de plateforme multicœur, et GPGPU.

**Compétences visées :**

- Pouvoir développer une application simple dans un composant programmable,
- Dimensionner une chaîne de traitement numérique,
- Définir les algorithmes de traitement.

**Prérequis :**

- Les bases de programmation en langage C
- Les bases d'architecture de systèmes numériques

**Contenus :**

Ce module rassemble les bases de système d'exploitation, ainsi que la programmation concurrente et parallèles. Il incluse :

1. Introduction à la programmation parallèle
2. La programmation des systèmes à mémoire partagée avec Pthreads et OpenMP
3. La programmation des systèmes à mémoire distribuée avec OpenMPI
4. La programmation des GPU NVIDIA avec CUDA.

**Mots clés :** programmation concurrente, multicœurs, parallèle, GPU, CUDA

## Microprocesseurs et microcontrôleurs

**Objectifs du module :** À l'issue du module, l'étudiant doit connaître l'architecture globale d'un système à microcontrôleur et maîtriser l'utilisation de ses périphériques (Entrées sorties numériques et analogiques, mémorisation de front, compteur, mécanismes d'interruption).

**Compétences visées :**

- Développement d'application en langage évolué sur une plateforme de développement pour microcontrôleur,

**Prérequis :**

Bases des systèmes numériques et la programmation (Langage C)

**Contenus :**

- Les microprocesseurs
- L'architecture d'un processeur actuel
- La programmation Assembleur
- Les interfaces
- Les outils de développements-
- La méthodologie d'implémentation

**Mots clés :** Processeur, microcontrôleur, registres, périphériques, chaîne de développement

## Réseau/Transmission sans fil

**Objectifs du module :** À l'issue du module, l'étudiant doit être capable de :

- Mettre en oeuvre les équipements associés aux réseaux sans fil (LAN avec point d'accès sans fil),
- Evaluer leurs performances et les maintenir,
- Connaître les réseaux et applications sans fils (Zygybee, Bluetooth, Wi-Fi, Wi-Max...)

**Prérequis :** Transmission, Réseaux

**Contenus :**

- principes généraux des transmissions illustrés au travers de la présentation de différentes technologies de transmissions. Un accent sera mis sur le Wifi dont le fonctionnement, les performances ainsi que la sécurité dans les réseaux sans fil seront détaillées
- principes de la transmission de données numériques (modulation ...),
- standards et les technologies associés aux réseaux locaux sans fil (WLAN) et aux réseaux personnels sans fil (WPAN),
- Normes et standard en évolution (802.11, bluetooth, zigbee ...),
- Mises en oeuvre des transmissions sans fils et impact de l'utilisation de telles liaisons sur les transmissions informatiques,
- Système de localisation (GPS et Galiléo).

Ce module présente également l'impact de la mobilité des utilisateurs sur les protocoles réseaux (réseaux mobiles ad hoc, réseaux maillés sans fils, réseaux de capteurs, etc.).

**Mots clés :** Transmission sans fil, wi-fi

## Outils pour le traitement numérique d'image

**Objectifs du module :** À l'issue du module, l'étudiant doit être capable de :

- Comprendre les chaînes de traitements des images (acquisition, prétraitement, analyse)
- Choisir et appliquer les prétraitements sur les images
- Choisir et extraire des caractéristiques d'une image en fonction d'un problème
- Appliquer ces principes dans un système simple

**Compétences visées :**

- Etude et mise en œuvre des outils de traitement numérique des images adaptés à un problème de vision industrielle

**Prérequis :**

- Algorithmique
- Outil mathématiques (statistique, Fourier, ...)
- Programmation

**Contenus :**

- Définition des images (résolution, couleur, profondeur, ...)
- Normalisation des images (taille, conversion des couleurs, invariance en rotation, ...)
- Extraction de caractéristiques (HOG, SIFT, transformée de Hough...)
- Segmentation (tesselisation, détection de contour, ...)
- Similarité entre images pour la décision

**Mots clés :** Traitement d'images

## Conversion d'énergie électrique

### Objectifs du module :

À l'issue du module, l'étudiant doit être capable de :

- Connaître les principes de base caractérisant la conversion d'énergie électrique,
- Connaître les principales caractéristiques des composants de l'électronique de puissance (diode, transistor Mosfet, IGBT, Mosfet SiC...),
- Appréhender la notion de qualité de l'énergie électrique
- Simuler les convertisseurs dans leur environnement

### Compétences visées :

- Analyser et mettre en œuvre les systèmes de conversion d'énergie électrique
- Réaliser le bilan de puissance d'un équipement
- Dimensionner les composants actifs et passifs mises en œuvre dans les convertisseurs.

### Prérequis :

- Maîtriser les lois générales de l'électricité,
- Savoir analyser les circuits électriques fondamentaux.

### Contenus :

- Les outils mathématiques pour l'étude des convertisseurs d'énergie électrique,
- Caractéristiques des principaux composants de l'électronique de puissance,
- Conversion AC/DC : Montages fondamentaux à diodes
- Conversion DC/DC : Montages fondamentaux à transistors
- Conversion DC/AC : Structures et principales stratégies de commande

**Mots clés :** Conversion énergie électrique, hacheur, redresseur, onduleurs, qualité de l'énergie électrique

## Systèmes temps réel autonomes

### Objectifs du module :

- Connaître les mécanismes intégrés aux systèmes d'exploitation temps réel en vue du contrôle et/ou du pilotage en temps réel dans les applications soumises à des contraintes critiques d'ordre temporel et possiblement d'ordre énergétique,
- Connaître le fonctionnement des principales politiques d'ordonnancement temps réel sans/avec contraintes énergétiques, sous-chargés/surchargés, sans/avec tolérance aux fautes, sans/avec protocoles d'accès aux ressources critiques, sans/avec contraintes de précedence, etc.)
- Connaître les caractéristiques spécifiques des nouvelles générations de systèmes informatiques temps réel comme les capteurs sans fil autonomes

### Compétences visées :

Savoir exploiter les connaissances précédentes pour être capable d'intégrer une application temps réel en utilisant les services d'un RTOS (Real-Time Operating System)

**Prérequis :** Maîtrise de l'algorithmique et d'un langage de programmation (ex : C , Python ou JAVA)

### Contenus :

- Modélisation et caractérisation d'une application temps réel (tâche temps réel, source d'énergie, Qualité de Service, etc.)
- Ordonnancement temps réel sans considération d'énergie (tâches périodiques, tâches apériodiques)
- Protocoles d'accès aux ressources partagées
- Ordonnancement temps réel sous contrainte énergétique
- Mécanismes d'optimisation de la QoS des systèmes surchargés
- Mécanismes d'optimisation de la QoS en présence de fautes logicielles
- Neutralité énergétique des systèmes autonomes

**Mots clés :** RTOS, Ordonnancement, Tolérance aux fautes, Surcharge de traitement, Gestion de l'énergie, Neutralité énergétique, Qualité de Service

## Systèmes d'exploitation avancées

**Objectifs du module :** Ce module s'inscrit dans la continuité des modules « Systèmes à Microcontrôleurs » et « Systèmes d'exploitation et les multicœurs ». Il a pour objectif de gagner un niveau d'abstraction dans la réalisation d'applications embarquées par l'utilisation d'un exécutif temps réel. Ainsi, le travail du programmeur est simplifié en ne traitant qu'un seul problème à la fois, l'exécutif s'occupant de gérer la ressource processeur.

### Compétences visées :

- Être capable de décomposer une application en tâches parallèles coopérantes
- Déterminer les synchronisations nécessaires entre les tâches (sémaphores, évènements, synchronisation PCP, ...) et les contraintes associées (interblocages, cohérence des données, inversion de priorité, ...)
- Comprendre le fonctionnement interne de l'ordonnanceur de l'exécutif en mono/multi-cœur.

**Contenus :**

- Fonctionnement d'un exécutif temps réel
  - o modèle de tâches
  - o fonctionnement d'un ordonnanceur (politiques d'ordonnement)
  - o principaux services de l'exécutif
- Fonctionnement interne pour la gestion des tâches (gestion des piles, changement de contexte) et les appels systèmes (mode noyau/utilisateur, protection mémoire...).
- Modélisation d'applications à partir d'un cahier des charges, règles de conception, introduction à la sûreté de fonctionnement.
- Exemples d'applications sur cible embarquée.

**Mots clés :** exécutif temps réel, parallélisme, ordonnancement, synchronisation, tâches

### Vision industrielle

**Objectifs du module :**

À l'issue du module, l'étudiant doit être, capable dans un contexte industriel, de :

- mettre en œuvre un système de détection et de reconnaissance d'objet
- mettre en œuvre un système de contrôle visuel automatique de la production

**Compétences visées :**

- utilisation des outils de base en machine-learning appliqués à la vision industrielle
- utilisation et compréhension des systèmes neuronaux (dont deep learning)
- régression de métrique à partir d'une image et reconnaissances d'objets

**Contenus :**

- Création de dataset (définitions et annotations)
- Machine-learning : clustering, perceptron multicouche, réseaux de neurones profonds (apprentissage et utilisation), système à vaste marge, arbres décisions
- Classification d'objets en utilisant des réseaux à convolutions.

**Mots clés :** Reconnaissance de forme, Apprentissage automatique

### Drivers de puissance

**Objectifs du module :**

À l'issue du module, l'étudiant doit être capable de :

- Connaître les principes de base caractérisant la commande rapprochée des composants de puissance (gate drivers pour MOSFET Si et SiC, IGBT Si,
- Connaître les principaux mécanismes de protection des composants de puissance,
- Connaître les spécificités des circuits de commande rapprochée des différents composants de puissance.

**Compétences visées :**

- Analyser et définir les principales caractéristiques des gate drivers des composants de puissance dans leur environnement (nécessité ou non d'une isolation galvanique, nécessité ou non de temps mort ...),
- Dimensionner les différentes parties constituant le circuit de commande des composants.

**Prérequis :** Connaissance de composants analogiques de base

**Contenus :**

- Fonctions d'un driver élémentaire,
- Fonctions d'un driver évolué,
- Mise en œuvre des fonctions de surveillance (Choix des tensions de référence, Méthodes de surveillance de la tension aux bornes du semi-conducteur, Surveillance des tensions de référence),
- Mécanismes de protection associés (Gestion de l'erreur, Mise en œuvre du Soft Shut Down)

**Mots clés :** Gate Drivers, Commande Rapprochée, Isolation Galvanique, Protection.