



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



# HARMONISATION OFFRE DE FORMATION MASTER ACADEMIQUE

## 2016 - 2017

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Electronique</i>	<i>Electronique des systèmes embarqués</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



# مواعمة

## عرض تكوين ماستر أكاديمي

### 2017-2016

التخصص	الفرع	الميدان
الالكترونيك الانظمة المضمنة	الالكترونيك	علوم و تكنولوجيا

## **I – Fiche d'identité du Master**

## Conditions d'accès

*(Indiquer les spécialités de licence qui peuvent donner accès au Master)*

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
<b>Electronique</b>	Electronique des systèmes embarqués	Electronique	<b>1</b>	<b>1.00</b>
		Télécommunications	<b>2</b>	<b>0.80</b>
		Génie Biomédical	<b>2</b>	<b>0.80</b>
		Automatique	<b>3</b>	<b>0.70</b>
		Electrotechnique	<b>3</b>	<b>0.70</b>
		Electromécanique	<b>4</b>	<b>0.65</b>
		Autres licences du domaine ST	<b>5</b>	<b>0.60</b>

**II - Fiches d'organisation semestrielles des enseignements  
de la spécialité**

**Semestre 1**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Conception des systèmes à microprocesseurs	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Electronique numérique avancée : FPGA et VHDL	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Traitement avancé du signal	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Systèmes asservis numériques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Conception des systèmes à microprocesseurs	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP FPGA et VHDL	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Traitement avancé du signal /TP Systèmes asservis numériques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Programmation orientée objet en C++	3	2	1h00		1h30	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix 1	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix 2	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique et terminologie	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 1</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 2**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Processeurs des signaux numériques (DSP)	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Capteurs intelligents et MEMS	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Systèmes à microcontrôleurs	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Réseaux et communications industriels	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Processeurs des signaux numériques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Systèmes à microcontrôleurs	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Capteurs intelligents/TP Réseaux industriels	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Etude et Réalisation des projets	3	2	1h00		1h30	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix 4	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix 5	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Ethique, déontologie et propriété intellectuelle	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 2</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 3**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.3.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Systèmes embarqués	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Systèmes Temps Réel	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.3.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Automates programmables industriels	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Vision artificielle	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.3 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Systèmes embarqués/ TP Systèmes Temps Réel	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Automates programmables industriels	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Vision artificielle	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Langage JAVA	3	2	1h00		1h30	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.3 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix 5	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix 6	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.3 Crédits : 1 Coefficients : 1	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 3</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

## **Orientations générales sur le choix des matières transversales et de découverte :**

Six matières (de découverte) dans le Référentiel des Matières du Master "Electronique des systèmes embarqués" (Tableau ci-dessus) sont laissées au libre choix des établissements qui peuvent choisir indifféremment leurs matières parmi la liste présentée ci-dessous en fonction de leurs priorités.

### **Matières avec programmes détaillés :**

- Radio-identification RFID (Découverte)
- Domotique (Découverte)
- Systèmes embarqués pour l'automobile (Découverte)
- Systèmes d'exploitation des systèmes embarqués (Découverte)
- Cartes à puces (Découverte)
- Robotique mobile (Découverte)
- Communications sans fils (Découverte)
- Robotique (Découverte)
- Energies renouvelables : le solaire photovoltaïque (Découverte)
- Systèmes énergétiques autonomes (Découverte)

### **Autres matières laissées au libre choix des établissements (programmes ouverts après validation du CPND)**

- Compatibilité Electromagnétique (Transversale)
- Actionneurs industriels (Découverte)
- Réseaux de capteurs Zigbee (Découverte)
- Codage de l'Information et Sécurité (Transversale)
- Innovations technologiques en mécatronique (Découverte)
- Processeurs dédiés aux systèmes embarqués (Découverte)
- Systèmes embarqués pour les Télécommunications (Découverte)
- Systèmes embarqués micro et nano (Découverte)
- Vérification et validation des systèmes embarqués (Découverte)
- Systèmes d'exploitation en temps réel (Découverte)
- Systèmes embarqués pour l'industrie (Découverte)
- Systèmes embarqués pour l'avionique (Découverte)
- Etude des signaux mixtes sur les systèmes embarqués (Découverte)
- Système linux pour les systèmes embarqués (Découverte)
- MOCN (Machine-outil à Commande Numérique) (Découverte)
- Technologies web : HTML, PHP, My SQL, XML
- Java 1 : Conception UML et JAVA (concepts de bases de l'orienté objet)
- Java 2 : Java temps réel
- Java 3 : Java sous Android
- Système Linux pour les systèmes embarqués
- Les objets connectés : Concept, Client, Serveur
- ...

**Semestre 4**

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	550	09	18
Stage en entreprise	100	04	06
Séminaires	50	02	03
Autre (Encadrement)	50	02	03
Total Semestre 4	750	17	30

**Ce tableau est donné à titre indicatif**

**Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master**

- Valeur scientifique (Appréciation du jury) /6
- Rédaction du Mémoire (Appréciation du jury) /4
- Présentation et réponse aux questions (Appréciation du jury) /4
- Appréciation de l'encadreur /3
- Présentation du rapport de stage (Appréciation du jury) /3

### **III - Programme détaillé par matière du semestre S1**

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEF 1.1.1**

**Matière 1: Conception des systèmes à microprocesseurs**

**VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)**

**Crédits: 6**

**Coefficient: 3**

**Objectifs de l'enseignement:**

Connaître les principes de fonctionnement et l'architecture d'un système à microprocesseur. Savoir manipuler le jeu d'instructions et les directives d'assemblage d'un microprocesseur. Maîtriser la programmation en langage assembleur et comprendre les mécanismes d'interruption. Concevoir et réaliser des montages à base de microprocesseur et des circuits d'interfaces : systèmes d'acquisition/transmission de données, pilotage de convertisseurs, etc.

**Connaissances préalables recommandées:**

Architecture des systèmes à microprocesseurs

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Notions de base sur les microprocesseurs (1 semaine)**

Historique. Organisation interne des Microprocesseurs. Organisation des informations (données, instructions, adresses) et bus. Différents types de processeurs (microprocesseur standard, microcontrôleur, DSP, API, etc.). Architectures (Von Neumann, Harvard), CISC, RISC.

**Chapitre 2. Système à microprocesseur (3 semaines)**

Organisation. Interfaçage avec le monde extérieur, capteurs, actionneurs, exemples d'application. Mémoires (Différents types, Conception d'un plan mémoire, Décodage d'adresses). Circuits d'entrées-sorties (Différents types et usages). Les interruptions (Causes, Interruptions matérielles, logicielles, Traitement des interruptions). Pile et ses utilisations.

**Chapitre 3. Etude d'un microprocesseur 16 bits (3 semaines)**

Architecture interne, brochage. Traitement des instructions. File d'attente. Registre de segment, Pointeur d'instructions IP, Registres généraux, Registres de pointeurs. Gestion de la mémoire.

**Chapitre 4. Techniques de programmation (4 semaines)**

Modes d'adressage. Etude du jeu d'instructions. Introduction au traitement programmé (Algorithme, Organigramme, Structure d'un programme). Programmation en langage assembleur. Gestion de la pile. Gestion des interruptions.

**Chapitre 5. Gestion des circuits d'entrées-sorties (4 semaines)**

Interfaces : Parallèle, Série, *Timer*, Contrôleur d'interruptions, ...  
Présentations générales, Architectures, programmation et exemples d'utilisation de ces interfaces dans un système à microprocesseur.

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques:**

1. M. Aumiaux, *L'emploi des microprocesseurs*, Masson, Paris, 1982.
2. M. Aumiaux, *Les systèmes à microprocesseurs*, Masson, Paris, 1982.
3. Zanella, *Architecture et technologie des ordinateurs*, Dunod.
4. B. Brey, *Intel microprocessors 8086/8088, 80186/80188, 80286, 80386*, Prentice Hall, 2009.
5. J.L. Hennessy ; *Architecture des ordinateurs : Une approche quantitative*, Ediscience.
6. A.S. Tanenbaum, *Architecture de l'ordinateur*, Dunod.

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEF 1.1.1**

**Matière 2: Electronique numérique avancée : FPGA et VHDL**

**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

Dans cette matière, les étudiants auront à étudier les différents types de circuits programmables, ainsi que les différentes méthodes de conception en particulier la programmation en utilisant les langages de description matérielle.

**Connaissances préalables recommandées :**

Electronique numérique (combinatoire et séquentielle)

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1. Les Réseaux Logiques Programmables : PLD**

**(1 Semaine)**

- Introduction
- Structure des réseaux logiques combinatoires
- Classification des réseaux logiques combinatoires

**Chapitre 2. Les technologies des éléments programmables**

**(1 Semaine)**

**Chapitre 3. Architecture des FPGA**

**(1 Semaine)**

- Présentation des CP (Circuits programmables type PLA, CPLD)
- Structure des FPGA & ASICs
- Architecture générale
- Blocs logiques programmables
- Terminologies
- Blocs de mémoire intégrée
- Exemples de constructeurs Altera et Xilinx
- Applications

**Chapitre 4. Programmation VHDL**

**(6 Semaines)**

- Introduction
- Outils de programmation : Altera Quartus II, Modelsim, Xilinx ISE
- Structure d'un programme
- Structure d'une description VHDL simple
- Entité
  - Les différentes descriptions d'une architecture (de type flot de données, comportemental ou procédural, structurel et architecture de test)
- Process
  - Les structures de contrôle en VHDL
  - Instructions séquentielles et concurrentes
  - Les paquetages et les bibliothèques

**Chapitre 5. Applications : Implémentation de quelques circuits logiques dans les circuits FPGA**

**(6 Semaines)**

- Multiplexeur
- Compteur
- Comparateur
- Registre à décalage
- Filtre simple

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques :**

1. *Volnei A. Pedroni, "Circuit Design with VHDL", MIT Press, 2004*
2. *Jacques Weber, Sébastien Moutault, Maurice Meaudre, "Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage", Dunod, 2007*
3. *Christian Tavernier, "Circuits logiques programmables", Dunod 1992*

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEF 1.1.2**

**Matière 3: Traitement avancé du signal**

**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Crédits: 4**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'étudiant reçoit les notions de base qui lui permettent de comprendre et d'appliquer des méthodes de traitement de signal concernant les signaux aléatoires et les filtres numériques.

**Connaissances préalables recommandées :**

Des connaissances sur le traitement numérique des signaux déterministes et les probabilités sont nécessaires pour suivre cette matière. Ces connaissances sont dispensées au niveau de la troisième année licence Electronique.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : Rappels sur les filtres numériques (RIF et RII) (3 semaines)**

- Transformée en Z
- Structures, fonctions de transfert, stabilité et implémentation des filtres numériques (RIF et RII)
- Filtre numérique à minimum de phase
- Les méthodes de synthèses des filtres RIF et des filtres RII
- Filtres numériques Multicadences

**Chapitre 2 : Signaux aléatoires et processus stochastiques (4 Semaines)**

- Rappel sur les processus aléatoires
- Stationnarité
- Densité spectrale de puissance
- Filtre adapté, filtre de Wiener
- Périodogramme, corrélogramme, périodogramme moyenné, périodogramme lissé
- Notions de processus stochastiques
- Stationnarités au sens large et strict et Ergodicité
- Exemples de processus stochastiques (processus de Poisson, processus gaussien et processus Markovien)
- Statistiques d'ordre supérieur (Moments et cumulants, Polyspectres, processus non gaussiens, traitements non linéaires)
- Introduction au filtrage particulière

**Chapitre 3: Analyse spectrale paramétrique et filtrage numérique adaptatif (4 semaines)**

- Méthodes paramétriques
- Modèle AR (Lévinson, Yulewalker, Burg, Pisarenko, Music ...)
- Modèle ARMA
- Algorithme du gradient stochastique LMS
- Algorithme des moindres carrés récursifs RLS

**Chapitre 4 : Analyse temps-fréquence et temps-échelle (4 semaines)**

- Dualité temps-fréquence
- Transformée de Fourier à court terme
- Ondelettes continues, discrètes et ondelettes dyadiques
- Analyse multi-résolution et bases d'ondelettes
- Transformée de Wigner-Ville
- Analyse Temps-Echelle.

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques :**

1. Mori Yvon, *“Signaux aléatoires et processus stochastiques”*, Lavoisier, 2014.
2. N. Hermann, *“Probabilités de l'ingénieur : variables aléatoires et simulations Bouleau”*, 2002.
3. M. Kunt, *“Traitement Numérique des Signaux”*, Dunod, Paris, 1981.
4. J. M Brossier, *“Signal et Communications Numériques, Collection Traitement de Signal”*, Hermès, Paris, 1997.
5. M. Bellanger, *“Traitement numérique du signal : Théorie et pratique”*, 8<sup>e</sup> édition, Dunod, 2006.

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.1.2**  
**Matière 4: Systèmes asservis numériques**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Introduire les propriétés et les représentations des systèmes dynamiques linéaires à temps discret. Donner les éléments fondamentaux de la commande des systèmes linéaires représentés sous forme de fonction de transfert en Z. Présenter les différentes méthodes de synthèse de correcteurs à temps discrets.

### **Connaissances préalables recommandées:**

L'étudiant doit comprendre à l'avance la théorie des Systèmes asservis continus (analyse temporelle et fréquentielle de système, représentation graphique et d'état des systèmes continus, et synthèse de correcteur).

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1. Etude de l'échantillonnage d'un signal (5 Semaines)**

- Transformée en Z et transformée en Z modifiée.
- Transferts échantillonnés, et équation aux récurrentes.
- Transformation bilinéaire d'un transfert échantillonné.

#### **Chapitre 2. Analyse des systèmes échantillonnés dans l'espace d'état (5 Semaines).**

- Discrétisation de l'équation d'état d'un système continu.
- Représentation et résolution de l'équation d'état d'un système discret.
- Stabilité et précision d'un système discret.
- Notions de gouvernabilité et d'observabilité.

#### **Chapitre 3. Synthèse des systèmes échantillonnés dans l'espace d'état (5 Semaines)**

- Placement des pôles par retour d'état et par retour de sortie
- Estimateur d'état et de sortie

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques :**

1. L. Maret, *Régulation Automatique*, 1987.
2. Dorf & Bishop, *Modern Control Systems*, Addison-Wesley, 1995
3. J. L Abatut, *Systèmes et Asservissement Linéaires Echantillonnés*, Edition Dunod
4. J. Ragot, M. Roesch, *Exercices et Problèmes d'Automatique*, Edition Masson.
5. J. Mainguenaud, *Cours d'automatique Tome3*, Edition Masson.
6. T.J. Katsuhiko, *Modern Control Engineering*, 5th Edition, Prentice Hall.
7. H. Buhler, *Réglages Echantillonnés Tome 1*, Edition Dunod.
8. M. Rivoire, *Cours d'Automatique Tome 2*, Edition Chihab.
9. Th. Kailath, *Linear Systems*, Prentice-Hall, 1980.

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.1**  
**Matière 1: TP Conception des systèmes à microprocesseurs**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

Mettre en pratique les connaissances théoriques apprises dans le cours à travers la conception et la programmation en assembleur de différentes applications qui font intervenir les circuits d'entrées-sorties.

**Connaissances préalables recommandées:**

Architecture des systèmes à microprocesseurs

**Contenu de la matière:**

**TP0 :** Prise en main de la carte de développement (kit du microprocesseur 16 bits)

**TP1 :** Techniques de programmation 1 : Conception de divers programmes simples faisant intervenir les instructions les plus utilisées ainsi que les différents modes d'adressage

**TP2 :** Techniques de programmation 2 : Conception de divers programmes faisant intervenir boucles et structures de contrôle.

**TP3 :** Programmation d'une application faisant intervenir l'interface parallèle

**TP4 :** Programmation d'une application faisant intervenir l'interface série

**TP5 :** Programmation d'une application faisant intervenir l'interface temporisateur

**TP6 :** Programmation d'une application faisant intervenir l'interface contrôleur d'interruption

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100 %.

**Références bibliographiques :**

1. M. Aumiaux, *L'emploi des microprocesseurs*, Masson, Paris, 1982.
2. M. Aumiaux, *Les systèmes à microprocesseurs*, Masson, Paris, 1982.
3. A.S. Tanenbaum, *Architecture de l'ordinateur*, Dunod.
4. H. Lilen, *8088 et ses périphériques*, Edition Radio 1986
5. S. Leibson, *Manuel des interfaces*, McGraw Hill, 1986
6. H. Bennassar, *Cours de microprocesseurs 16 bits : 8086/68000*, OPU, 1993

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.1**  
**Matière 2: TP FPGA et VHDL**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Cette matière permet à l'étudiant de concevoir un système électronique en utilisant le langage de description VHDL et de tester chaque conception sur le FPGA.

**Connaissances préalables recommandées :**

Electronique numérique

**Contenu de la matière :**

**TP1 :** Introduction au VHDL langage. Présentation de l'outil de développement : carte de développement et logiciel de simulation.

**TP2 :** Exploitation du simulateur de VHDL.

**TP3 :** Développement d'un premier exemple de circuit : compteur décimal.

**TP4 :** Développement d'un deuxième exemple de circuit : multiplexeur.

**TP5 :** Développement d'un troisième exemple de circuit : registre à décalage.

**TP6 :** Implémentation d'un FPGA.

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 100%

**Références bibliographiques :**

- 1- Volnei A. Pedroni, "Circuit Design with VHDL", MIT press, 2004
- 2- Jacques Weber, Sébastien Moutault, Maurice Meaudre, "Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage", Dunod, 2007
- 3- Christian Tavernier, "Circuits logiques programmables", Dunod 1992

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEM 1.1**

**Matière 3: TP Traitement avancé du signal / TP Systèmes asservis numériques**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Crédits: 2**

**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Travaux pratiques réalisés sous MATLAB pour donner un aspect pratique à des notions théoriques complexes.

**Connaissances préalables recommandées :**

Mathématiques (Théorie et calcul des probabilités, Analyse complexe)- Théorie du signal déterministe, Probabilités et statistiques.

**Contenu de la matière :**

**TP Traitement avancé du signal**

**TP1 :** Synthèse et application d'un filtre RIF passe-bas par la méthode des fenêtres (Hanning, Hamming, Bessel et/ou Blackman)

**TP2 :** Synthèse et application d'un filtre RII passe-bas par transformation bilinéaire

**TP3 :** Analyse spectrale paramétrique AR et/ou ARMA de signaux sonores (exemple de signaux non-stationnaires)

**TP4 :** Elimination d'une interférence 50Hz par l'algorithme du gradient LMS

**TP5 :** Débruitage d'un signal par la transformée en ondelette discrète DWT.

**TP Systèmes asservis numériques**

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%.

**Références bibliographiques :**

1. Mori Yvon, "Signaux aléatoires et processus stochastiques", Lavoisier, 2014.
2. N. Hermann, "Probabilités de l'ingénieur : variables aléatoires et simulations Bouleau", 2002.
3. M. Kunt, "Traitement Numérique des Signaux", Dunod, Paris, 1981.
4. M. Bellanger, "Traitement numérique du signal : Théorie et pratique", 8<sup>e</sup> édition, Dunod, 2006

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEM 1.1**

**Matière 4: Programmation orientée objet en C++**

**VHS: 37h30 (Cours : 1h00, TP: 1h30)**

**Crédits: 3**

**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement :**

Apprendre à l'étudiant les fondements de base de la programmation orientée objets ainsi que la maîtrise des techniques de conception des programmes avancés en langage C++.

**Connaissances préalables recommandées :**

Programmation en langage C.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1. Introduction à la programmation orientée objets (POO) (2 semaines)**

Principe de la POO, Définition et Mise en route du langage C++, Le noyau C du langage C++.

**Chapitre 2. Notions de base (2 semaines)**

Les structures de contrôle, Les fonctions, Les tableaux, La récursivité, Les fichiers, Pointeurs, Pointeurs et références, Pointeurs et tableaux, L'allocation dynamique.

**Chapitre 3. Classes et objets (3 semaines)**

Déclaration de classe, Variables et méthodes d'instance, Définition des méthodes, Droits d'accès et encapsulation, Séparations prototypes et définitions, Constructeur et destructeur, Les méthodes constantes, Association des classes entre elles, Classes et pointeurs.

**Chapitre 4. Héritage et polymorphisme (3 semaines)**

Héritage, Règles d'héritage, Chaînage des constructeurs, Classes de base, Préprocesseur et directives de compilation, Polymorphisme, Règles à suivre, Méthodes et classes abstraites, Interfaces, Traitements uniformes, Tableaux dynamiques, Chaînage des méthodes, Implémentation des méthodes virtuelles, Classes imbriquées.

**Chapitre 5. Les conteneurs, itérateurs et foncteurs (3 semaines)**

Les séquences et leurs adaptateurs, Les tables associatives, Choix du bon conteneur, Itérateurs : des pointeurs boostés, La pleine puissance des *list* et *map*, Foncteur : la version objet des fonctions, Fusion des deux concepts.

**Chapitre 6. Notions avancées (2 semaines)**

La gestion des exceptions, Les exceptions standard, Les assertions, Les fonctions templates, La spécialisation, Les classes templates.

**TP Programmation orientée objet en C++**

**TP1 :** Maîtrise d'un compilateur C++

**TP2 :** Programmation C++

**TP3 :** Classes et objets

**TP4 :** Héritage et polymorphisme

**TP5 :** Gestion mémoire

**TP6 :** Templates

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

**Références bibliographiques:**

1. Bjarne Stroustrup (auteur du C++), *Le langage C++*, Pearson.
2. Claude Delannoy, *Programmer en langage C++*, 2000.
3. Bjarne Stroustrup, *Le Langage C++*, Édition (2000) ou Pearson Education France (2007).
4. P.N. Lapointe, *Pont entre C et C++ (2ème Édition)*, Vuibert, Edition 2001.

**Semestre : 1**  
**Unité d'enseignement : UED 1.1**  
**Matière 1 : au choix**  
**VHS : 22h30 (cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 1**  
**Unité d'enseignement : UED 1.1**  
**Matière 2 : au choix**  
**VHS : 22h30 (cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 1**  
**Unité d'enseignement : UET 1.1**  
**Matière : Anglais technique et terminologie**  
**VHS : 22h30 (cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Initier l'étudiant au vocabulaire technique. Renforcer ses connaissances de la langue. L'aider à comprendre et à synthétiser un document technique. Lui permettre de comprendre une conversation en anglais tenue dans un cadre scientifique.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Vocabulaire et grammaire de base en anglais

### **Contenu de la matière:**

- Compréhension écrite : Lecture et analyse de textes relatifs à la spécialité.
- Compréhension orale : A partir de documents vidéo authentiques de vulgarisation scientifiques, prise de notes, résumé et présentation du document.
- Expression orale : Exposé d'un sujet scientifique ou technique, élaboration et échange de messages oraux (idées et données), Communication téléphonique, Expression gestuelle.
- Expression écrite : Extraction des idées d'un document scientifique, Ecriture d'un message scientifique, Echange d'information par écrit, rédaction de CV, lettres de demandes de stages ou d'emplois.

**Recommandation : Il est vivement recommandé au responsable de la matière de présenter et expliquer à la fin de chaque séance (au plus) une dizaine de mots techniques de la spécialité dans les trois langues (si possible) anglais, français et arabe.**

### **Mode d'évaluation:**

Examen: 100%.

### **Références bibliographiques :**

1. P.T. Danison, *Guide pratique pour rédiger en anglais: usages et règles, conseils pratiques, Editions d'Organisation 2007*
2. A. Chamberlain, R. Steele, *Guide pratique de la communication: anglais, Didier 1992*
3. R. Ernst, *Dictionnaire des techniques et sciences appliquées: français-anglais, Dunod 2002.*
4. J. Comfort, S. Hick, and A. Savage, *Basic Technical English, Oxford University Press, 1980*
5. E. H. Glendinning and N. Glendinning, *Oxford English for Electrical and Mechanical Engineering, Oxford University Press 1995*
6. T. N. Huckin, and A. L. Olsen, *Technical writing and professional communication for nonnative speakers of English, Mc Graw-Hill 1991*
7. J. Orasanu, *Reading Comprehension from Research to Practice, Erlbaum Associates 1986*

## **IV - Programme détaillé par matière du semestre S2**

**Semestre: 2**

**Unité d'enseignement: UEF 1.2.1**

**Matière 1: Processeurs numériques du signal DSP**

**VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)**

**Crédits: 6**

**Coefficient: 3**

**Objectifs de l'enseignement:**

Connaître l'architecture interne d'un DSP et la plateforme matérielle intégrant ce DSP ainsi que l'environnement de développement sur une plateforme à base de DSP. A l'issue de cette matière, l'étudiant doit maîtriser le flot de conception et doit être également en mesure de faire une adéquation algorithme-architecture pour l'implémentation d'algorithmes sur une plateforme à base de processeurs DSP.

**Connaissances préalables recommandées:**

Systèmes à microprocesseurs. Traitement numérique avancé du signal. Programmation en langage assembleur et C.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1 : Généralités sur les processeurs DSP (1 semaine)**

Définitions, présentation des différentes familles de DSP, classification des DSP, domaines d'applications des DSP, principaux algorithmes traités, processeurs DSP et autres approches, historique et évolutions récentes

**Chapitre 2 : Arithmétique à virgule fixe et à virgule flottante (2 semaines)**

Numérisation des signaux, échantillonnage d'un signal analogique, quantification uniforme (caractéristique, caractéristique de l'erreur, dynamique), quantification non-uniforme, quantification logarithmique (loi de compression expansion, approximations par segments des lois de compression A et  $\mu$ ), formats de représentations des nombres, codage des nombres entiers (entiers positifs ou non signés, complément à 1, complément à 2), représentation des nombres réels dans un calculateur (virgule fixe, virgule flottante)

**Chapitre 3 : Architecture des DSP TMS320C6x (4 semaines)**

Architecture interne du C6000, le processeur, cartographie de mémoire, unités fonctionnelles, paquets d'exécution et de *fetch*, architecture pipeline, les registres, les registres de contrôle, les périphériques (timers, PLL, interruptions, HPI, GPIO), la liaison série (*multichannel buffered serial port*), présentation du jeu d'instructions

**Chapitre 4 : Gestion de la mémoire (2 semaines)**

Présentation et intérêt de l'architecture Harvard. Mémoires internes (niveaux L1 et L2). Mémoires externes (SRAM, Flash, DDRAM, ...) Plan d'adressage des mémoires. Fichier \*.cmd (organisation des sections). Gestion de la mémoire externe par L'EMIF (*External Memory InterFace*). Modes d'adressage (indirect, circulaire). Technique de transfert par blocs. Organisation des données pour l'EDMA. Paramètres et options pour l'EDMA. Exemple de transfert de données.

**Chapitre 5 : Environnement de développement : 'Code Composer Studio' (CCS) (2 semaines)**

Introduction, configuration de base 'Basic Setup', création d'un nouveau projet sous CCS, exécution du programme (*Break Point, Watch Window, Plots, Images, enregistrement de données*), scriptes GEL (*General Extension Language*) du CCS, utilisation des *switches* DIP et des LEDs

**Chapitre 6 : Algorithmes de traitement du signal sur DSP (4 semaines)**

L'adéquation algorithme-architecture. Filtrage RIF et RII. Buffers à décalage et circulaire, problèmes de quantification, contraintes temps-réel, gestion des entrées/sorties. Implémentation de la FFT sur DSP (Adressage inversé).

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques:**

1. R. Chassaing, D. Reay, *Digital Signal Processing and Applications with the TMS320C6713 and TMS320C6416 DSK*, John Wiley & Sons, 2008.
2. D. Reay, *Digital Signal Processing and Applications with the OMAP-L138 eXperimenter*, John Wiley & Sons, 2012.
3. T.B. Welch, C.H.G. Wright and M.G. Morrow, *Real-Time Digital Signal Processing from MATLAB to C with TMS320C6x DSPs*, CRC Press, 2012.
4. Steven A Tretter, *Communication System Design Using DSP Algorithms*, Springer 2008.
5. N. Dahnoun, *Digital Signal Processing Implementation using the TMS320 C6000 DSP platform*, Prentice Hall, 2000.
6. N. Kehtarnaz, N. Kim, *Real Time Digital Signal Processing Based on TMS320C6000*, Newnes, 2004.
7. N. Kehtarnaz, M. Keramat, *DSP System Design using TMS320C6000*, Prentice Hall, 2006.
8. S. W. Smith, *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*.
9. G. Baudoin et F. Virolleau, *Les DSP : famille TMS320C54x. Développement d'applications*.
10. L. Correvon, *DSP et Temps réel : Application Industrielle*, Haute Ecole d'Ingénierie du Canton de Neuchâtel.
11. P. Laspsley , J. Bier , A. Shoham, E. A. Lee, *DSP Fundamentals: Architecture and Features*, Berkley Design Technology, Inc, 1994.
12. Oktay Alkin, *Digital Signal Processing: A Laboratory Approach using PC-DSP*, Prentice Hall.
13. *Digital Control Applications with the TMS320 Family: Selected Application notes*, Texas Instruments, 1991.
14. M. Pinard, *Les DSP, famille ADSP 218X: Principes et applications*, Dunod, 2000.
15. B. Bouchez, *Applications audio-numériques des DSP: théorie et pratique du traitement numérique du son*, Publitrionic, 2003.
16. Texas Instruments, *TMS320C6000 Code Composer Studio Tutorial (Rev. C)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru301c/spru301c.pdf>, 2000.
17. Texas Instruments, *Code Composer Studio Development Tools v3.3 Getting Started Guide (Rev. H)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru509h/spru509h.pdf>, 2008.
18. Texas Instruments, *TMS320C6000 Programmer's Guide (Rev. K)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru198k/spru198k.pdf>, 2011.
19. Texas Instruments, *TMS320C6000 CPU and Instruction Set Reference Guide (Rev. G)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru189g/spru189g.pdf>, 2006.
20. Texas Instruments, *TMS320C6000 Chip Support Library API Reference Guide (Rev. J)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru401j/spru401j.pdf>, 2004.
21. Texas Instruments, *TMS320C1X User's Guide*. Juillet 1991.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.1**  
**Matière 2 : Capteurs intelligents et MEMS**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Introduire les capteurs intelligents et les MEMS, leurs techniques de fabrication et leurs domaines d'application. Connaître les avantages des capteurs intelligents et MEMS actuels. Configurer, diagnostiquer et utiliser les outils de communication pour dialoguer avec ces nouveaux capteurs.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Capteurs classiques, Electronique analogique et numérique, Mesures électriques et électroniques, Traitement du signal.

### **Contenu de la matière:**

**Chapitre 1 : Rappels sur les capteurs** (01semaines)  
 Capteurs passifs et actifs, Grandeurs mesurables, Classifications des capteurs

**Chapitre 2 : Capteurs intelligents** (06 semaines)  
 Définitions. Propriétés statiques et dynamiques. Structure interne d'un capteur intelligent : Circuits de conditionnement, Organe de traitement des données, Interface de communication. Métrologie des capteurs intelligents : Calibration, Précision et validation des mesures, Mise en service à distance, Autodiagnostic. Réseaux de capteurs

**Chapitre 3 : Etude des capteurs à base de MEMS et leurs applications** (06 semaines)  
 Définitions et technologies MEMS. Production et concept des MEMS. Capteurs de grandeurs mécaniques : accélération, vitesse, force, position et déplacement. Capteurs de grandeurs fluidiques: pression, vitesse, débit. Capteurs de grandeurs thermiques. Les MEMS Optiques (MOEMS). Les BioMEMS.  
 Applications pour les MEMS RF, les MOEMS et les BioMEMS.

**Chapitre 4 : Outils de simulation et de conception** (02 semaines)  
 Outils de modélisation comportementale. Outils de simulation par éléments finis.

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

1. Lin, Y.-L., Kyung, C.-M., Yasuura, H., Liu, Y., *Smart Sensors and Systems*
2. Ian R. Sintclair, *Sensors and transducers*, Newnes, 2001.
3. M. Bayart, B. Conrard, A. Chovin, M. Robert, *Capteurs et actionneurs intelligents*, 2005.
4. Julian W. Gardner, Vijay K. Varadan, Osama O. Awadelkarim, *Microsensors, MEMS, and Smart Devices Hardcover*, 2001.
5. Randy Frank, *Understanding Smart Sensors*, 2nd ed. Edition, Artech House.
6. Vijay K. Varadan, K. J. Vinoy, S. Gopalakrishnan, *Smart Material Systems and MEMS: Design and Development Methodologies*.
7. G. Amendola, P. Poulichet, L. Sevely, L. Valbin, *Les capteurs MEMS, principes de fonctionnement, Techniques de l'Ingénieur*.

8. G. Amendola, P. Poulichet, L. Sevely, L. Valbin, *Capteurs MEMS, techniques de mesure, Techniques de l'Ingénieur*.
9. Stephen Beeby, Graham Ensell, Michael Craft, Neil White, *MEMS Mechanical Sensors, Artech House, 2000*.
10. K. J. Vinoy, G. K. Ananthasuresh, RudraPratap, S. B. Krupanidhi, *Micro and Smart Devices and Systems*.
11. J. G. Webster. *Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, Taylor & Francis Ltd*.
12. R. Palas-Areny, J. G. Webster, *Sensors and signal conditioning, Wiley and Sons, 1991*.
13. G. Asch, *Acquisition de données : du capteur à l'ordinateur, Dunod, 2003*.
14. G. Asch et al. *Acquisition de données, 3<sup>e</sup> édition, Dunod, 2011*.
14. P. Dassonvalle, *Les Capteurs : Exercices et problèmes corrigés, Dunod, 2005*.
15. N. Maluf, K. Williams, *an Introduction to MEMS Engineering, Artech House, 2004*.
16. W. Menz, J. Mohr and O. Paul, *Microsystem Technology, Wiley, 2001*.
17. M. Tabib-Azar, *Microactuators, Kluwer academic publishers, 1998*.
18. M. Gad el Hak, *MEMS Design and fabrication, second edition, Taylor & Francis, 2006*.
19. N. Lobontiu, E. Garcia, *Mechanics of electromechanical systems, Kluwer Academic, 2005*.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.2**  
**Matière 3 : Systèmes à microcontrôleurs**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Comprendre le fonctionnement d'un microcontrôleur et son interaction avec ses principaux organes d'Entrées/Sorties (Timer, Convertisseur, ...). Se familiariser avec les outils de développement et la programmation du microcontrôleur pour le contrôle des périphériques.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Système à microprocesseurs. Conception des systèmes à microprocesseurs.

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1 : Du microprocesseur au microcontrôleur (1 semaine)**

Définition d'un système microprogrammé. Architectures de Von Neumann et de Harvard. Processeurs de types CISC et RISC. Notions de pipeline. Microprocesseur ou microcontrôleur ? Différentes familles des microcontrôleurs, Critères de choix du microcontrôleur.

*En fonction des cartes de développement disponibles dans les salles de TP de chaque établissement, le responsable de la matière oriente le cours selon le type du microcontrôleur utilisé dans ces cartes.*

#### **Chapitre 2 : Architecture du microcontrôleur (3 semaines)**

Architecture matérielle (externe et interne). Architecture logicielle (modes d'adressage et jeu d'instruction).

#### **Chapitre 3 : Programmation en assembleur (2 semaines)**

Structure d'un programme. Exemples de programmes en assembleur et optimisation du code.

#### **Chapitre 4 : Les systèmes de développement (IDE) (2 semaines)**

Développement d'un programme. MPLAB. Compilation. Assemblage. Edition de liens chargement et Débogage. Test et correction d'erreur.

#### **Chapitre 5 : Programmation des interruptions et des temporisations (5 semaines)**

Circuits d'entrées-sorties parallèles. Configuration des registres d'état et de contrôle. Exemples d'applications.

Timers pour la gestion du temps. Configuration des registres d'état et de contrôle. Exemples d'applications.

Interruptions et leurs traitements. Configuration des registres d'état et de contrôle. Exemples d'applications.

Convertisseur Analogique/Numérique (ADC). Configuration des registres d'état et de contrôle. Exemples d'applications.

#### **Chapitre 6 : Interfaces du microcontrôleur (2 semaines)**

Lecture-Ecriture dans la mémoire EEPROM. Configuration des registres d'état et de contrôle. Exemples d'applications.

Liaisons séries (USART, MSSP avec les réseaux locaux de communication SPI, I2C, ...). Configuration des registres d'état et de contrôle. Exemples d'applications.

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques:**

1. *P. Mayeux, Apprendre la programmation des PIC High-Performance par l'expérimentation et la simulation, ETSF, Paris, 2010.*
2. *C. Tavernier, Application des microcontrôleurs PIC: des PIC 10 aux PIC 18, Dunod, 2011.*
3. *C. Tavernier, Microcontrôleurs PIC 10, 12, 16, Description et mise en œuvre, Dunod 2007.*
4. *C. Tavernier, "Programmation en C des PICs", Dunod 2009.*
5. *B. Beghyn, Microcontrôleurs PIC, Hermes Science Publications.*
6. *D. Ibrahim, Advanced PIC Microcontroller, Elsevier.*
7. *J. Sanchez, M. P. Canton, Microcontroller Programming the Microchip PIC, CRC Press.*
8. *G. J. Lipovski, Introduction to Microcontrollers, Academic Press, California, 1999.*
9. *T. Wilmshurst, Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers: Principles and applications, Elsevier.*
10. *A. Warwick, Programmation en C des Microcontrôleurs Embranchés, Elektor 2009.*
11. *Microchip, "Datasheet P16F87X", Microchip Technology Inc. 2001.*
12. <http://www.microchip.com/>
13. <http://yves.heilig.pagesperso-orange.fr/ElecRob/page1.htm#PIC16F84>
14. <http://hervepage.ch/documents/pic/bigonoff.pdf>  
*Bigonoff, Démarrer les PIC avec le PIC16F84*  
*Bigonoff, La gamme mid-range par l'étude des 16F87X (16F876-16F877)*

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.2**  
**Matière 4 : Réseaux et communications industriels**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Permettre à l'étudiant de se familiariser avec les notions de transmission de données numériques, plus particulièrement les différents types de réseaux existants dans le monde industriel. L'accent sera mis sur la compréhension des différentes topologies avec leurs avantages et inconvénients vis-à-vis d'une installation industrielle donnée.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Réseaux informatiques locaux.

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1 : Généralités sur les bus de terrain**

**(4 semaines)**

Définition d'un bus de terrain, Avantages et inconvénients, Historique : La boucle de courant 4-20 mA, La normalisation des bus de terrain, La pyramide CIM, Les modèle OSI, TCP/IP et les réseaux de terrains, Les différents réseaux de terrain (WorldFIP, INTERBUS, ASi, CAN, LonWorks, Profibus, Ethernet, Autres réseaux de terrain)

#### **Chapitre 2 : Le bus 485 Modbus**

**(2 semaines)**

Rappel sur la norme RS232, La liaison RS485, Le protocole Modbus, Adressage et trame Modbus

#### **Chapitre 3 : CAN ou Computer Area Network**

**(3 semaines)**

Vue globale sur CAN, Modèles CAN OSI, Trames de données CAN et caractéristiques, Méthodes d'accès et principe d'arbitrage, Débits, Hardware du CAN, Comparaison entre CAN et la norme Ethernet 802.3, CANopen

#### **Chapitre 4 : Profibus**

**(3 semaines)**

Vue globale sur Profibus et caractéristiques, Les trois types de Profibus (DP, FMS et PA), Mode d'accès, Ethernet Industriel et Profinet, Débits

#### **Chapitre 5: Aperçu sur les réseaux industriels sans fils**

**(3 semaines)**

Technologies, protocoles et architectures des réseaux industriels sans fils (WLAN 802.11, Bluetooth, Protocoles HART, Wireless Profibus, Bluetooth, ZigBee, ...), Sécurité des réseaux de communication industriels sans fil.

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

1. G. Pujolle, *Les réseaux*, Eyrolles, avril 1995.
2. J-P., Thomesse, *Les réseaux Locaux industriels*, Eyrolles, 1994.
3. P. Vrignat, *Réseaux locaux industriels - Cours et travaux pratiques*, Gaëtan Morin, 1999.
4. P. Rolin, G. Martineau, L. Toutain, A. Leroy, *Les réseaux, principes fondamentaux*, Hermes, 1996.
5. J-L. Montagnier, *Pratique des réseaux d'entreprise - Du câblage à l'administration - Du réseau local aux réseaux télécom*, Eyrolles, 1996.

6. *Ciame, Réseaux de terrain : Description et critères de choix, Hermes, 2001.*
7. *C. Servin, Réseaux et Télécoms : Cours et exercices corrigés Dunod.*
8. *D. Présent, S. Lohier, Transmissions et Réseaux, Cours et exercices corrigés, Dunod.*
9. *P. Hoppenot, Introduction aux Réseaux Locaux Industriels.*
10. *Emad Aboelela, Network simulation experiments, University of Massachusetts Dartmouth.*
11. *Ir. H. Lecocq, Les réseaux locaux industriels, Université de Liège.*
12. *J-F. Hérold, O. Guillotin, P. Anayar, Informatique industrielle et réseaux en 20 fiches*
13. *P. Dumas, Informatique industriel 2eme édition*
14. *D. Paret, Le Bus CAN Application, Dunod*
15. *F. Lepage, Les réseaux locaux industriels, Hermes*
16. *C. Sindjui, Le grand guide des systèmes de contrôle- commande industriels.*

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 1: TP Processeurs numériques du signal DSP**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les séances de cours et de TD. Familiariser l'étudiant aux programmes d'applications sur une plateforme DSP moyennant une adéquation algorithme architecture. Les programmes peuvent être aussi exécutés à l'aide du simulateur fourni avec CCS.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Systèmes à microprocesseurs. Traitement avancé du signal. Programmation en langage assembleur et C.

### **Contenu de la matière:**

*Les équipes de formation sont priées de réaliser au moins 4 TPs (voire plus, si cela est possible) en fonction du type de la plateforme DSP disponible. Est exposée ci-dessous une liste de TPs répondant aux objectifs de la matière. Par ailleurs, il est permis de rajouter ou remplacer quelques TPs de la liste jointe par d'autres TPs en relation avec la matière. **Précision** : Tout changement apporté à cette liste doit être signalé au CPND de manière à en faire profiter les autres établissements.*

#### **TP1: Prise en main de CCS et découverte de la carte d'évaluation DSKTMS320C6x**

Environnement de développement intégré "Code Composer Studio (CCS)", compilation, chargement, exécution et débogage de programmes simples.

#### **TP2: Utilisation de Matlab avec la DSK TMS320C6x**

Simulations : Matlab ou Simulink, génération automatique du code pour la DSK en utilisant Simulink, Real Time Workshop et Code Composer Studio.

#### **TP3: Acquisition, traitement et restitution de signaux audio avec la DSKTMS320C6x**

Echantillonnage, repliement de spectre, quantification, transfert de données du/au Codec et utilisation en mode scrutation ou en mode interruption.

#### **TP4: Génération de signaux avec la DSKTMS320C6x**

Génération d'ondes, onde sinusoïdale, modulation AM et modulation FM.

#### **TP5: Implémentation de filtres numériques par la DSKTMS320C6x**

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%

### **Références bibliographiques:**

1. R. Chassaing, D. Reay, *Digital Signal Processing and Applications with the TMS320C6713 and TMS320C6416 DSK*, John Wiley & Sons, 2008.
2. T.B. Welch, C.H.G. Wright and M.G. Morrow, *Real-Time Digital Signal Processing from MATLAB to C with TMS320C6x DSPs*, CRC Press, 2012.
3. Steven A Tretter, *Communication System Design Using DSP Algorithms*, Springer 2008.

4. N. Dahnoun, *Digital Signal Processing Implementation using the TMS320 C6000 DSP platform*, Prentice Hall, 2000.
5. N. Kehtarnaz, N. Kim, *Real Time Digital Signal Processing Based on TMS320C6000*, Newnes, 2004.
6. N. Kehtarnaz, M. Keramat, *DSP System Design using TMS320C6000*, Prentice Hall, 2006.
7. G. Baudoin et F. Virolleau, *Les DSP : famille TMS320C54x. Développement d'applications*.
8. L. Correvon, *DSP et Temps réel : Application Industrielle*, Haute Ecole d'Ingénierie du Canton de Neuchâtel.
9. *Digital Control Applications with the TMS320 Family: Selected Application notes*, Texas Instruments, 1991.
10. Texas Instruments, *TMS320C6000 Code Composer Studio Tutorial (Rev. C)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru301c/spru301c.pdf>, 2000.
11. Texas Instruments, *Code Composer Studio Development Tools v3.3 Getting Started Guide (Rev. H)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru509h/spru509h.pdf>, 2008.
12. Texas Instruments, *TMS320C6000 Programmer's Guide (Rev. K)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru198k/spru198k.pdf>, 2011.
13. Texas Instruments, *TMS320C6000 CPU and Instruction Set Reference Guide (Rev. G)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru189g/spru189g.pdf>, 2006.
14. Texas Instruments, *TMS320C6000 Chip Support Library API Reference Guide (Rev. J)*, <http://www.ti.com/lit/ug/spru401j/spru401j.pdf>, 2004.
15. Texas Instruments, *TMS320C1X User's Guide*. Juillet 1991.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 2: TP Systèmes à microcontrôleurs**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Sont d'introduire les étudiants à la programmation d'un microcontrôleur et la compréhension des différents protocoles utilisés par ce dernier pour communiquer avec son environnement grâce à ses interfaces d'Entrées/Sorties usuels.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Programmation d'un microprocesseur.

### **Contenu de la matière:**

*Ci-dessous une liste (non exhaustive) de TPs pouvant être réalisées dans le cadre de ce TP. Les équipes de formation sont priées de réaliser au moins 4 TPs (voire plus, si cela est possible). Par ailleurs, il est permis de rajouter ou remplacer quelques TPs de la liste jointe par d'autres TPs en relation avec la matière. **Précision** : Tout changement apporté à cette liste doit être signalé au CPND de manière à en faire profiter les autres établissements.*

**TP0** : Prise en main de l'environnement de programmation du microcontrôleur

**TP1** : Utilisation de l'interface parallèle en mode entrée :

- Lecture de l'état d'un bouton-poussoir, Sondage d'un clavier 3x4

**TP2** : Utilisation de l'interface parallèle en mode sortie :

- Commande d'une LED clignotante (temporisation avec boucles d'attente simples et imbriquées et/ou utilisation du Timer)

**TP3**: Principe de l'affichage multiplexé :

- Réalisation d'un compteur décimal (00 à 99) avec affichage sur sept segments.

**TP4** : Affichage alphanumérique et/ou graphique :

- Programmation d'un afficheur LCD

**TP5** : Commande d'un moteur pas-à-pas :

- Pas complet, demi-pas, monophasé et biphasé

**TP6** : Convertisseur analogique/numérique

- Acquisition de grandeur non électrique : Température, pression, humidité, position)

**TP7** : Génération d'un signal modulé en largeur d'impulsion (PWM) :

- Applications: Variateur de vitesse d'un moteur DC, Gradateur de lumière, Contrôle de température)

... Autres TPs.

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%

### **Références bibliographiques:**

1. P. Mayeux, *Apprendre la programmation des PIC High-Performance par l'expérimentation et la simulation*, ETSF, Paris, 2010.
2. C. Tavernier, "Programmation en C des PICs", Dunod 2009.
3. A. Warwick, *Programmation en C des Microcontrôleurs Embriqués*, Elektor 2009.
4. Microchip, "Datasheet P16F87X", Microchip Technology Inc. 2001.
5. <http://hervepage.ch/documents/pic/bigonoff.pdf>

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 3: TP Capteurs intelligents/TP Réseaux industriels**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Les travaux pratiques devront permettre de mettre en pratique les éléments théoriques abordés en cours.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Capteurs intelligents et MEMS. Réseaux et protocoles de communication industriels.

### **Contenu de la matière:**

*Sont exposées ci-dessous deux listes de TPs répondant aux objectifs de la matière. Les équipes de formation sont priées de choisir au moins 5 TPs en fonction de la disponibilité des équipements tant matériels que logiciels. Par ailleurs, il est permis de rajouter ou remplacer quelques TPs de la liste jointe par d'autres TPs en relation avec la matière. **Précision** : Tout changement apporté à ces listes doit être signalé au CPND de manière à en faire profiter les autres établissements.*

#### **TP Réseaux industriels**

**TP1** : Implémentation et mise en œuvre sur RS232, RS485, Ethernet  
**TP2** : Transmission d'une trame de données sur un bus CAN  
**TP3** : Transmission d'une trame de données via une connexion sans fils  
**TP4** : Elaboration d'un réseau local sans fils  
**TP5** : Echange données via réseau Ethernet  
**TP6** : Etude d'un exemple de réseau industriel

#### **TP Capteurs intelligents**

Prévoir quelques TPs en relation avec le matériel et/ou les logiciels disponibles concernant le TP Capteurs Intelligents.

- Utilisation de maquettes à base de composants analogique programmable (Anadigm) pour mettre en œuvre un capteur
- Conception d'un circuit analogique de conditionnement de capteur MEMS avec le logiciel Coventor

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%

### **Références bibliographiques:**

1. P. Dassonville, Les capteurs, Dunod, 2013.
2. G. Amendola, P. Poulichet, L. Sevely, L, Valbin. Les capteurs MEMS, principes de fonctionnement. Techniques de l'Ingénieur.
3. G. Amendola, P. Poulichet, L. Sevely, L, Valbin. Capteurs MEMS, techniques de mesure. Techniques de l'Ingénieur.
4. O. Brand and G. K. Fedder, Microengineering, MEMS, and Interfacing : a Practical Guide

5. Sami Franssila, Introduction to Microfabrication, Willey
6. Jean-Pierre Thomesse, Les réseaux Locaux industriels, Eyrolles, 1994.
7. Pascal Vrignat, Réseaux locaux industriels - Cours et travaux pratiques, Gaëtan Morin, 1999.
8. Pierre Rolin, Gilbert Martineau, Laurent Toutain, Alain Leroy, Les réseaux, principes fondamentaux, Hermes, 1996.
9. Jean-Luc Montagnier, Pratique des réseaux d'entreprise - Du câblage à l'administration - Du réseau local aux réseaux télécom, Eyrolles, 1996.
10. Ciame, Réseaux de terrain : Description et critères de choix, Hermes, 2001.
11. <http://www.comsol.com/shared/downloads/IntroductionToCOMSOLMultiphysics.pdf>

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 4 : Etude et Réalisation des projets**  
**VHS: 37h30 (Cours: 1h00, TP: 1h30)**  
**Crédits: 3**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

Réaliser une carte électronique qui constitue un système embarqué pour une application donnée.  
 Développement du code et conception matérielle conjointe.

**Connaissances préalables recommandées:**

Programmation, systèmes à microprocesseurs et à microcontrôleurs.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1 : Etude d'un logiciel de simulation**

**(3 Semaines)**

Prise en main d'un environnement de conception (exemple « *Proteus Design Suite* »), simulation, analyse de circuits électroniques et développement de circuits imprimés

**Chapitre 2 : Définition et conduite d'un projet**

**(2 Semaines)**

Etude du projet (un système embarqué simple répondant aux besoins d'un secteur particulier tel que le médical, la voiture ou la domotique) établissement du cahier de charge, choix techniques, coût, échéancier et planification de l'exécution des travaux, documentation, choix de composants.

**Chapitre 3 : Réalisation de la partie électronique**

**(3 Semaines)**

**Chapitre 4 : Réalisation de la partie logicielle**

**(3 Semaines)**

**Chapitre 5 : Simulation et tests**

**(2 Semaines)**

**Chapitre 6 : Rapport technique**

**(2 Semaines)**

Rédaction du dossier technique et soutenance.

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques:**

**Semestre : 2**  
**Unité d'enseignement : UED 1.2**  
**Matière 1 : au choix**  
**VHS : 22h30 (cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 2**  
**Unité d'enseignement : UED 1.2**  
**Matière 2 : au choix**  
**VHS : 22h30 (cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 2**

**Unité d'enseignement : UET 1.2**

**Matière : Éthique, déontologie et propriété intellectuelle**

**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**

**Crédit : 1**

**Coefficient : 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Développer la sensibilisation des étudiants aux principes éthiques. Les initier aux règles qui régissent la vie à l'université (leurs droits et obligations vis-à-vis de la communauté universitaire) et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Aucune

### **Contenu de la matière :**

#### **A- Ethique et déontologie**

##### **I. Notions d'Éthique et de Déontologie (3 semaines)**

1. Introduction
  - 1-1 Définitions : Morale, éthique, déontologie
  - 1-2 Distinction entre éthique et déontologie
2. Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS : Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Équité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique.
3. Éthique et déontologie dans le monde du travail
 

Confidentialité juridique en entreprise. Fidélité à l'entreprise. Responsabilité au sein de l'entreprise, Conflits d'intérêt. Intégrité (corruption dans le travail, ses formes, ses conséquences, modes de lutte et sanctions contre la corruption)

##### **II. Recherche intègre et responsable (3 semaines)**

1. Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche
2. Responsabilités dans le travail d'équipe : Égalité professionnelle de traitement. Conduite contre les discriminations. La recherche de l'intérêt général. Conduites inappropriées dans le cadre du travail collectif
3. Adopter une conduite responsable et combattre les dérives : Adopter une conduite responsable dans la recherche. Fraude scientifique. Conduite contre la fraude. Le plagiat (définition du plagiat, différentes formes de plagiat, procédures pour éviter le plagiat involontaire, détection du plagiat, sanctions contre les plagiaires, ...). Falsification et fabrication de données.

#### **B- Propriété intellectuelle**

##### **I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle (1 semaine)**

- 1- Propriété industrielle. Propriété littéraire et artistique.
- 2- Règles de citation des références (ouvrages, articles scientifiques, communications dans un congrès, thèses, mémoires, ...)

##### **II- Droit d'auteur (5 semaines)**

###### **1- Droit d'auteur dans l'environnement numérique**

Introduction. Protection des créations des logiciels. Protection des créations des Bases de données. Protection des données personnelles. Cas spécifique des logiciels libres

**2- Droit d'auteur dans l'internet et le commerce électronique**

Droit des noms de domaine. Propriété intellectuelle sur internet. Droit du site de commerce électronique. Propriété intellectuelle et réseaux sociaux.

**3- Brevet**

Définition. Utilité d'un brevet. Conditions de brevetabilité. Dépôt d'une demande de brevet en Algérie et dans le monde. Droits et revendications dans un brevet.

**4- Marques, dessins et modèles**

Définition. Droit des Marques. Droit des dessins et modèles. Appellation d'origine. Le secret. La contrefaçon.

**5. Droit des Indications géographiques**

Définitions. Protection des Indications Géographiques en Algérie. Traités internationaux sur les indications géographiques.

**III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle (3 semaines)**

Modes de protection de la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique. Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

**Références bibliographiques:**

1. *Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle [www.wipo.int](http://www.wipo.int)*
2. *Charte d'éthique et de déontologie universitaires, [https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran\\_ais+d\\_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce](https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran_ais+d_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce)*
3. *Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat*
4. *L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)*
5. *E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.*
6. *Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.*
7. *Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.*
8. *Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.*
9. *Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.*
10. *Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.*
11. *Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.*
12. *Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Le télémaque, mai 2000, n° 17*
13. *Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.*
14. *Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.*
15. *Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001*
16. *Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999*
17. *AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard*
18. *Fanny Rinck et léda Mansour, littérature à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble 3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France*
19. *Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008*
20. *Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ*

21. *Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.*
22. *Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.*
23. *Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.*
24. <http://www.app.asso.fr/>
25. <http://ressources.univ-rennes2.fr/propriete-intellectuelle/cours-2-54.html>

## **V - Programme détaillé par matière du semestre S3**

**Semestre : 3**  
**Unité d'enseignement : UEF 2.1.1**  
**Matière 1 : Systèmes embarqués**  
**VHS : 67h30 (Cours : 3h00, TD : 1h30)**  
**Crédits : 6**  
**Coefficient : 3**

### Objectifs de l'enseignement :

Donner à l'étudiant les fondements des architectures et les caractéristiques des systèmes embarqués ainsi que les méthodes et les outils de conception et de développement d'architectures de systèmes embarqués.

### Connaissances préalables recommandées :

Microprocesseur, Microcontrôleur, FPGA, DSP, Programmation, Chaîne d'instrumentation.

### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1 : Historique des systèmes embarqués (1 semaine)**

Rappels sur les microprocesseurs, microcontrôleurs, FPGA, DSP, ...  
 Rappels sur les architectures CISC, RISC, SSI, MSI, LSI, VLSI, ULSI, ...

#### **Chapitre 2 : Définition d'un système embarqué (2 semaines)**

Définition, Spécifications, caractéristiques, utilisations, réalisations des systèmes embarqués. Pourquoi un système embarqué?

#### **Chapitre 3 : Méthodologie de conception d'un système embarqué (7 semaines)**

Architecture logicielle et matérielle d'un système embarqué : (Processeur embarqué, mémoires, système multibus, pipeline d'exécution, ...).

Différentes étapes de conception d'un système embarqué : du composant matériel jusqu'à l'application logicielle.

Exemples de systèmes embarqués utilisés dans différents domaines.

Optimisation des architectures (software et hardware) : temps d'exécution, capacité, coût, ...

Co-design : jumelage entre le matériel et le logiciel, entre DSP et FPGA, ... (Méthodologie de conception qui supporte le développement coopératif et concurrent des parties logicielles et matérielles : co-spécification, co-développement et co-vérification ...)

Commande des systèmes embarqués.

#### **Chapitre 4 : Problématiques d'un système embarqué (2 semaines)**

Notions des systèmes embarqués critiques, systèmes embarqués temps réel. Sources de contraintes de temps dans un système embarqué. Conséquences de dégradation du fonctionnement, Notion de chien de garde, Sureté, .....

#### **Chapitre 5 : Applications (3 semaines)**

Le contenu de ce chapitre est entièrement laissé à l'appréciation de l'enseignant. Il est dévolu à la conception d'un système embarqué. Présenter les deux aspects hardware et software en utilisant soit la solution Microprocesseur/Assembleur ou bien FPGA/VHDL ou bien Microcontrôleur/C++, ... Choix de l'exécution séquentielle ou parallèle, ...

##### **1. Réflexion sur le matériel nécessaire et le contenu du programme soft**

Conception d'un système de condamnation centrale d'une voiture : PIC/Assembleur, Arduino/C+,

##### **2. Utilisation des fonctions de conversions Analogique/Numérique ADC-DAC et les interfaces I2S, I2C (conversion Série-Parallèle)**

Conception d'un PID pour asservir un moteur à courant continu (FGPA/VHDL)

### **3. Générateur de fréquences**

Diviseur de fréquence (division entière ou non entière). Conception de la commande PWM pour commander un moteur à courant continu (augmenter/diminuer la vitesse, sens de rotation, ...)

### **4. Optimisation de l'architecture**

Conception d'un filtre numérique FII, FIR, ...

### **5. Divers : Conception d'une montre**

Utilisation d'un clavier, d'un afficheur LCD, ... Communication série (RS232) entre FPGA et Arduino, ...

### **6. Exemple de Co-design**

Utilisation de microprocesseurs softs sur un FPGA pour réaliser un système embarqué, utilisation simultanée de l'assembleur et du VHDL ou C.

Conception d'un système sous FPGA/VHDL, en utilisant les microprocesseurs soft microblaze, picoblaze, IP Cores, ...

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

- 1- *Jean-André Biancolin, Temps réel: spécification et conception des systèmes temps réel, Hermès Science Publications, 1995.*
- 2- *Q. Li and C. Yao, Real-Time Concepts for Embedded Systems, CMP Books, 2003.*
- 3- *D. E. Simon, an Embedded Software Primer, Addison-Wesley Professional, 1999.*
- 4- *A. S. Berger Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools and Techniques, CMP Books, 2001.*
- 5- *M. Schlett, Trends in Embedded-Microprocessor Design, Computer Journal, IEEE Computer Society, Août 1998.*
- 6- <http://www.embedded.com/education-training/courses>

**Semestre : 3**  
**Unité d'enseignement : UEF 2.1.1**  
**Matière 2 : Systèmes temps réel**  
**VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TD : 1h30)**  
**Crédits : 4**  
**Coefficient : 2**

### **Objectifs de l'enseignement :**

Présenter l'architecture d'un système d'exploitation temps réel et les techniques de programmation sous un langage temps réel.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Notions de programmation système et réseau. Conception des systèmes à microprocesseurs.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes d'exploitation (02 semaines)**

Rappels sur l'architecture d'un ordinateur. Place du système d'exploitation dans l'ordinateur. Définition du système d'exploitation, caractéristiques. Introduction de la structure en couches d'un système d'exploitation. Notions : Instruction, Macro instruction, Programme, Processus, Fonction ...

#### **Chapitre 2 : Introduction aux systèmes temps réel (02 semaines)**

Définition d'un système temps réel. Contraintes temps réel. Spécifications. Classification des systèmes temps-réel. Caractéristiques, Structure d'un système de commande.

#### **Chapitre 3 : Gestion des tâches. Ordonnancement et temps réel (04 semaines)**

Définition des types de tâches (graphe des états des tâches gérées par un noyau temps réel). Opérations sur les processus (Création, Destruction, Suspension, ...). Gestions des tâches (partage du processus, algorithmes d'ordonnancement préemptif et non préemptif, définition de quelques algorithmes d'ordonnancement : FCFS, SJF, ...), Bloc de Contrôle des processus PCB, ...

#### **Chapitre 4 : Gestion de la mémoire (02 semaines)**

Gestion de mémoire virtuelle (pagination, segmentation, cache). Gestion de la mémoire physique (Définition, adressage, politiques (algs) d'allocation, (FF, BF, WF, ...))

#### **Chapitre 5 : Gestion du parallélisme et communication entre processus (02 semaines)**

Présentation des méthodes et outils de solution pour les problèmes de compétition, coopération, synchronisation basée sur les sections et ressources critiques, l'exclusion mutuelle, les contraintes à respecter. Présentation du Sémaphore, les moniteurs, ... : Exemple de problème de synchronisation classique (Problème producteur-consommateur). Communication entre processus (Tubes, tubes nommés, ...)

#### **Chapitre 6 : Programmation (03 semaines)**

Introduction à la Programmation concurrente : Gestion des aspects multitâches, Exclusion mutuelle, Synchronisation, Communication ... Programmation temps réel (Langage temps réel : OSA, JAVA2 temps réel, ADA, Modula2, ...). Exemples d'applications.

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

1. T. Shanley and D. Anderson, *PCI System Architecture*, Adisson-Wessley.
2. H. Son Sang, *Advances in Real-Time Systems*, Prentice Hall.

3. *J. W. S. Liu, Real-Time Systems, Prentice Hall, 2000.*
4. *D. Abbott, Linux for embedded and Real-Time systems, 2003, Architectural Press.*
5. *Nicolas Navet, Systèmes temps réel : Ordonnancement, réseaux et qualité de service, Hermès – Lavoisier, Volume 2, 2006.*
6. *Alan C. Shaw, Real-time systems and software, John Willey & Sons, Inc., 2001.*
7. *Francis Cottet et Emmanuel Grolleau, Système Temps Réel de Contrôle Commande, Dunod 2005.*
8. *Nimal Nissanke, Real-Time Systems, Prentice Hall.*
9. *G.Bollela et al., The Real-Time Specification for Java, Ed. Addison-Wesley.*
10. *Cottet Francis, Joëlle Delacroix, Ordonnancement temps réel: Cours et exercices corrigés, Hermès Science Publications, 2000.*
11. *A. Darseoil, P. Pillot, Le Temps Réel en Milieu Industriel, Dunod 1991.*
12. *Y. Trinquet, J.-P. Elloy, Exécutifs Temps Réel, Techniques d'Ingénieur.*

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEF 2.1.2**  
**Matière 3 : Automates Programmables Industriels API**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

Ce cours permet à l'étudiant de comprendre l'organisation matérielle et logicielle des API, de choisir un API et les composants associés selon l'application souhaitée et d'utiliser un langage de programmation adapté pour l'API.

**Connaissances préalables recommandées:**

Logique combinatoire et séquentielle, Microprocesseurs, Microcontrôleurs, Capteurs, Réseaux et communications industriels.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1 : API : Automates Programmables Industriels (3 semaines)**

Définition d'un API, Architecture interne et externe d'un API et caractéristiques. Choix de l'API. Types des Entrées/Sorties d'un API et ses caractéristiques.

**Chapitre 2 : Matérialisation de processus industriels par les API (3 semaines)**

Définition d'un système automatisé. Les parties essentielles d'un système automatisé (PO, PC, HMI, Interfaçage). Principe de fonctionnement d'un API et d'un système automatisé ordres-informations. Câblage. Notions capteur-actionneur, réseaux industriels, ...

**Chapitre 3 : Programmation de l'API (7 semaines)**

Introduction au Grafset. Introduction aux langages : LD, IL, FBD, SFC, SCL. Application : définition des parties PO-PC, élaboration du grafset, programmation en Ladder. Exercices d'application.

**Chapitre 4 : Télégestion - Télésurveillance (2 semaines)**

Introduction aux Réseaux Industriels et au système SCADA

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références bibliographiques:**

1. Frank D. Petruzella, *Programmable Logic Controllers, 4th edition, Ed. Mc Graw Hill 2004.*
2. William Bolton, *Les automates programmables industriels, Editions Dunod, l'Usine Nouvelle, 2010.*
3. Ian G. Warnock, *Programmable Controllers: Operation and Application, Prentice Hall.*
4. Gilles Michel, *Architecture et applications des automates programmables industriels, Dunod.*
5. G. Michel, *Automates Programmables industriels, Dunod, 1979.*
6. S. Thelliez et J.M. Toullote, *Grafset et logique industrielle programmée, Eyrolles, 1980.*
7. J.C Bossy, P. Brard, P. Faugère, C. Merlaud, *Le Grafce : sa pratique et ses applications, Educactiv Ed. Casteilla, 1995.*
8. Henri Ney, *Eléments d'automatismes, Collection Electrotechnique et normalisation, Edition Nathan, 1996.*
9. M. Diaz, *Les Réseaux de Pétri - Modèles fondamentaux. Traité IC2 - Série Informatique et Systèmes d'Information, Hermès Science 2001*
10. A. Choquet-Geniet, *Les réseaux de Pétri – Un outil de modélisation, Dunod, 2006.*

11. *P. Ladet, Outils de modélisation des automatismes séquentiels, Les réseaux de Pétri, Techniques de l'ingénieur, 1990.*

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEF 2.1.2**  
**Matière 4 : Vision artificielle**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

L'objectif principal de la vision artificielle consiste à reproduire le plus fidèlement possible la perception visuelle humaine d'une scène au moyen d'une ou plusieurs caméras associées à un système automatique de traitement de données. L'objectif de cette matière est d'amener l'étudiant à comprendre les concepts d'un système d'imagerie numérique et de vision.

**Connaissances préalables recommandées:**

Traitement de signal, Traitement d'images.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Géométrie des images vision 3D**

**(2 Semaines)**

Principe de formation de l'image. Principe du traitement d'images. Schéma général d'un système de vision artificielle. Les outils de la vision 3D. Géométrie épipolaire, Calibrage de caméras. Reconstruction 3D à partir de vues multiples.

**Chapitre 2. Contours et segmentation**

**(2 Semaines)**

Techniques de détection de contours. Techniques de segmentation des objets.

**Chapitre 3. Mouvement**

**(2 Semaines)**

Estimation du mouvement et flot optique. Les algorithmes d'estimation de mouvement. Reconstruction de structure en utilisant le mouvement.

**Chapitre 4. Détection de caractéristiques**

**(3 Semaines)**

Détection de primitives (points/contours). Caractéristiques locales invariantes, HARRIS, SIFT, SURF, poursuite d'objet, stitching, ...

**Chapitre 5. Classification et reconnaissance**

**(3 Semaines)**

Reconnaissance et classification des objets. Techniques de classification supervisée. Techniques de classification non supervisée.

**Chapitre 6. Deep learning pour vision**

**(3 Semaines)**

Machine Learning, Réseaux de neurones et MLP, Deep learning, CNN, RBM, RNN, ...

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

**Références bibliographiques :**

1. R. Horaud et O. Monga, *Vision par ordinateurs : Outils fondamentaux*, Editions Hermes, Paris, 1995.
2. C. M. Bishop, *Neural Networks for Pattern Recognition*, Springer 1995.
3. I. Goodfellow, Y. Bengio and A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press 2016.
4. Davies E. R., *Machine Vision*, Academic Press, London, 1997.
5. Forsyth D. et Ponce J., *Computer Vision: A Modern Approach*, Prentice-Hall, 2003.
6. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, PWS Publishing 1999.

7. Alan Pugh, *Robots vision*, Edition Springer-Verlag
8. Danah Ballard, *Computer vision*, Edition Prentice-Hall.
9. Gerard Mezin, *La vision par ordinateur dans l'industrie*, Edition Hermes.
10. Trucco, E., Verri A., *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision* Prentice Hall, 1998.
11. Hartley, R., Zisserman, A., *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Second edition, Cambridge Univ. 2004
12. Shapiro, L. G., Stockman, G. C., *Computer Vision*, Prentice Hall, 2001.
13. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Edition Prentice Hall Inc., New Jersey, 2002.
14. J. Cocquerez et S. Philip, *Analyse d'images : Filtrage et Segmentation*, Editions Masson, Paris, 1995.
15. Pratt William K., *Digital image processing*, Edition John Wiley.
16. Kunt M., Editeur, *Reconnaissance des formes et analyse de scènes*, Collection Electricité, PPUR, 2000.
17. Belaid Y., *Reconnaissance des formes : méthodes et applications*. Ed. Inter Editions.
18. A. R. Weeks, Jr., *Fundamentals of Electronic Image Processing*, Prentice-Hall of India, 2005.
19. Jean-Marc Nasr, *L'image numérique*, Eyrolles, 1987, Paris.
20. J, G, Postaire, *De l'image à la décision*, Edition Dunod.
21. Ernest L, *Computer image processing and recognition*, Edition Hall Academic Press.
22. Alain Trémeau, Christine Fernandez-Maloigne & Pierre Bonton. *Image Numérique Couleur*. Editions Dunod, 2004.
23. Diane Lingrand, *Introduction au Traitement d'Images*, Vuibert, Paris, 2004.

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 1: TP Systèmes embarqués / TP Systèmes temps réel**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Faire comprendre aux étudiants les aspects pratiques des systèmes embarqués et temps réel. Conception d'un système embarqué dédié à l'automobile où il sera fait appel Entrées/Sorties analogiques et numériques, Timer, Interruption, Conversion ADC-DAC, Affichage LCD, 7 segments, Communication série (RS232, ...), Communication WIFI, Bluetooth, Conception d'une interface IHM.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Programmation en C, Commandes DOS.

### **Contenu de la matière:**

#### **A. TP systèmes embarqués :**

**Simulation/Implémentation d'applications en utilisant les couples matériel/logiciel suivants: FPGA/VHDL, Arduino/C, Microprocesseur/Assembleur, PIC/C ou Assembleur, DSP/C, ...**

***Exemple d'application: Conception d'un système de condamnation centrale d'une automobile***

Ci-dessous est exposée, à titre d'exemple, la méthodologie appliquée à la conception d'un système de condamnation centrale d'une automobile. Libre à l'enseignant de choisir une autre application.

**Etape initiale :** Elaborer un programme qui permet de faire ouvrir et fermer, au moyen d'une commande infrarouge ou radio fréquence, les quatre portes d'une voiture en utilisant la commande TOR avec l'allumage (ou clignotement) de LEDs rouges et l'émission de bips sonores de durées variables.

**Variante 1 :** Prendre en considération la fermeture réelle des portes (en utilisant des butées (bouton poussoir).

**Variante 2 :** Prévoir le cas de l'ouverture des portes par erreur (action par accident de la commande infrarouge) sans l'ouverture effective de la porte. Condamnation automatique après un certain délai.

**Variante 3 :** Prévoir le cas d'une porte mal fermée tandis que la voiture est en mouvement. Alerter le chauffeur : bip sonore, affichage sur le tableau de bord, ...

**Variante 4 :** Cryptage du signal de commande

Amener l'étudiant à imaginer une architecture globale et à proposer différentes techniques de programmation (interruption, polling, fonctions, communication (synchrone asynchrone), gestion des E/S, Affichage, Alarme, ...) et estimer à chaque fois le coût de l'application.

#### **B. TP systèmes temps réel**

**TP 01.** Savoir utiliser les commandes de base de MS-DOS, Ecriture et exécution d'un script batch DOS. Modification de fichier et lancement de commandes.

**TP 02.** Initiation aux commandes Linux : Gestion des processus : Créer (lancer), Visualisation (listing) et Arrêter (tuer) des processus externes. Gestion de la mémoire sous Linux (Comprendre l'allocation dynamique de la mémoire, Diagnostiquer quelques problèmes liés à l'allocation dynamique)

**TP 03.** Traitement d'un exemple simple (cas sémaphore) en utilisant un des langages temps réel.

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%

**Références bibliographiques:**

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 2: TP Automates programmables Industriels**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Apprendre à l'étudiant comment installer, programmer et utiliser un API. Lui montrer comment analyser et respecter les contraintes technologiques et sécuritaires liées à l'interfaçage des différents éléments industriels avec un API. L'initier à maîtriser les tâches d'édition et de débogage des programmes ainsi que la correction des erreurs détectées.

### **Connaissances préalables recommandées:**

API, Grafcet, Ladder

### **Contenu de la matière:**

**TP00 :** Prise en main de l'environnement API : Simulation d'un système automatisé, Revue des différents logiciels. Introduction au logiciel Step7 de Siemens

**TP01 :** Mise en œuvre d'un API : Configuration Hardware. Initiation à la programmation en Ladder (Marche-Arrêt d'un actionneur avec maintien). Utilisation des entrées/sorties TOR : Utilisation des relais, contacteur, ... (faire éventuellement les câblages nécessaires).

**TP02 :** Mise à l'échelle des entrées/sorties analogiques : Mesure du signal à l'entrée d'un capteur (faire éventuellement les câblages nécessaires). Utilisation de quelques blocs usuels : Opérations arithmétiques, temporisateurs, Génération d'un signal triangulaire, ...

**TP03 :** Contrôle du niveau d'un réservoir. Utilisation des blocs spéciaux (interruptions)

***Exemples d'applications : Réaliser au moins 2 TPs parmi la liste des TPs suivantes***

**TP04 :** Contrôle d'un vérin pneumatique

**TP05 :** Contrôle de feux de signalisation tricolores pour une simple intersection

**TP06 :** Contrôle d'une unité de remplissage et de transfert de bouteilles

**TP07 :** Contrôle d'une perceuse automatisé

**TP08 :** Transfert et tri de pièces de différentes dimensions

**TP09 :** Contrôle d'une unité de matriçage

**TP10 :** Contrôle d'une unité de Fabrication de Médicaments

**TP11 :** Contrôle d'un Four Tunnel

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%.

### **Références bibliographiques**

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 3: TP Vision artificielle**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

Présenter et discuter les méthodologies appliquées à la vision par ordinateur. Les concepts abordés et leurs applications doivent d'une part préparer les étudiants aux outils modernes de la vision artificielle et d'autre part, les amener à une maîtrise des idées et des techniques leur permettant d'intégrer un système d'imagerie numérique et de vision dans une application industrielle

**Connaissances préalables recommandées:**

Traitement de signal, Traitement d'images.

**Contenu de la matière:**

**TP1** : introduction à l'utilisation de OpenCV

- Représentation des images et vidéo sous OpenCV
- Traitements sur la Couleur et palette

**TP2** : Calibration de camera et reconstruction 3D

**TP3** : Détection de contours et segmentation

**TP4** : Détection et estimation de mouvement

**TP5** : Détection de caractéristiques

**TP6** : Poursuite d'objets

**TP7**: Machine Learning

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%

**Références bibliographiques**

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 4: Langage JAVA**  
**VHS: 37h30 (Cours : 1h30, TP: 1h00)**  
**Crédits: 3**  
**Coefficient: 2**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Java est un langage objet pur, c'est le langage le plus approprié à la programmation du réel. Il est présent dans les noyaux logiciels de presque tous les appareils technologiques actuels. Cette matière permet à l'étudiant d'accéder à un niveau appréciable en programmation Java qui lui permet de faire face à cet aspect de la technologie moderne.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Programmation objet et langage C.

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1. Introduction à Java**

**(1 semaine)**

Le concept de Machine Virtuelle, spécificités par rapports à C++ et C#

#### **Chapitre 2. Notions de base**

**(3 semaines)**

Les types primitifs de variables: Java langage fortement *typé*, Les structures de contrôle *if, for, while*, Les tableaux de types primitifs, Les fonctions arithmétiques intégrées, opérateurs de base

#### **Chapitre 3. Classes et objets**

**(3 semaines)**

Déclaration de classe, Variables et méthodes d'instance, Définition des méthodes, Droits d'accès et encapsulation, Constructeur et destructeur, Accesseurs, Tableaux d'objets

#### **Chapitre 4. Rappels Héritage et polymorphisme**

**(2 semaines)**

Héritage, Polymorphisme, Méthodes et classes abstraites, Interfaces, Surchage, Modificateurs de méthodes.

#### **Chapitre 5. Les structures de données génériques intégrées de Java**

**(3 semaines)**

Les Collections : Interfaces et implémentations, *set, list, map, queue*. Algorithmes sur les collections : Remplissage, Lecture, Tri, Mélange, etc. Parcours d'une collection : Itérateurs, Opérations massives

#### **Chapitre 6. Les API graphiques**

**(2 semaines)**

Librairies de l'API standard, JNI Codes natifs, Les librairies AWT et SWINGX.

### **TP Langage Java**

**TP1** : Premiers pas avec Java Eclipse

**TP2** : Java Types, Variables, Opérateurs, et Méthodes

**TP3** : Eléments de Programmation en Java *if, for, while*

**TP4** : Les bibliothèques de base *java.lang.\** et *java.util.\**

**TP5** : Programmation et test des implémentations *Set, List* et *Map*

**TP6** : Programmation de graphiques simples et des outils Windows : API *awt* et *swing*

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

## **Références bibliographiques**

1. *Harvey Deitel, Java: How to Program, 9th Edition, Prentice Hall.*
2. *Robert Sedgewick and Kevin Wayne, Introduction to Programming in Java: An Interdisciplinary Approach, Addison Wesley, 2007*
3. *Claude Delannoy, Programmer en Java, Editions Eyrolles*
4. *J. Hunter, Java servlets, O'Reilly*
5. *P. Niemeyer, J. Knudsen, Introduction à Java, Ed. O'Reilly*

**Semestre : 3**  
**Unité d'enseignement : UED 2.1**  
**Matière 1 : au choix**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 3**  
**Unité d'enseignement : UED 2.1**  
**Matière 2 : au choix**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 3**

**Unité d'enseignement : UET 2.1**

**Matière : Recherche documentaire et conception de mémoire**

**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**

**Crédit : 1**

**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

## **Proposition de quelques matières de découverte**

**Semestre:**  
**Unité d'enseignement: UED**  
**Matière 1: Radio-identification RFID**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Acquérir ses notions techniques et pratiques suffisantes sur la technologie RFID en vue de son implémentation dans des projets sur les systèmes embarqués.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Architecture des systèmes à microprocesseurs

### **Contenu de la matière:**

- Présentation, définition et historique
- Ethique, vie privée,
- Obstacles à l'utilisation de la rfid : environnement métallique, collisions,
- Classifications des tags RFID
- Principe de fonctionnement
- lecture seule ou lecture/écriture ?
- protocoles TTF et ITF
- Les applications du RFID
- la communication en champ: NFC
- le fonctionnement de NFC/RFID
- les caractéristiques principales
- Les applications du NFC

### **Mode d'évaluation:**

Examen: 100 %.

### **Références bibliographiques :**

1. D. Henrici, *RFID Security and Privacy: Concepts, Protocols, and Architectures*, Springer-Verlag 2008
2. K. Finkenzeller, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*, 3d edition, Wiley 2010
3. Syed Ahson and Mohammad Ilyas, *RFID Handbook : Applications, Technology, Security, and Privacy*, CRC Press 2008
4. <http://www.centrenational-rfid.com/fonctionnement-dun-systeme-rfid-article-17-fr-ruid-17.html>
5. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Protocoles\\_de\\_communication\\_RFID](https://fr.wikipedia.org/wiki/Protocoles_de_communication_RFID)
6. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Radio-identification>
7. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Communication\\_en\\_champ\\_proche](https://fr.wikipedia.org/wiki/Communication_en_champ_proche)

**Semestre:**  
**Unité d'enseignement: UED**  
**Matière 2: Domotique**  
**VHS: 22h30 (Cours: 1h30)**  
**Crédits: 1**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Donner à l'étudiant l'ensemble des équipements d'une maison intelligente, leur fonctionnement et leurs utilisations afin qu'il soit capable de dimensionner et de concevoir une installation domotique.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Systèmes à microprocesseurs, Capteurs,...

### **Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Confort dans les bâtiments** (1 Semaine)  
 - Thermique, acoustique et visuel,

**Chapitre 2. Notions sur la sécurité des biens et des personnes** (7 Semaines)  
 - Sécurité incendie, Contrôle d'accès, Anti-intrusion, Vidéosurveillance, Télésurveillance, ...

**Chapitre 3. Gestion technique des bâtiments et communication** (7 Semaines)  
 - Eclairage, Climatisation, Chauffage, Régulation, Réseaux, Télégestion, Supervision, GTB (gestion technique du bâtiment), GTC (gestion technique centralisée), ...

### **Mode d'évaluation:**

Examen: 100%.

### **Références bibliographiques :**

1. C. Locqueneux, *Le Guide de la Maison et des Objets Connectés*, Eyrolles 2016
2. F-X. Jeuland, *La Maison communicante*, Eyrolles, 2008 (2<sup>e</sup> édition)
3. PROMOTELEC, *Habitat communicant*, Éditions Promotelec, 2006
4. E. A. Decamps, *La Domotique*, Presses universitaires de France, Collection « Que sais-je ? », 1988.
5. M. Al-Qutayri, *Smart Home Systems*, In-Teh, Croatia 2010
6. C. Nugent, *Smart Homes and Beyond*, IOS Press, Netherlands 2006

**Semestre :**  
**Unité d'enseignement : UED**  
**Matière 3 : Systèmes embarqués pour l'automobile**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Cette matière a pour objectif de donner aux étudiants les fondements nécessaires pour savoir développer et concevoir des applications de l'électronique embarquée au service de l'automobile qui est une discipline à part entière visant à maîtriser de façon optimale la circulation et la sécurité d'un véhicule.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Capteurs et Instrumentation.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Introduction aux systèmes embarqués**

#### **Chapitre 2 : Capteurs embarqués**

Capteurs de vitesse et de débit, Capteurs d'accélération, Capteurs de température, Capteurs de pression, Capteurs de proximité, Capteurs gyroscopique.

#### **Chapitre 3 : Actionneurs embarqués**

Actionneur hydraulique, Actionneur pour Air Bag, Système de climatisation, Système de freinage.

#### **Chapitre 4 : Architecture du système véhicule**

Calculateur électronique, Bus de communication CAN, Réseaux capteurs/Actionneurs.

#### **Chapitre 5 : Systèmes embarqués dans l'automobile**

Systèmes des capteurs embarqués, Système anti-blocage des roues (ABS), Système anti-patinage des roues (ASR), Régulation électronique du comportement dynamique (ESP), Mesure de la vitesse de rotations des roues (codeur) et de la vitesse du véhicule (effet Doppler).

#### **Chapitre 6 : Architecture type d'un modèle de véhicule fabriqué en Algérie**

### **Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

### **Références bibliographiques:**

1. S. Daly, *Automotive Air Conditioning and Climate Control Systems*, Elsevier, 2006.
2. J. Fenton *Advances in Vehicle Design*, Mechanical Engineering Publications Ltd, 1999.
3. B. Hollebeak, *Today's Technician: Automotive Electricity and Electronics Classroom and Shop Manual Pack*, 5th edition, Delmar, 2010.
4. N. Zaman, *Automotive Electronics Design Fundamentals*, Springer, 2015.
5. G. Asch, *Acquisition de données : du capteur à l'ordinateur*, Dunod, 2003.
6. G. Asch et al. *Acquisition de données*, 3<sup>e</sup> édition, Dunod, 2011.
7. M. Bayart, B. Conrard, A. Chovin, M. Robert, *Capteurs et actionneurs intelligents*, 2005.
8. P. Dassonville, *Les Capteurs : Exercices et problèmes corrigés*, Dunod, 2005.
9. R. Frank, *Understanding Smart Sensors (Artech House sensors library)*, 2nd edition.
10. F. Boudoin, M. Lavabre, *Capteurs : principales utilisations*, Edition Casteilla, 2007.
11. J. G. Webster, *Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook*, Taylor & Francis Ltd

**Semestre :**  
**Unité d'enseignement : UED**  
**Matière 4 : Systèmes d'exploitation des systèmes embarqués**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

Permettre aux étudiants de connaître les principes fondamentaux des systèmes d'exploitation tout en étudiant leur mise en pratique dans un système embarqué tel que l'Android.

**Connaissances préalables recommandées :**

Notions de base en mathématiques, algorithmique et programmation.

**Contenu de la matière :**

<b>Chapitre 1.</b> Présentation générale des systèmes d'exploitation et éléments techniques (ex : OS, Android, windows et linux)	<b>(4 semaines)</b>
<b>Chapitre 2.</b> Gestion des processus	<b>(3 semaines)</b>
<b>Chapitre 3.</b> Gestion de la mémoire	<b>(3 semaines)</b>
<b>Chapitre 4.</b> Gestion des fichiers	<b>(3 semaines)</b>
<b>Chapitre 5.</b> Exécutable	<b>(2 semaines)</b>

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

**Références bibliographiques:**

1. J. Dordoigne, *Réseaux informatiques : Notions fondamentales*, 5<sup>e</sup> édition, 2012.
2. C. Servinet, J-P. Arnau, *Réseaux et télécoms*, 4<sup>e</sup> édition, Dunod, 2013.
3. G. Pujolle, *Cours réseaux et télécoms : avec exercices corrigés*, 3<sup>e</sup> édition, Eyrolles, 2008.
4. D. Dromard, D. Seret, *Architecture des réseaux*, collection SYNTEX, 2009.
5. Ph. Atelin, *Réseaux informatiques : Notions fondamentales (Normes, Architecture, Modèle OSI, TCP/IP, Ethernet, Wi-Fi)*, Edition ENI, 2009.

**Semestre :**  
**Unité d'enseignement : UED**  
**Matière 5 : Cartes à puces**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

Acquérir des notions techniques suffisantes sur la technologie, le fonctionnement et l'utilisation des cartes à puces en vue de son implémentation dans des projets sur les systèmes électroniques embarqués.

**Connaissances préalables recommandées :**

Architecture des systèmes à microcontrôleurs et/ou à microprocesseurs.

**Contenu de la matière :**

- Généralités, Historique, Applications et marchés de la carte à puce.
- Semi-conducteurs pour cartes à puces, Technologies, Composants en logique câblée, Microcalculateurs.
- Cryptologie et sécurité, Principes de la cryptographie, Crypto systèmes symétriques, Crypto systèmes asymétriques, Crypto systèmes à apport nul de connaissance, Sécurité physique et logique des cartes à puces.
- Principes de construction, Interconnexion des composants, Encartage, Connectique.
- Systèmes d'exploitation des cartes à puce, Généralités et mécanismes de base, Systèmes d'exploitation fermés, Systèmes d'exploitation ouverts.
- Communication par contact, Communication par radiofréquences.

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

**Références bibliographiques:**

1. *W. Rankl and W. Effing, Smart Card Handbook, Wiley, 2010.*
2. *C. Tavernier, Les cartes à puce, Dunod, 2011.*

**Semestre :**  
**Unité d'enseignement : UED**  
**Matière 6 : Robotique mobile**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

Cette matière a pour objectif de donner aux étudiants les fondements nécessaires pour savoir développer et concevoir des applications de l'électronique embarquée au service de la robotique mobile qui est une discipline à part entière visant à maîtriser le mouvement.

**Connaissances préalables recommandées :**

Mathématiques, Programmation.

**Contenu de la matière :**

<b>Chapitre 1 : Classification et Modélisation des robots mobiles (R-M)</b>	<b>(2 semaines)</b>
<b>Chapitre 2 : Les capteurs utilisés en R-M</b>	<b>(3 semaines)</b>
<b>Chapitre 3 : La localisation des R-M</b>	<b>(2 semaines)</b>
<b>Chapitre 4 : La représentation de l'environnement d'un R-M</b>	<b>(2 semaines)</b>
<b>Chapitre 5 : Les techniques de planifications de trajectoires</b>	<b>(2 semaines)</b>
<b>Chapitre 6 : Les techniques de navigation et de SLAM</b>	<b>(2 semaines)</b>
<b>Chapitre 7 : Les robots humanoïdes</b>	<b>(2 semaine)</b>

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

**Références bibliographiques:**

1. R. Siegwart, I.R. Nourbakhch, D. Scaramuzza, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, 2<sup>nd</sup> Edition, MIT Press, 2011.
2. L. Jaulin, *La robotique mobile*, Editions ISTE, 2015.
3. V. Maille, C. Accard, B. Breton, *Les robots : apprendre la robotique par l'exemple*, Editions Ellipse, 2016.

**Semestre :**  
**Unité d'enseignement : UED**  
**Matière 7 : Communication sans fils**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

Permettre aux étudiants de se familiariser avec les systèmes de communications sans fils afin des les utiliser dans des applications en électronique des systèmes embarqués. Parmi les divers réseaux sans fils, nous nous intéresserons plus spécifiquement au réseau WIFI de la norme IEEE 802.11.

**Connaissances préalables recommandées :**

Notions de bases en mathématiques, statistiques et traitement de signal.

**Contenu de la matière :**

<b>Chapitre 1.</b> Les réseaux sans fils	<b>(4 semaines)</b>
<b>Chapitre 2.</b> Présentation du WIFI (802.11) : Différents normes et équipements WIFI	<b>(3 semaines)</b>
<b>Chapitre 3.</b> Mise en œuvre du WIFI : Mode infrastructure, mode ad hoc et mise en place d'un réseau	<b>(3 semaines)</b>
<b>Chapitre 4.</b> Le chiffrement : WEP, WAP ...	<b>(3 semaines)</b>
<b>Chapitre 5.</b> Les piratages et les solutions : Filtrage des adresses MAC, définitions des adresses IP et installation des pare-feu	<b>(2 semaines)</b>

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

**Références bibliographiques:**

1. Tanenbaum, Réseaux, 4ème édition, Prentice Hall, 2003.
2. R. Parfait, Les réseaux de télécommunications, Hermès science publications, 2002.
3. E. Hollocou, Techniques et réseaux de télécommunications, Armand Colin, 1991.
4. C. Servin, Réseaux et télécoms, Dunod, Paris, 2006.
5. D. Dromard et D. Seret, Architectures des réseaux, Editions Pearsont, 2009.
6. P. Polin, Les réseaux : Principes fondamentaux, Edition Hermès.
7. D. Comer, TCP/IP, architectures, protocoles et applications, Editions Interéditions.
8. D. Présent, S. Lohier, Transmissions et Réseaux, cours et exercices corrigés, Dunod.
9. P. Clerc, P. Xavier, Principes fondamentaux des Télécommunications, Ellipses, Paris, 1998.
10. D. Battu, Initiation aux Télécoms : Technologies et Applications, Dunod, Paris, 2002.
11. P. Rolin, G. Martineau, L. Toutain, A. Leroy, Les réseaux, principes fondamentaux, édition Hermès, 1997.

**Semestre :**  
**Unité d'enseignement : UED**  
**Matière 8 : Robotique**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement:**

Introduire l'étudiant aux aspects fondamentaux de la robotique et aux récents développements dans le domaine de la robotique industrielle.

**Connaissances préalables recommandées :**

Aucune.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : Généralités**

Définitions, Constituants d'un robot, Classification des robots, Caractéristiques d'un robot, Les générations de robot, Programmation des robots.

**Chapitre 2 : Degré de libertés - Architecture**

Positionnement d'un solide dans l'espace, Liaison, Mécanismes, Morphologie des robots, manipulateurs

**Chapitre 3 : Modèle géométrique d'un robot en chaîne simple**

Nécessité d'un modèle, Coordonnées opérationnelles, Translation et rotation, Matrices de transformation homogène, Obtention du modèle géométrique, Paramètres de Denavit-Hartenberg modifié, Inversion du modèle géométrique - Méthode de Paul, Solutions multiples – Espace de travail – Aspects

**Chapitre 4 : Technique de simplification**

Vitesse et accélération des robots, Matrice Jacobéenne et son utilité, Définition des équations en direct et en inverse, Signification des singularités.

**Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

**Références bibliographiques:**

1. H. Asada, J.J.E. Slotine, *Robot Analysis and Control, a Wiley Interscience Publication, 1986.*
2. J.J. Craig, *Introduction to Robotics, Mechanics and Control, Addison-Wesley, 1989.*

**Semestre :**

**Unité d'enseignement : UED**

**Matière 9 : Energies renouvelables : le solaire photovoltaïque**

**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**

**Crédit : 1**

**Coefficient : 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Cette matière aborde des notions relatives aux énergies renouvelables non polluantes, aux dispositifs photovoltaïques (PV), à la conversion PV, aux procédés de fabrication d'une cellule solaire, aux assemblages des modules PV, à leur dégradation ... Elle aborde, en outre, les systèmes auxiliaires : la batterie, la pile à combustible (avec l'hydrogène comme vecteur d'énergie), les convertisseurs, ... La matière s'intéressera, par ailleurs, aux différentes charges à alimenter continues ou alternatives en recherchant toutes les possibilités de couplage avec un générateur PV, à la description d'un système PV global, ses caractéristiques et à l'optimisation du fonctionnement du système.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Notions sur les semi-conducteurs, la physique du rayonnement, les mathématiques, l'électronique ...

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Energies renouvelables**

Les formes d'énergie, C'est quoi une énergie renouvelable, Principales énergies renouvelables, La situation énergétique mondiale, ...

#### **Chapitre 2 : La source solaire**

Rayonnement solaire, Le gisement solaire, L'énergie solaire (thermique, photovoltaïque, thermodynamique)

#### **Chapitre 3 : La source photovoltaïque**

La conversion photovoltaïque, Technologie des cellules solaires, Propriétés des cellules solaires, Modélisation d'une cellule (d'un module) photovoltaïque (modélisation électrique, thermique ...), Rendement de conversion, facteur de forme ..., Différentes connexions (série, parallèle, mixte), Impact de divers facteurs sur les caractéristiques électriques, Dégradation, Protections des modules photovoltaïques, Les applications de l'énergie photovoltaïque (pompage, connexion au réseau, ...).

#### **Chapitre 4 : Systèmes photovoltaïques**

Connexion directe générateur photovoltaïque – charge, Stockage (Batterie), Pile à combustible, Hacheur, Onduleur, Etude d'un exemple de système global (l'hybridation), Problème de dimensionnement d'une installation photovoltaïque, *Maximum Power Point Tracker* (MPPT).

### **Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

### **Références bibliographiques:**

1. A. Vapaille, *Dispositifs et circuits intégrés semiconducteurs*, Dunod, 1987.
2. M. Orgeret, *les piles solaires*, Masson, 1985.
3. A. Ricaud, *Photopiles solaires*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1997.
4. E. Lorenzo, G. Araflio, *Solar Electricity - Engineering of Photovoltaic Systems*.
5. Minano, R. Zilles, *Stand alone photovoltaic Applications*, JAMES & JAMES 1994.
6. B. Multon, *Production d'énergie électrique par sources renouvelables*, *Techniques de l'Ingénieur, Traités de Génie Electrique, D4005/6*, mai 2003.
7. J. Nelson, *The physics of solar cells*, Imperial College Press.

8. A. Labouret, P. Cumune, *Cellules solaires, 5e édition - Les bases de l'énergie photovoltaïque*, Dunod, 2010
9. A. Labouret, *Energie solaire photovoltaïque, 3ème édition*, Dunod, 2006.
10. Deambi, Suneel, *Photovoltaic System Design: Procedures, Tools and Applications*, CRC Press, 2016.
11. O. Isabella, K. Jäger, A. Smets, R. Van Swaaij, MiroZeman, *Solar Energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies and Systems*, UIT Cambridge Ltd, 2016.
12. Gottfried H. Bauer, *Lecture Notes in Physics 901, Photovoltaic Solar Energy Conversion*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.
13. [www.pveducation.org](http://www.pveducation.org)
14. <http://www.cythelia.fr/nos-documents/>
15. <http://www.solems.com/depots-de-couches-minces>

**Semestre :**  
**Unité d'enseignement : UED**  
**Matière 10 : Systèmes énergétiques autonomes**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédit : 1**  
**Coefficient : 1**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Susciter l'intérêt de l'étudiant aux énergies renouvelables en général et aux systèmes énergétiques exploitant l'énergie solaire ou éolienne en particulier. Faire acquérir à l'étudiant une certaine compétence dans le dimensionnement d'une installation éolienne ou photovoltaïque.

### **Connaissances préalables recommandées :**

les semi-conducteurs , la physique du rayonnement , les mathématiques, l'électronique...

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Dispositifs de production d'énergie électrique**

Notions sur les transformations d'énergie (mécanique ; thermique ; hydraulique, ...), Historique (Volta, Oersted, Faraday, etc.), l'alternateur, la dynamo, les modes de production de l'énergie électrique (centrale électrique hydraulique, les centrales thermiques). Les sources d'énergies non renouvelables (fossiles et nucléaires). Les sources d'énergies renouvelables.

#### **Chapitre 2 : Energie éolienne**

Historique, principe et structure, Caractéristiques et dimensionnement, Carte du gisement éolien en Algérie, Parcs éoliens et puissance, Normes, Avantages et inconvénients. Exemple d'une installation éolienne.

#### **Chapitre 3 : Systèmes hybrides**

Systèmes Hybrides (Hydrolienne, Principe de fonctionnement de l'hydrolienne, Les différents types d'hydroliennes et les exploitants,...)

#### **Chapitre 4 : Energie solaire photovoltaïque**

Principe d'une installation photovoltaïque, le gisement solaire en Algérie, Technologies des cellules photovoltaïques, Les modules photovoltaïques, MPPT, Caractéristiques et connectique photovoltaïque, Normes. L'onduleur (rôle, principe, caractéristiques et rendement). Exemple d'une installation photovoltaïque.

#### **Chapitre 5 : Autres sources d'énergies renouvelables**

Les familles d'énergie renouvelables (énergie solaire, énergie éolienne, énergie hydraulique, Biomasse, Géothermie). Les différentes énergies renouvelables dans le monde. Rentabilité.

### **Mode d'évaluation :**

Examen : 100 %

### **Références bibliographiques:**

1. J. Vernier, *Les énergies renouvelables*, édition PUF, 2012
2. E. Riolet, *Le mini-éolien*, édition Eyrolles, 2010
3. A. Labouret et M. Viloz, *Energie solaire photovoltaïque*, Editions du Moniteur 2009
4. B. Fox, *Energie électrique éolienne : Production, prévision et intégration au réseau*, Collection Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle 2015 (2<sup>e</sup> édition)
5. A. Damien, *La biomasse énergie: Définitions, ressources et modes de transformation*, Collection Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle 2013 (2<sup>e</sup> édition)

6. A. Labouret, M. Viloz, *Installations photovoltaïques: Conception et dimensionnement d'installations raccordées au réseau*, Collection Technique et Ingénierie, Dunod/Le Moniteur 2012 (5<sup>e</sup> édition)
7. <http://www.cder.dz/spip.php?article1442>

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université.....  
Faculté.....  
Département.....

Filière :.....  
Spécialité :.....  
Année universitaire 20... /20....

Le...../...../20....

**PROCES VERBAL CONCERNANT LE CHOIX DES MATIERES DE DECOUVERTE DE LA  
PREMIERE ANNEE MASTER**

Les enseignants, soussignés, après délibération ont arrêté le choix des matières de découverte du master ..... proposées dans le canevas de ce master. A ce propos, les enseignants\* dont les noms suivent s'engagent à assurer l'enseignement de ces matières. Dans le cas où l'équipe de formation choisit une matière dont le programme n'est pas disponible dans le canevas, le responsable de la filière s'engage à adresser ce programme au CPND-ST pour enrichissement et validation.

\* A chaque matière, il est possible d'indiquer le nom de l'enseignant principal et éventuellement le nom d'un enseignant suppléant.

Semestres	Matières de découverte	Enseignants
S1	<u>Matière 1 :</u> <u>Matière 2 :</u>	
S2	<u>Matière 1 :</u> <u>Matière 2 :</u>	

Observations :.....  
.....

Noms et Prénoms des enseignants		Matières enseignées	Semestre	Emargements
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

Le responsable de la filière

Le chef du département

**Rappels :** La nature des matières de découverte doivent apporter un complément à la formation et doivent être choisies en fonction des besoins du tissu socio-économique local ou régional et de la disponibilité des enseignants spécialistes en la matière.

Copies aux VRP/VDP

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université.....  
Faculté.....  
Département.....

Filière :.....  
Spécialité :.....  
Année universitaire 20... /20....

Le...../...../20....

**PROCES VERBAL CONCERNANT LE CHOIX DES MATIERES DE DECOUVERTE DE LA  
DEUXIEME ANNEE MASTER**

Les enseignants, soussignés, après délibération ont arrêté le choix des matières de découverte du master ..... proposées dans le canevas de ce master. A ce propos, les enseignants\* dont les noms suivent s'engagent à assurer l'enseignement de ces matières. Dans le cas où l'équipe de formation choisit une matière dont le programme n'est pas disponible dans le canevas, le responsable de la filière s'engage à adresser ce programme au CPND-ST pour enrichissement et validation.

\* A chaque matière, il est possible d'indiquer le nom de l'enseignant principal et éventuellement le nom d'un enseignant suppléant.

Semestres	Matières de découverte	Enseignants
S3	<u>Matière 1</u> : <u>Matière 2</u> :	

Observations :.....  
.....

Noms et Prénoms des enseignants		Matières enseignées	Semestre	Emargements
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Le responsable de la filière

Le chef du département

**Rappels** : La nature des matières de découverte doivent apporter un complément à la formation et doivent être choisies en fonction des besoins du tissu socio-économique local ou régional et de la disponibilité des enseignants spécialistes en la matière.

Copies aux VRP/VDP

