



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



# MASTER ACADEMIQUE HARMONISE

MISE A JOUR **2022**

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



# ماستر أكاديمي مواعمة

## برنامج وطني

### تحديث 2022

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	Systèmes à microcontrôleurs	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 Systèmes à microcontrôleurs	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 C++ Embarquée	3	2	1h30		1h00	37h50	37h50	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix	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 t	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	Architecture des Processeurs pour l'Embarqué	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Processeurs des Signaux Numériques (DSP)	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Intelligence Artificielle en Embarqué	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Automates Programmables Industriels.	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Architecture des Processeurs pour l'Embarqué	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Processeurs des signaux numériques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Intelligence artificielle /TP Automates programmables industriels	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Programmation Python/Java pour les systèmes embarqués	3	2	1h30		1h00	37h50	37h50	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	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 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Systèmes Temps Réel	6	3	3h00	1h30		67h30	82h00	40%	60%
	Système de Vision Artificielle	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Systèmes embarqués	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Réseaux et communications industriels	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Système de Vision Artificielle	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Systèmes embarqués/ TP Systèmes Temps Réel	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Réseaux industriels	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Etude et Réalisation des projets	3	2	1h30		1h00	37h50	37h50	40%	60%
UE Découverte Code : UED 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 2.1 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 de découverte :**

Les matières découvertes 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
- Domotique
- Systèmes embarqués pour l'automobile
- Systèmes d'exploitation des systèmes embarqués
- Cartes à puces
- Robotique mobile
- Communications sans fils
- Robotique
- Energies renouvelables : le solaire photovoltaïque
- Systèmes énergétiques autonomes

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

- Compatibilité Electromagnétique
- Actionneurs industriels
- Réseaux de capteurs Zigbee
- Codage de l'Information et Sécurité
- Innovations technologiques en mécatronique
- Processeurs dédiés aux systèmes embarqués
- Systèmes embarqués pour les Télécommunications
- Systèmes embarqués micro et nano
- Vérification et validation des systèmes embarqués
- Systèmes d'exploitation en temps réel
- Systèmes embarqués pour l'industrie
- Systèmes embarqués pour l'avionique
- Etude des signaux mixtes sur les systèmes embarqués
- Système linux pour les systèmes embarqués
- MOCN (Machine-outil à Commande Numérique)
- 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
- Contrôle du mouvement des plateformes mobiles ;
- GUI avec Tkinter & Raspberry PI 4 ;
- " Conception d'alimentation pour les systèmes embarqués " ;
- "Contrôle des actionneurs électriques" ;
- Base de données dédiés aux systèmes embarqués ;
- Systèmes Cyber-Physiques et Internet des Objets ;
- L'internet des objets ;
- Implémentation des machines à état fini en utilisant Stateflow dans l'environnement Matlab ;
- Simulation des applications dans l'environnement Proteus ;
- Utilisation du langage C-Vivado pour les circuits FPGA ;
- L'internet des objets.
- L'intelligence artificielle avancée (Deep Learning...).

**Semestre 4**

Stage en entreprise ou dans un laboratoire de recherche sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	550	09	18
Stage en entreprise ou dans un laboratoire	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 : Systèmes à Microcontrôleurs  
VHS : 67h30 (Cours : 3h00, TD : 1h30)  
Crédits : 6  
Coefficient : 3

### **Objectifs à atteindre :**

Cette matière permet aux étudiants de se familiariser avec les différentes fonctionnalités offertes par les microcontrôleurs dans le monde réel. En effet, le monde s'oriente vers l'aspect de l'intelligence artificielle qui nécessite des conceptions impliquant des microcontrôleurs comme pièces maîtresses pour réaliser des applications de taille industrielle préconisées notamment dans le système embarqué. Ainsi, les étudiants apprendront à manipuler les différents dispositifs d'entrées/sorties, en l'occurrence : les entrées tout ou rien, les modules de capteurs, les écrans de supervision, les moteurs et les actionneurs, ainsi que l'établissement d'une couche de communication appropriée, à la fois simples comme ceux utilisant des protocoles standardisés, UART, I<sup>2</sup>C, SPI, Bluetooth, et des protocoles complexes, à savoir : Modbus TCP/IP, MQTT, ESP-NOW, Zigbee . L'apprentissage de base se fait avec le fameux microcontrôleur "ATmega328p" compte tenu du panel d'applications qui peut être proposé à l'utilisateur et qui va de pair avec les plateformes Arduino. En revanche, il a de meilleures performances que celles offertes par les anciens microcontrôleurs telle que la famille "PIC-16Fxx", de plus, il se prête bien à accepter les différents types de compilateurs, notamment le C-Embarqué dans l'environnement convivial appelé "IDE". Ceci étant dit, il permet aux étudiants d'évoluer plus facilement de manière ludique vers les nouvelles générations de microcontrôleurs comme par exemple l'ESP32 ou l'ARM32, nécessitant ainsi un bagage très conséquent en matière de la programmation avancée.

De plus, le logiciel Proteus® permet une simulation interactive en circuit de ces microcontrôleurs "AVR", et des tests explicites du code et du schéma de circuit avant de penser à construire le matériel cible. Lorsque l'application fonctionne correctement, comme il se doit, en mode simulation, le PCB peut être conçu pour valider la conception en question.

La mise en application du contenu de cette matière sera effectuée au sein de l'unité :

**"UEM1.1 : TP Systèmes à microcontrôleurs".**

### **Prérequis recommandés :**

Systèmes à microprocesseurs du L3, Electronique numérique, Machine à états finis, Electronique de base, Langage assembleur, Langage C.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 Initiation de base du microcontrôleur**

**(5 semaines)**

- Architecture générale du microcontrôleur AVR32/PIC32.
- Setting a bit, clearing a bit, checking a bit, Toggling a bit and Macros.
- Architecture de la mémoire AVR (Flash, Boot section; Data memory, RAM, General Registers; EEPROM).

- C-Embarqué dans l'environnement IDE
- L'ossature générale d'un programme Arduino (En-tête, section déclarative, configuration et initialisation, Programme principal et définition des sous-programmes)
- Instructions de bases (Typedef, enum, If-Else, Switch-Case, Struct, Union)
- Applications (Menu déroulant avec trois boutons Up, Down, OK).
- Gestions des sorties numériques (clignotement des leds en utilisant delay() and millis())
- Affichage des données (TM1637 4-digit 7-segment, LCD 2x16)

## Chapitre 2. Fonctionnalités avancées des microcontrôleurs

(5 semaines)

- Les interruptions occasionnées par des évènements externes (Rising, falling, change).
- Conversion analogique numérique par interruption programmée.
- Interruptions des timers : Timer0, Timer1 et Timer2.
- Générateur MLI par interruption et gestion des Timers (CTC mode et générateur PWM).
- Exemples : encodeur incrémentale dédié à la gestion d'un menu déroulant
- Gradateur de puissance AC avec un relais statique (SSR)
- Exemple : commande d'un servo-moteur avec le mode OC1A/OC1B pour différentes résolutions angulaires.
- Exemple : variateur de la vitesse d'un moteur DC avec le module L298N.
- Utilisation de l'EEPROM interne (Read, Write, Erase).
- Protocoles de communication en mode d'interruption half and full-duplex : UART (manipulation des données type string, byte, int, double)
- Bus I<sup>2</sup>C implémentation et utilisation (capteur de température DH22, DS18B20, ds3231)
- Le protocole SPI
- Communication en Full-duplex
- Architecture maître unique – esclave multiple
- Communication à grande vitesse [Hz, kHz ou MHz]
- Configurations maître-esclave.
- Protocole flexible.
- Communication à courte distance.
- Initialisation d'une carte SD et stockage de données.

## Chapitre 3. Programmation structurée à haut niveau

(5 semaines)

- Systèmes Multi-tâches (pointeurs sur fonctions, implémentation une machine à état fini "FSM" exemple introductif de la gestion d'un feu de signalisation tricolores à deux voies)
- Communication avec Bluetooth (HC-05) en utilisant « MIT APP- Inventor » sur Android et la plateforme Nano possédant le microcontrôleur Atmega328P).
- Le bus CAN est ses applications (conception d'un réseau, exemple tableau de bord d'un véhicule).
- Le bus de terrain Modbus TCP/IP exemple la station S7-1200 avec UNO dotée du module Ethernet Shield.

### Mode d'évaluation :

Examen : **60%**, Contrôle Continue : **40%**

**Références bibliographiques :**

- [1]. *Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects*; De John Boxall; No Starch Press 2013.
- [2]. *C Programming for the Pc the Mac and the Arduino Microcontroller System*; De Peter D Minns; AuthorHouse-2013
- [3]. *Raspberry Pi for Arduino Users: Building IoT and Network Applications and Devices*; De James R. Strickland; Apress-2018
- [4]. *Practical AVR Microcontrollers: Games, Gadgets, and Home Automation with the microcontroller used in the Arduino*; De Alan Trevennor; Apress-2012
- [5]. *Advances in Smart System Technologies: Select Proceedings of ICFSST 2019*;  
Publié par P. Suresh, U. Saravanakumar, Mohammed Saleh Hussein Al Salameh ; Springer Nature.
- [6]. *INTRENET OF THINGS WITH ARDUINO AND BOLD IOT: With Arduino and Bolt*;  
De Ashwin Pajankar ; Publié par BPB Publications 2018.
- [7]. *Arduino: A Technical Reference: A Handbook for Technicians, Engineers, and Makers*; De J. M. Hughes; "O'Reilly Media, Inc." 2016.
- [8]. *Building Arduino PLCs: The essential techniques you need to develop Arduino-based PLCs*; De Pradeeka Seneviratne; Apress-2017.
- [9]. *Arduino Robot Bonanza*; De Gordon McComb; McGraw Hill Professional-2013.

**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.

L'application du contenu de cette matière s'effectue au niveau de la matière « **UEM1.1 : TP FPGA & VHDL** ».

**Connaissances préalables recommandées :**

Electronique numérique (combinatoire et séquentielle).

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Notion de base sur les circuits programmables (1 semaine)**

- Architecture générale des circuits logiques programmables : PAL, GAL, PLD, CPLD
- Exemples de constructeurs et outils de programmation : Altera Quartus II, Xilinx ISE

**Chapitre 2. Programmation en VHDL (5 semaines)**

- Historique du VHDL.
- Comparaison entre le VHDL et les langages de programmation.
- Différentes descriptions d'une architecture : flot de données, comportemental, structurel.
- Identificateurs et sensibilité à la majuscule.
- Commentaires.
- Représentation des nombres en VHDL
- Structure générale d'un code VHDL : Bibliothèque, Entité, Ports, Architecture.
- Types de données : prédéfinis, définis par l'utilisateur
- Opérateurs : logique, relationnel, de décalage, de concaténation
- Attributs des signaux : EVENT, ...
- Signal, variable et constant
- Process
- Component
- Instruction IF-THEN-ELSE
- Instruction CASE-WHEN
- Instruction WHEN-ELSE
- Instruction WITH-SELECT-WHEN

**Chapitre 3. Applications sur les circuits FPGA (5 semaines)**

- Multiplexeur
- Bascule D
- Additionneur
- Compteur universel avec actions : activation, remise-à-zéro, charge (load).
- Diviseur de fréquence.
- Gestion de la fréquence avec des boutons : sélection, division
- Décodeur 7 segments,

- Affichage série sur plusieurs 7 segments.
- Unité arithmétique-logique 8-bit
- Comparateur 8-bits

#### **Chapitre 4. Conception avancée avec les machines à nombre d'états fini (FSM) (4 semaines)**

- Introduction : structure de Mealy et Moore
- Représentation d'une machine FSM
- Exemples de conception de FSM

#### **Mode d'évaluation:**

Examen : **60%**, Contrôle Continue : **40%**

#### **Références bibliographiques:**

[1]. Volnei A. Pedroni, « *Circuit Design with VHDL* », MIT Press, 2004.

[2]. Volnei A. Pedroni, « *Circuit Design and Simulation with VHDL* », 2<sup>ème</sup> édition, MIT Press, 2010.

[3]. Bryan Mealy, Fabrizio Tappero, « *Free Range VHDL* », 2018

[4]. Pong P. Chu, « *FPGA prototyping by vhd examples : Xilinx Spartan™-3 Version* », John Wiley & Sons, 2008.

[5]. Jacques Weber, Sébastien Moutault, Maurice Meaudre, « *Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage* », Dunod, 2007.

[6]. 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 récurrents 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", 8e 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:

Analyse temporelle et fréquentielle des systèmes asservis continus, Représentations graphique et d'état, 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 : Théorème de Shannon, bloqueurs d'ordre zéro et d'ordre un, propriétés de la transformée en  $Z$ , Aperçu sur la transformée en  $Z$  modifiée et ses propriétés, ... Théorème de la valeur initiale et de la valeur finale d'un système échantillonné  
 Transferts échantillonnés, et équation aux récurrentes : Discrétisation d'un transfert continu, Représentation des systèmes discrets par des équations de récurrences, Propriétés, ...  
 Aperçu sur la transformation bilinéaire d'un transfert échantillonné : Relation entre l'asservissement des systèmes continus et l'asservissement des systèmes échantillonnés (étude de la stabilité d'un système échantillonné par le critère de Routh, ...).

#### **Chapitre 2 : Analyse des systèmes échantillonnés dans l'espace d'état**

**(5 Semaines)**

Discrétisation de l'équation d'état d'un système continu : Relation entre l'équation d'état d'un système continu et celle d'un système discret.  
 Représentation et résolution de l'équation d'état d'un système discret : Différentes formes de la matrice d'évolution (diagonale, compagne, observateur, contrôleur, observabilité et contrôlabilité).  
 Stabilité et précision d'un système discret : Racines de l'équation caractéristique, modes contrôlables, modes observables à partir de la représentation d'état des systèmes échantillonnés, Réponses d'un système échantillonné, Examen de stabilité par le critère de Jury, ...  
 Notions de gouvernabilité et d'observabilité pour les systèmes SISO et MIMO.

#### **Chapitre 3. Synthèse d'un contrôleur**

**(5 Semaines)**

Placement des pôles par retour d'état et par retour de sortie : synthèse de lois de commande simples  
 Estimateur d'état et de sortie : Cas états du système inaccessibles  
 Autres méthodes de synthèse : contrôleur PID numérique (structure à 1 degré de liberté), contrôleur RST (structure à 2 degrés de liberté).

### 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 Systèmes à microcontrôleurs**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

### **Objectifs :**

Cette matière est un complément destiné particulièrement à étayer et à bien appréhender la matière précitée "**UEF1.1.1 : Systèmes à microcontrôleurs**". Par ailleurs, elle offre aux étudiants la possibilité de manipuler d'une façon palpable les connaissances acquises à travers des exemples bien ciblés. En outre, il est préférable que l'étudiant puisse tirer parti des conceptions basées sur le microcontrôleur ATmega328P pour créer des applications fiables. On peut se donner pour objectif principal de permettre aux étudiants de créer leurs propres applications en fonction des exigences imposées par la conception elle-même.

### **Prérequis recommandés :**

Systèmes à microprocesseurs, Electronique numérique, FPGA, électronique de base, C embarqué, Grafcet.

### **Contenu principal :**

**TP 1 :** Tutoriel et prise en main de l'environnement IDE et Proteus (Instruction de base : If-Else, Switch-case, delay(), millis(), typedef, enum, struct, union).

**TP 2 :** Interruptions externes avec deux boutons poussoirs (pilotage de quatre leds avec des registres à décalage dans les deux sens).

**TP 3 :** Implémentation d'une machine à état fini en utilisant un simple bouton poussoir pour commander en PWM un moteur DC avec un pont-H à partir d'un module Analogique.

**TP 4 :** Conception et réalisation d'un gradateur de puissance (relais statique SSR) via l'interruption de Timer1 et l'interruption externe pour détecter le signal du passage par zéro.

**TP 5 :** Gestion d'un menu déroulant avec trois boutons poussoirs et affichage LCD2x16.

**TP 6 :** Commande d'un moteur pas-à-pas via Timer1 en mode CTC "*Clear Timer on Compare*".

**TP 7 :** Interfaçage ADC avec les amplificateurs opérationnels et les capteurs analogiques (Manipulation des registres internes).

**TP 8 :** Gestions multitâches en utilisant un pointeur sur fonction et l'interruption timer1 pour gérer le temps de défilement d'un groupe des diodes Leds.

**TP 9 :** Lecture/écriture des données d'une EEPROM interne et une EEPROM externes de type 24lc256 en utilisant le bus I<sup>2</sup>C.

**TP 10 :** Commande d'un moteur de type DC via le module Bluetooth "**HC-05**" en utilisant l'application MIT App Inventor «**Android**» .

**TP 11 :** Implémentation d'un contrôleur PID dédié à la régulation de la température en utilisant le capteur DS 18B20 et un relais statique SSR précité.

**TP 12 :** Echanges des données entre des plateformes de type Arduino (Slave) UNO et ESP32 (Master) en utilisant le Protocole de communication UART.

**TP 13 :** Echanges des données entre des plateformes de type Arduino (Clients) UNO et Raspberry pi 4 (Broker) en utilisant le protocole MQTT.

**TP 14 :** Echange des données entre Arduino et un Automate de type S7-1200 via le protocole Modbus TCP/IP pour commander un variateur de vitesse de type Micro master 420.

### **Mode d'évaluation :**

Contrôle Continue : 100%

### **Références bibliographiques :**

- [1] *.Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects; De John Boxall; No Starch Press 2013.*
- [2] *.C Programming for the Pc the Mac and the Arduino Microcontroller System; De Peter D Minns; AuthorHouse-2013*
- [3] *.Raspberry Pi for Arduino Users: Building IoT and Network Applications and Devices; De James R. Strickland; Apress-2018*
- [4] *.Practical AVR Microcontrollers: Games, Gadgets, and Home Automation with the microcontroller used in the Arduino; De Alan Trevennor; Apress-2012*
- [5] *.Advances in Smart System Technologies: Select Proceedings of ICFSST 2019;*
- [6] *.Publié par P. Suresh, U. Saravanakumar, Mohammed Saleh Hussein Al Salameh ; Springer Nature.*
- [7] *.INTRENET OF THINGS WITH ARDUINO AND BOLD IOT: With Arduino and Bolt;*
- [8] *.De Ashwin Pajankar ; Publié par BPB Publications 2018.*
- [9] *.Arduino: A Technical Reference: A Handbook for Technicians, Engineers, and Makers; De J. M. Hughes; "O'Reilly Media, Inc." 2016.*
- [10] *. Building Arduino PLCs: The essential techniques you need to develop Arduino-based PLCs; De Pradeeka Seneviratne; Apress-2017.*
- [11] *. Arduino Robot Bonanza; De Gordon McComb; McGraw Hill Professional-2013*
- [12] *. Arduino Sketch for ESP32 Development Workshop; Agus Kurniawan; Publié par PE Press-2018.*

**Semestre: 1**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.1**  
**Matière2 :TP FPGA et VHDL**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

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

Cette matière est construite autour de la matière « **UEF1.1.1 : Electronique numérique avancée : FPGA et VHDL** » ; elle permet aux étudiants d'appliquer les connaissances acquises sous forme d'exemples précis.

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

### **Connaissances préalables recommandées :**

Logique combinatoire et séquentielle.

### **Contenu de la matière:**

**TP1** : Présentation de l'outil de développement et de simulation : Altera Quartus II ou Xilinx ISE.

**TP2** : Exploitation de la carte de développement à travers un exemple donnée d'un additionneur.

**TP3** : Premiers exemples de circuit : multiplexeur, bascule D.

**TP4** : Compteur décimal 48 bits simple.

**TP5** : Compteur décimal 48 bits avec actions : activation, remise-à-zéro, charge.

**TP6** : Feu tricolore de circulation routière.

**TP7** : Multiplicateur/diviseur avec les registres à décalage.

**TP8** : Affichage série sur plusieurs 7 segments.

**TP9** : Horloge numérique.

**TP10** : Division de fréquence.

**TP11** : Division de fréquence commandable avec des boutons.

**TP12** : Affichage VGA.

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle Continue : **100%**

### **Références bibliographiques:**

[1] .Volnei A. Pedroni, « *Circuit Design with VHDL* », MIT Press, 2004.

[2] .Volnei A. Pedroni, « *Circuit Design and Simulation with VHDL* », 2ème édition, MIT Press, 2010.

[3] .Bryan Mealy, Fabrizio Tappero, « *Free Range VHDL* », 2018

- [4] .Pong P. Chu, « *FPGA prototyping by vhdl examples : Xilinx Spartan™-3 Version* », John Wiley & Sons, 2008.
- [5] .Jacques Weber , Sébastien Moutault, Maurice Meaudre, « *Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage* », Dunod, 2007.
- [6] .Christian Tavernier, « *Circuits logiques programmables* », Dunod 1992.

**Semestre: 1**

**Unité d'enseignement: UEM1.1**

**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] . 2. N. Hermann, "Probabilités de l'ingénieur : variables aléatoires et simulations Bouleau", 2002.

[3] . 3. M. Kunt, "Traitement Numérique des Signaux", Dunod, Paris, 1981.

[4] . 4. M. Bellanger, "Traitement numérique du signal : Théorie et pratique", 8e édition, Dunod, 2006

**Semestre : 1**  
**Unité d'enseignement : UEM 1.1**  
**Matière 4 : Programmation C++ Embarquée**  
**VHS : 37h30 (Cours : 1h30, TP : 1h00)**  
**Crédits : 3**  
**Coefficient : 2**

### Objectifs de l'enseignement :

C++ fait partie des langages incontournables, c'est l'un des langages les plus utilisés dans l'industrie. Ceci s'explique par la puissance du langage **objet**, sa polyvalence, et par ses performances d'exécution. Cette matière a pour objectif de découvrir le langage avec un focus sur son utilisation spécifique sur les systèmes embarqués. L'étudiant pourra assimiler les concepts objets, découvrir et mettre en œuvre le langage C++ dans les projets et acquérir un début d'autonomie dans ce langage.

### Connaissances préalables recommandées :

Systèmes numériques, programmation C.

### Contenu de la matière:

#### **Chapitre 1. Le langage C++ - introduction (1 semaine)**

Historique, comparaison aux autres langages, utilisation de ce langage dans l'industrie, norme et version de C++ (C++98 • C++03 • C++11 • C++14 • C++17 • C++20), nouvelles fonctionnalités du langage

#### **Chapitre 2. Compilateur (1 semaine)**

- Compilateur open source GCC/G++
- Compilateur croisé x86/ARM
- Linkage dynamique et statique
- Débogage
- Makefile

#### **Chapitre 3. Types, Constantes, Variables (1 semaine)**

Références et Pointeurs, déclaration, portée, initialisation, tableau : déclaration, initialisation, espace de nommage, allocation dynamique

#### **Chapitre 4. Notion d'objet (2 semaines)**

- Du C vers C++, Classes et Objets
- Protection, Accès
- Variable d'instance, Constructeur, Destructeur
- Surchage
- Opérateur "This"
- Objet et modélisation UML/SysML
- Génération de code automatique

#### **Chapitre 5. Classes dérivées (1 semaine)**

- Héritage et instanciation
- Amis
- Classe virtuelle
- Héritage multiple

#### **Chapitre 6. Surchage des Opérateurs (1 semaine)**

- Opérateur Fonctions
- Surchage
- Fonction amie, Classe amie

#### **Chapitre 7. Contrôle de flux (1 semaine)**

Entrées, Sorties, État, Surchage, Gestion de fichier

#### **Chapitre 8. Exceptions (1 semaine)**

Définition d'une exception, Interception

**Chapitre 9. Structure de données et STL**

**(1 semaine)**

Vecteur, Map, List, Pile, Algo standard

**Chapitre 10. Particularité du C++ embarqué**

**(1 semaine)**

- Librairie std
- Compilation et linkage
- Règles de codage spécifique
- Classe virtuelle

**Chapitre 11. Multithreading**

**(2 semaines)**

- Attribut thread\_local
- Classe thread, Classe mutex
- Sémaphore vs Mutex
- Conditions, Verrous, future et promise
- Opérateur et opération atomique

**Chapitre 12. Smart Pointers**

**(1 semaine)**

- Dépréciation de auto\_ptr
- unique\_ptr,
- shared\_ptr
- weak\_p

**Chapitre 13. Principe sur les templates**

**(1 semaine)**

- Notion de programmation générique
- Classe de modèles
- Fonctions de modèles

**Mode d'évaluation :**

Examen: **60%**, Contrôle Continue : **40%**

**Références bibliographiques:**

- [1]. Michael Barr, Anthony Massa, *Programming embedded systems: in C and C++, 2ème edition*, O'Reilly, 2006.
- [2]. Igor Viarheichyk, *Embedded Programming with Modern C++ Cookbook: Practical recipes to help you build robust and secure embedded applications on Linux*, 1st Edition, Kindle Edition, ISBN-13: 978-1838821043
- [3]. Arkady Miasnikov, *C++ for embedded systems*, Kindle Edition, 2015
- [4]. Christopher Kormanyos, *Real-time C++: Efficient Object-oriented and Template Microcontroller Programming*, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co, 2015

**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 : Architecture des Processeurs pour l'Embarqué**

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

**Crédits : 6**

**Coefficient : 3**

### Objectifs de l'enseignement :

Cette matière permet aux étudiants d'apprendre en moins de temps comment exploiter l'architecture des processeurs ARM très utilisée dans les systèmes embarqués. Une première partie montrant comment configurer et travailler avec l'environnement de développement de la plateforme STM32. Une seconde partie présente les bases de la programmation et les principaux aspects de l'officiel HAL (Hardware Abstraction Layer). Vers la fin, une partie plus avancée couvrant des aspects tels que l'utilisation d'un système d'exploitation en temps réel, des applications avancés comme l'IoT et l'USB.

L'application du contenu de cette matière s'effectue au niveau de la matière « **UEM1.2 : TP Architecture de microprocesseurs pour l'Embarqué** ».

### Connaissances préalables recommandées :

Systèmes à microprocesseurs, Systèmes à microcontrôleurs, Programmation en C/C++ embarqué, Electronique numérique : FPGA & programmation VHDL.

### Contenu de la matière:

#### **Chapitre 1. Introduction aux processeurs ARM-Cortex**

**(4 semaines)**

- Les différents types de processeur ARM-Cortex
- Architecture des processeurs ARM Cortex
- Les registres
- La mémoire
- Le pipeline
- Les interruptions et les exceptions
- Le jeu d'instructions
- Les performances
- Introduction aux familles STM32.
- L'environnement de développement SM32CubeIDE.
- Aperçu sur la carte de développement Nucléo.

#### **Chapitre 3. Exploitation des processeurs ARM-Cortex**

**(8 semaines)**

- Configuration des ports d'entrées/sorties
- Gestion des interruptions
- Communication UART
- Gestion de la DMA
- Gestion de l'horloge
- Utilisation des Timers
- Conversion analogique numérique
- Conversion numérique analogique
- Communication I<sup>2</sup>C
- Communication SPI

- Calcul des CRC (Cyclic Redundancy Check)
- Utilisation du Watchdog Timer
- L'horloge temps réel

#### **Chapitre 4. Applications avancées des processeurs ARM-Cortex**

**(3 semaines)**

- FreeRTOS
- Développement IoT
- Développement USB

#### **Mode d'évaluation:**

Examen : **60%**, Contrôle Continue : **40%**

#### **Références bibliographiques:**

- [1]. Carmine Noviello, « *Mastering STM32 : A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using the official STM32Cube development environment* », 2ème édition, Lean Pub, 2022.
- [2]. Donald Norris, « *Programming With STM32: Getting Started With the Nucleo Board and C/C++* », McGraw-Hill, 2018.
- [3]. Yifeng Zhu, « *Embedded systems with ARM Cortex-M Microcontrollers in assembly language and C* », 3ème édition, E-Man Press LLC, 2017.
- [4]. Joseph Yiu, « *Definitive guide to ARM Cortex-M23 and Cortex-M33 processors* », Elsevier, 2021.
- [5]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M0 and Cortex-M0+ Processors* », 2ème édition, Elsevier, 2015.
- [6]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors* », 3ème édition, Elsevier, 2014.
- [7]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M0* », Elsevier, 2011.
- [8]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M3* », 2ème édition, Elsevier, 2010.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEF 1.2.1**  
**Matière 2: Processeurs numériques du signal (DSP)**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

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

Généralités sur les processeurs DSP, Rappels sur la numérisation des signaux (échantillonnage, quantification), 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 2 : Architecture des DSP TMS320C6x (4 semaines)**

Architecture interne du C6000, le processeur, cartographie mémoire, unités fonctionnelles, paquets *fetch* et exécution, 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 3 : Algorithmes de traitement du signal sur DSP (5 semaines)**

Adéquation algorithme-architecture. Problèmes de quantification, contraintes temps-réel, gestion des entrées/sorties. Présentation des modes d'adressage (indirect, circulaire, inversé). Implémentation Filtrage RIF et RII. Buffers à décalage et circulaire, Implémentation de la FFT sur DSP (Adressage inversé).

#### **Chapitre 4 : Techniques avancées de gestion mémoire DSP (4 semaines)**

Présentation des mémoires internes (niveaux L1 et L2) et des mémoires externes (SRAM, Flash, DDRAM, ...). Gestion des sections mémoires via le fichier \*.cmd (organisation des sections). Gestion de la mémoire externe par L'EMIF (*External Memory InterFace*). Technique de transfert par blocs. Organisation des données pour l'EDMA. Paramètres et options pour l'EDMA. Exemple de transfert de données en utilisant le contrôleur DMA.

### **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. Lasplesley, 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 : 02**  
**Unité d'enseignement : UEF 1.2.2**  
**Matière3 : Intelligence artificielle en embarqué**  
**VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)**  
**Crédits: 4**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

Permettre aux étudiants de se familiariser avec les techniques de l'intelligence artificielle (IA) ainsi que ses applications dans les systèmes embarqués.

**Connaissances préalables recommandées:**

Cette matière exige des connaissances préalables sur les méthodes d'analyse numérique avancée, programmation C, MatLab ou Python.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Introduction à l'intelligence artificielle et les systèmes embarqués (02 semaines)**

Intelligence Artificielle (IA) ; Domaines d'application ; Principales techniques liées à l'intelligence artificielle ; Avantages et inconvénients de l'IA ; Systèmes embarqués ; Les systèmes embarqués et les perspectives de l'IA ; Défis de mise en œuvre de l'intelligence artificielle dans la conception embarquée.

**Chapitre 2. Méthodes d'apprentissage automatique et profond (05 semaines)**

Apprentissage supervisé ; Apprentissage non supervisé ; Apprentissage semi-supervisé ; Apprentissage par renforcement ; Méthodes d'ensemble en apprentissage automatique (bagging, boosting et stacking), Réseaux de neurones (MLP, RBF, RNN, BNNs...) ; Réseaux de neurones convolutif (CNN), réseaux de neurone profond (DCNN, VGG-16, ResNet, LSTM, GRU, ...).

**Chapitre 3. Application d'apprentissage automatique et profond (05 semaines)**

Exemples simple d'application des algorithmes d'apprentissage automatique (Naive-Bayes, Decsion Tree, Random forest, k-NN, K-Means, svm, PCA, Q-Learning,... ) et d'apprentissage profond dans les problèmes de régression, classification, contrôle, partitionnement de données et réduction de dimensions.

*Applications* : le traitement du signal (audio,..), imagerie (détection d'objet, reconnaissance de forme, segmentation ..), langage naturel, traduction de texte, détection, diagnostic, contrôle, etc...

**Chapitre 4 Implantation d'apprentissage automatique et profond dans les systèmes embarqués (03 semaines)**

Concepts de base sur l'apprentissage automatique embarqué ; Elagage ; Quantification et précision mixte ; Architectures embarquées destinées au apprentissage automatique et profond ; Approches reconfigurables (FPGAs), approches CPUs, et GPUs ; Approches microcontrôleurs ; Approches orientées accélérateurs ; Implantation efficace d'unités MAC (multiply-accumulate) ; Optimisations au niveau logiciel et au niveau matériel ; Principaux niveaux d'abstractions ; TinyML ; Cartes embarqué Coral, Jetson Nano, Raspberry Pi, ...

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

**Références biblio-webo graphiques:**

- [1]. Warden, P. and Situnayake, D., 2019. *Tinyml: Machine learning with tensorflow lite on arduino and ultra-low-power microcontrollers*. O'Reilly Media.
- [2]. Paluszek, Michael, and Stephanie Thomas. *MATLAB machine learning*. Apress, 2016.
- [3]. Raschka, S., 2015. *Python machine learning*. Packt publishing ltd.
- [4]. Liu, Y.H., 2017. *Python Machine Learning By Example*. Packt Publishing Ltd.
- [5]. Ketkar, N. and Santana, E., 2017. *Deep learning with Python (Vol. 1)*. Berkeley: Apress.
- [6]. Kim, P., 2017. *Matlab deep learning. With machine learning, neural networks and artificial intelligence*, 130(21).
- [7]. Warwick, K., 2013. *Artificial intelligence: the basics*. Routledge.
- [8]. Gajski, D.D., Abdi, S., Gerstlauer, A. and Schirner, G., 2009. *Embedded system design: modeling, synthesis and verification*. Springer Science & Business Media.
- [9]. Arora, Mohit. *Embedded system design: Introduction to SoC system architecture*. Learning Bytes Publishing, 2016.
- [10]. Parab, J., Shinde, S.A., Shelake, V.G., Kamat, R.K. and Naik, G.M., 2008. *Practical aspects of embedded system design using microcontrollers*. Springer Science & Business Media.
- [11]. Alippi, C., 2014. *Intelligence for embedded systems (pp. 1-283)*. Berlin: Springer.

**Semestre : 2**  
**Unité d'enseignement : UEF1.2.2**  
**Matière4 : Automates Programmables Industriels**  
**VHS : 45 h 00 (Cours : 1h 30, TD : 1h 30)**  
**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 (2 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 (5 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 : Visualisation de processus (3 semaines)**

Introduction aux systèmes IHM (Interface Human Machine) et SCADA, représentation et commande de processus, affichage d'alarmes, recettes, archivage, gestion des utilisateurs, .... Exercices d'application.

#### **Chapitre 5 : Automate programmable dédié à la sécurité (2 semaines)**

Architecture, commande de processus et de machine, gestion des fonctions de sécurité.

### **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, Educavivres 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. Page | 50
- [11]. P. Ladet, *Outils de modélisation des automatismes séquentiels, Les réseaux de Pétri, Techniques de l'ingénieur*, 1990.
- [12]. *Support d'apprentissage/ de formation siemens, Module 041-101 TIA Portal WinCC Basic avec KTP700 Basic et SIMATIC S7-1200.*
- [13]. *CEI 61508-2 Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/ électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité.*

**Semestre : 2**  
**Unité d'enseignement : UEF 1.2**  
**Matière 1 : TP Architecture des Processeurs pour l'Embarqué**  
**VHS : 22h30 (TP : 1h30)**  
**Crédits : 2**  
**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Cette matière est construite autour de la matière « **UEF1.2.2 : Architecture de Microprocesseurs pour l'Embarqué** » ; elle permet aux étudiants d'appliquer les connaissances acquises sous forme d'exemples précis.

**Connaissances préalables recommandées :**

Systèmes à microprocesseurs, logique combinatoire et séquentielle, électronique fondamentale, électronique de puissance.

**Contenu de la matière:**

**TP 1 :** Introduction à la carte de développement STM Nucleo

**TP 2 :** Prise en main de l'environnement SM32CubeIDE.

**TP 3 :** Implémentation d'un projet simple (clignotement d'une LED) sur la carte STM Nucleo

**TP 4 :** Développement d'un projet avec plusieurs entrées/sorties : poussoirs, LED, ...

**TP 5 :** Développement d'un projet avec des interruptions

**TP 6 :** Configuration et utilisation des périphériques Timers.

**TP 7 :** Transmission et réception avec une communication série USART

**TP 8 :** Conversion analogique numérique

**TP 9 :** Variation de la largeur d'impulsion PWM

**TP 10 :** Démonstration du fonctionnement DMA

**TP 11 :** Conversion numérique analogique

**Mode d'évaluation:**

Contrôle Continue : **100%**

**Références bibliographiques:**

[1]. Carmine Noviello, « *Mastering STM32 : A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using the official STM32Cube development environment* », 2ème édition, Lean Pub, 2022.

[2]. Donald Norris, « *Programming With STM32: Getting Started With the Nucleo Board and C/C++* », McGraw-Hill, 2018.

- [3]. Yifeng Zhu, « *Embedded systems with ARM Cortex-M Microcontrollers in assembly language and C* », 3ème édition, E-Man Press LLC, 2017.
- [4]. Joseph Yiu, « *Definitive guide to ARM Cortex-M23 and Cortex-M33 processors* », Elsevier, 2021.
- [5]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M0 and Cortex-M0+ Processors* », 2ème édition, Elsevier, 2015.
- [6]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors* », 3ème édition, Elsevier, 2014.
- [7]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M0* », Elsevier, 2011.
- [8]. Joseph Yiu, « *The definitive guide to ARM Cortex-M3* », 2ème édition, Elsevier, 2010.

**Semestre: 2**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière 2: 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. 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: 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.

#### **TP3: Génération de signaux avec la DSKTMS320C6x**

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

#### **TP4: Implémentation de filtres numériques par la DSKTMS320C6x**

Filtres IIR et RIF.

#### **TP 5 Implémentation de la Transformée de Fourier discrète et rapide**

TFD et TFR

#### **TP5: 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.

### **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.

**Semestre: 02**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière :TP Intelligence artificielle**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30)- Une fois par quinzaine**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

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

Permettre aux étudiants de se familiariser avec l'application des techniques de l'intelligence artificielle (IA) dans les systèmes embarqués. Se familiariser avec les bibliothèques ML et DL à savoir Keras, Scikit-learn, Tensorflow, etc. sous python ainsi que leur implantation sur des cartes de développement (MC, Raspberry Pi, ou FPGA).

### **Connaissances préalables recommandées:**

Cette matière exige des connaissances préalables sur les langages de programmation tel que le C, VHDL, MatLab ou Python.

### **Contenu de la matière:**

TP1. Présentation de kit de développement, le langage de programmation (bibliothèques, toolboxes,...), et les bases de données (open sources).

TP2. Application de l'apprentissage automatique (k-NN, RF, SVM,...) dans les problèmes de régression, classification, contrôle, partitionnement de données et réduction de dimensions.

TP3. Application de l'apprentissage profond (DCNN, VGG-16,...) dans l'imagerie (détection d'objet, classification ...), langage naturel, traduction de texte, détection des anomalies, et diagnostic.

TP4. Exemples sur l'implantation d'apprentissage automatique et profond dans les systèmes embarqués (carte embarqué Coral, Jetson Nano, Arduino, FPGA, Raspberry Pi, ...)

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100%

### **Références biblio-webo graphiques:**

- [1]. Warden, P. and Situnayake, D., 2019. *Tinymml: Machine learning with tensorflow lite on arduino and ultra-low-power microcontrollers*. O'Reilly Media.
- [2]. Paluszek, Michael, and Stephanie Thomas. *MATLAB machine learning*. Apress, 2016.
- [3]. Liu, Y.H., 2017. *Python Machine Learning By Example*. Packt Publishing Ltd.
- [4]. Ketkar, N. and Santana, E., 2017. *Deep learning with Python (Vol. 1)*. Berkeley: Apress.
- [5]. Kim, P., 2017. *Matlab deep learning. With machine learning, neural networks and artificial intelligence*, 130(21).
- [6]. Gajski, D.D., Abdi, S., Gerstlauer, A. and Schirner, G., 2009. *Embedded system design: modeling, synthesis and verification*. Springer Science & Business Media.
- [7]. Arora, Mohit. *Embedded system design: Introduction to SoC system architecture*. Learning Bytes Publishing, 2016.
- [8]. Parab, J., Shinde, S.A., Shelake, V.G., Kamat, R.K. and Naik, G.M., 2008. *Practical aspects of embedded system design using microcontrollers*. Springer Science & Business Media.
- [9]. Alippi, C., 2014. *Intelligence for embedded systems (pp. 1-283)*. Berlin: Springer.

**Semestre: 02**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière :TP Automates Programmables Industriels**  
**VHS: 22h30 (TP: 1h30) - Une fois par quinzaine**  
**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:**

- ✓ Microcontrôleurs ;
- ✓ API ;
- ✓ Grafcet ;
- ✓ Ladder.

### **Contenu de la matière: Choisir au moins 5 TPs.**

TP01 : Prise en main de l'environnement API : Simulation d'un système automatisé, Revue des différents logiciels. Introduction au logiciel Step7 de Siemens

TP02 : Mise en oeuvre 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).

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:**

[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, *Grafcet et logique industrielle programmée*, Eyrolles, 1980.

[7] . J.C Bossy, P. Brard, P. Faugère, C. Merlaud, *Le Grafce : sa pratique et ses applications*, Educalivre Ed. Casteilla, 1995.

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.2**  
**Matière : Programmation Python/Java pour les systèmes embarqués**  
**VHS: 37h50 (Cours: 1h30 , TP: 1 h )–Choisir entre Python ou Java**  
**Crédits: 3**  
**Coefficient: 2**

### Objectifs de l'enseignement:

Selon l'IEEE Python et Java sont les Meilleurs langages de programmation en 2021. Python est un langage de programmation très répandu et facile à apprendre. Il est adapté aussi bien aux débutants qu'aux experts pour sa simplicité, sa syntaxe lisible et sa variété d'usage. Il s'impose dans tous les domaines: l'embarqué, un développeur web, un analyste, un data scientist ou un expert marketing,..etc. 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 (langage Pasacal/Matlab,/Langage C) ;
- ✓ Infomatique 1, Informatique 2, Informatique 3 ;

### Contenu de la matière:

## I) Python (Choisir entre Python ou Java):

<b>Chapitre 1. Installer et utiliser Python</b>	<b>(1 semaine)</b>
<b>Chapitre 2. Notions de base</b>	<b>(2 semaines)</b>
<i>2-A. Mode interactif et mode script ,</i>	
<i>2-A-1. Calculatrice Python,</i>	
<i>2-A-2. L'utilisation des opérateurs: +, -, *, /, //, %, et **,</i>	
<i>2-A-3.c Priorité</i>	
<i>2-B. Variable et type de donnée :</i>	
<i>2-B-1. Initialisation de variable, Modification de variable, Affectation composée</i>	
<i>2-B-2. Type de donnée:(. Nombre, Caractère, Chaîne de caractères )</i>	
<i>2-B-3. Conversion (fonction str)</i>	
<i>2-C. Fonction prédéfinie</i>	
<i>2-C-1. Utiliser les fonctions du module math (abs, max, min, pow, round, sin, sqrt, log, exp, acos, etc)</i>	
<i>2-C-2. Fonction print</i>	
<i>2-C-3. Sortie formatée (utiliser la fonction format)</i>	
<i>2-C-4. Fonction input</i>	
<i>2-C-5. Importation de fonction</i>	
<i>2-D. Code source</i>	
<i>2-D-1. Règle de nommage des variables</i>	
<i>2-D-2. Commentaire</i>	
<b>Chapitre 3. Les structures conditionnelles</b>	<b>(1 semaine)</b>
<i>(Forme minimale en if, forme if-else, forme complète if- elif- else)</i>	
<i>Les limites de la condition simple en if</i>	
<i>Les opérateurs de comparaison</i>	
<i>Prédicats et booléens</i>	
<i>Les mots-clés and, or et not</i>	
<b>Chapitre 4. Les boucles</b>	<b>(1 semaine)</b>
<i>La boucle while</i>	
<i>La boucle for</i>	

*Les boucles imbriquées*

*Les mots-clés break et continue*

**Chapitre 5. Les fonctions**

**(1 semaine)**

*La création de fonctions*

*Valeurs par défaut des paramètres*

*Signature d'une fonction*

*L'instruction return*

*Les modules,*

*La méthode import*

*La méthode d'importation : from ... import ...*

*Les packages*

*Importer des packages*

*Créer ses propres packages*

**Chapitre 6: Les listes et tuples**

**( 2 semaines)**

*Création et éditions de listes*

*Définition d'une liste, Création de listes*

*Insérer des objets dans une liste*

*Ajouter un élément à la fin de la liste*

*Insérer un élément dans la liste*

*Concaténation de listes*

*Suppression d'éléments d'une liste*

*Le mot-clé del*

*La méthode remove*

*Le parcours de listes*

*La fonction enumerate*

*Création de tuples*

**Chapitre 7 : Les dictionnaires**

**( 2 semaines)**

*Création et édition de dictionnaires*

*Créer un dictionnaire*

*Supprimer des clés d'un dictionnaire*

*Les méthodes de parcours*

*Parcours des clés*

*Parcours des valeurs*

*Parcours des clés et valeurs simultanément*

*Les dictionnaires et paramètres de fonction*

**Chapitre 8: Objets et classes**

**(3 semaines)**

*Décrire des objets et des classes, et utiliser des classes pour modéliser des objets*

*Définir des classes avec des champs de données et des méthodes.*

*Construire un objet à l'aide d'un constructeur qui invoque l'initialiseur pour créer et initialiser les champs de données.*

**Chapitre 9 : Les fichiers**

**(2 semaines)**

*Chemins relatifs et absolus*

*Lecture et écriture dans un fichier*

*Ouverture du fichier*

*Fermer le fichier*

*Lire l'intégralité du fichier*

*Écriture dans un fichier*

*Écrire d'autres types de données*

*Le mot-clé with*

*Enregistrer des objets dans des fichiers*

*Enregistrer un objet dans un fichier*

**II) Java (Choisir entre le Python ou le Java) :**

**Chapitre 1:Introduction à Java**

**( 1 semaine)**

**Chapitre 2: Les instructions de contrôle**

**( 3 semaines)**

A) Les instructions de choix : L'instruction *if* (Le *if* simple, Le *if* avec *partie else*, *ifs* imbriqués et *if-else if*),  
 2.4 Opérateurs logiques, L'instruction *switch*, Opérateurs conditionnels, 2.7 Priorité et associativité des opérateurs

B) Les boucles

2.9 La boucle *while*

2.10 La boucle *do...while*

2.11 La boucle *for*

2.12 Boucles imbriquées

2.13 Les mots-clés *break* et *continue*

L'instruction *break*

L'instruction *break* avec étiquette

L'instruction *continue*

L'instruction *continue* avec étiquette

### **Chapitre 3: Fonction mathématiques, Caractères et Chaînes de caractères**

**( 3 semaines)**

3.2 Fonctions mathématiques couramment utilisées

3.2.1 Méthodes trigonométriques

3.2.2 Méthodes des exposants (les Exponentielles et les puissances)

3.2.3 Les méthodes d'arrondis

3.2.4 Les méthodes min, max et abs

3.2.5 La méthode random

3.3 Type de données de caractères et opérations

3.4 Le type String

3.4.1 Obtention de la longueur d'une chaîne

3.4.2 Obtention de caractères d'une chaîne

3.4.3 Concaténation des chaînes de caractères

3.4.4 Conversion des chaînes de caractères

3.4.5 Lecture d'une chaîne depuis le clavier

3.4.6 Lecture d'un caractère depuis le clavier

3.5 Sortie formatée sur écran (instruction System.out.printf)

### **Chapitre 4: Les méthodes**

**( 2 semaines)**

4.2 Définition d'une méthode

4.3 Appel d'une méthode

4.4 Méthodes *void* et méthodes permettant un retour de valeur

4.5 Passage des paramètres par valeurs

4.6 Portée des variables

4.7 La surcharge de méthode

### **Chapitre 5: Les tableaux**

**( 3 semaines)**

A) Tableaux unidimensionnels

5.2 Notions de base sur les tableaux

5.2.1 Déclaration des tableaux

5.2.2 Création de tableaux

5.2.3 Taille du tableau et valeurs par défaut

5.2.4 Accès aux éléments du tableau

5.2.5 Initialisateurs de tableaux

5.2.6 Boucle *foreach*

5.3 Transmettre des tableaux aux méthodes

5.4 Retourner un tableau à partir d'une méthode

5.5 Listes d'arguments à longueur variable

B) Tableaux bidimensionnels

5.7 Notions de base sur les tableaux bidimensionnels

5.7.1 Déclaration et création de tableaux bidimensionnels

5.7.2 Obtention des longueurs des tableaux bidimensionnels

5.7.3 Tableaux déchetés (dentelés)

C) Tableaux multidimensionnels

### **Chapitre 6: Objets et Classes**

**( 3 semaines)**

6.2 Définition des classes pour les objets

6.3 Exemple : Définition des classes et création des objets

- 6.4 Construction d'objets à l'aide de constructeurs
- 6.5 Accès aux objets via les variables de référence
  - 6.5.1 Variables de référence et types de référence
  - 6.5.2 Accès aux données et aux méthodes d'un objet
- 6.6 Variables statiques, constantes et méthodes statiques

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: ...40 % ; Examen: 60 %.

### **Références bibliographiques:**

- [1]. Allen B. Downey *Think Python: How to Think Like a Computer Scientist*, O'Reilly Media, 2015;
- [2]. Zed A. Shaw *Learn Python 3 the Hard Way: A Very Simple Introduction to the Terrifyingly Beautiful World of Computers and Code*, Addison-Wesley Professional, 2017;
- [3]. Barry, P. *Head first Python: A brain-friendly guide*. " O'Reilly Media, Inc.", 2016;
- [4]. Ramalho, L.. *Fluent Python*. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;
- [5]. Swinnen, G.. *Apprendre à programmer avec Python 3*. Editions Eyrolles, 2012;
- [6]. Le Goff, V.. *Apprenez à programmer en Python*. Editions Eyrolles, 2019;
- [7]. Matthes, E. *Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming*. no starch press, 2019;
- [8]. Harvey Deitel, *Java: How to Program*, 9th Edition, Prentice Hall.;
- [9]. Robert Sedgewick and Kevin Wayne, *Introduction to Programming in Java: An Interdisciplinary Approach*, Addison Wesley, 2007;
- [10]. Claude Delannoy, *Programmer en Java*, Editions Eyrolles ;
- [11]. J. Hunter, *Java servlets*, O'Reilly ;
- [12]. P. Niemeyer, J. Knudsen, *Introduction à Java*, Ed. O'Reilly

**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 : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.**

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

**Crédit : 1**

**Coefficient : 1**

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

Développer la sensibilisation des étudiants au respect des principes éthiques et des règles qui régissent la vie à l'université 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, les alerter sur les enjeux éthiques que soulèvent les nouvelles technologies et le développement durable.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Ethique et déontologie (les fondements)

### **Contenu de la matière :**

#### **A. Respect des règles d'éthique et d'intégrité,**

**1. Rappel sur la 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,

**2. Recherche intègre et responsable**

- Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche
- 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
- 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.

**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)

#### **B- Propriété intellectuelle**

##### **I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle**

- 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**

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

Introduction. Droit d'auteur des bases de données, droit d'auteur des logiciels. 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. Droits dans un brevet. Utilité d'un brevet. La brevetabilité. Demande de brevet en Algérie et dans le monde.

## III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

Comment protéger la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique. Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

## C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

Lien entre éthique et développement durable, économie d'énergie, bioéthique et nouvelles technologies (intelligence artificielle, progrès scientifique, Humanoïdes, Robots, drones,

### 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, littératie 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 Chiriach, 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 temps réel**  
**VHS : 67h30 (Cours : 3h00, TD : 1h30)**  
**Crédits : 6**  
**Coefficient : 3**

### 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:

- ✓ Conception des systèmes à microprocesseurs;
- ✓ Programmation informatique;

### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1 : Généralités, concept et terminologies sur les systèmes d'exploitation (01 semaines)**

- Rappels sur l'architecture d'un ordinateur.
- Le système d'exploitation (définition, rôle, structure etc....)
- Notions d'instruction et de Macro-instruction
- Programme, Processus, Fonction ...

#### **Chapitre 2 : Introduction aux systèmes temps réel (01 semaines)**

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

#### **Chapitre 3 : Ordonnancement dans les systèmes d'exploitation classiques (02 semaines)**

- Notion de processus et états des processus
- Opération sur les processus
- Critères d'ordonnancement des processus
- Algorithme d'ordonnancement FCFS, SJF, SRTF & Round Robin

#### **Chapitre 4 : Ordonnancement en temps réel (04 semaines)**

- Notion de tâches en temps réel. Modélisation et caractérisation des tâches.
- Ordonnancement des tâches indépendantes
- Ordonnancement des tâches dépendantes
- Ordonnancement en situation de surcharge

#### **Chapitre 5 : Ordonnancement en temps réel multiprocesseur (02 semaines)**

- Position et formulation du problème
- Comparatif avec l'ordonnancement monoprocesseur
- Anomalies de l'ordonnancement multiprocesseur
- Conditions d'ordonnancement
- Les algorithmes Earliest Deadline et Least Laxity

#### **Chapitre 6 : Gestion de la mémoire et de la communication (03 semaines)**

- Gestion de la mémoire virtuelle et la mémoire physique (pagination, adressage, allocation .....
- problèmes de compétition, coopération, synchronisation

- Sémaphore, les moniteurs, ...
- Communication inter-tâches et messages

## Chapitre 7 : Programmation

(02 semaines)

- Introduction à la Programmation concurrente
- Gestion des aspects multitâches, Exclusion mutuelle, Synchronisation, Communication ...  
Programmation temps réel (JAVA temps réel, ADA)
- Exemples d'applications.

### Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

### Références bibliographiques:

- [1] . T. Shanley and D. Anderson, *PCI System Architecture*, Addison-Wesley.
- [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 2.1.1**  
**Matière 2 : Système de vision artificielle**  
**VHS: 45 h (Cours: 01h30 , TD: 01h30)**  
**Crédits:4**  
**Coefficient:2**

### Objectifs de l'enseignement :

Connaitre les composantes principales d'un système de vision artificielle ainsi que le rôle de chaque composante dans la conception de ce dernier. Etudier les outils permettant la reproduction automatique des tâches effectuées par le système visuel humain et interprétées par le cerveau.

### Connaissances préalables recommandées:

- ✓ Traitement du signal ;
- ✓ Traitement d'image.

### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1. Acquisition et numérisation de l'image (02 semaines)**

Composition fonctionnelle d'un système de vision artificielle, Définition de l'image, Capteurs d'images, numérisation de l'image, Vision humaine, Modélisation 3D et calibration de la caméra.

#### **Chapitre 2. Rappels sur le traitement d'image (02 semaines)**

Opérations ponctuelles (Transformation logarithmique, Inversion du contraste, modification de l'histogramme), Opérations locales (Filtrage spatial, filtrage fréquentiel)

#### **Chapitre 3. Contours et segmentation (03semaines)**

Détection de contours (Définition d'un contour, approche gradient, approche lapalucien, Filtrage de Canny, Filtrage LOG, Contours actifs) Segmentation (Seuillage d'histogramme, Approches régions)

#### **Chapitre 4. Mouvement (02semaines)**

Estimation de mouvement, flux optique, méthode de Horn & Schunk, Mise en correspondance par bloc  
Approche Gunnar Farneback

#### **Chapitre 5. Détection de caractéristiques (02 semaines)**

Définition d'un point d'intérêt, transformations géométriques, Détecteur de Moravec Détecteur de Harris ,SIFT

#### **Chapitre 6. Apprentissage machine (03semaines)**

Définition de l'apprentissage machine, classification supervisée (K-PPV, Naive bayes, SVM), classification non supervisée (K-Means, Fuzzy C-Means)

### Mode d'évaluation:

Contrôle continu : 40 % ; Examen : 60 %.

### Références bibliographiques :

- [1] .R.Gonzalez, Digital Image Processing, Upper Saddle River, N.J, Prentice Hall, 2002 (ISBN 978-0-201-18075-6).
- [2] .M.Bergounioux, Introduction au traitement mathématique des images : méthodes déterministes, vol. 76, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, coll. « Mathématiques et Applications », 19 mars 2015
- [3] .A. Herbulot, Mesures statistiques non-paramétriques pour la segmentation d'images et de vidéos et minimisation par contours actifs, Thèse de Doctorat soutenue à Université de Nice - Sophia Antipolis, le 10 octobre 2007

- [4]. C.Grava , *Compensation de mouvement par réseaux neuronaux cellulaires : Application en imagerie médicale*, Thèse de doctorat, soutenue à l'INSA de Lyon 2003.
- [5]. J-P. Cocquerez et S. Phillip, *Préface H.Maitre Analyse d'images : Filtrage et segmentation*, Edition Masson , 1995
- [6]. H. P. Moravec, "Towards Automatic Visual Obstacle Avoidance". In *Proceeding of Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Cambridge Massachusetts USA, pp. 584-587, 1977.
- [7]. C. Harris and M. Stephens. A combined corner and edge detector. In *Proceedings of The Fourth Alvey Vision Conference*, pages 147
- [8]. D.Lowe, *Object recogniton from local scale invariant features*. In *Proceedings of The IEEE international conference on computer vision*, 1999
- [9]. I. Rish, "An empirical study of the naive Bayes classifier". *IJCAI Workshop on Empirical Methods in Artificial Intelligence*
- [10]. V.Vapnik, « *Support Vector Regression Machines* ». *Advances in Neural Information Processing Systems 9*, NIPS 1996, 155-161, MIT Press. 1997
- [11]. E. Lebarbier, T. Mary-Huard, *Notes de cours, Classification non supervisée*, AgroParisTech, 2017

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

### Objectifs de l'enseignement:

Dans cette matière, les étudiants seront en mesure de spécifier et de produire sur une base Windows une application ou un système embarqué.

### Connaissances préalables recommandées:

Le contenu de cette matière suppose la maîtrise des techniques de programmation ainsi qu'une connaissance moyenne d'un système d'exploitation de type Windows ou Unix et de leurs couches réseau.

- ✓ Microcontrôleurs et Microprocesseurs
- ✓ Algorithmique ;
- ✓ Programmation ASM,C/C++,...etc.
- ✓ Notion de base des systèmes d'exploitation
- ✓ Logiciels de développements intégré(Proteus Tool suite,Mplab,CCS)

### Contenu de la matière:

#### **Chapitre 1. Introduction aux systèmes embarqués (2 semaines)**

- 1.1. Historique des systèmes embarqués
- 1.2. Définition des systèmes embarqués
- 1.3. Développement de systèmes embarqués
- 1.4. Caractéristiques des systèmes embarqués
- 1.5. Quelques propriétés des systèmes embarqués
- 1.6. Contraintes de conception d'un système embarqué
- 1.7. Quelques exemples de systèmes embarqués
- 1.8. Domaines d'application des systèmes embarqués :
- 1.9. Les défis de l'embarqué :

#### **Chapitre 2. Architecture des Systèmes Embarqués (4 semaines)**

- 2.Aspect matériel d'un système embarqué
- 2.2 Architecture de Von Neumann
- 2.3 Architecture de Harvard
- 2.4 Le microcontrôleur et sa structure interne
- 2.5 La structure d'un programme en assembleur pour PIC
- 2.6 La gestion des interruptions PIC16F84
- 2.7 La gestion des minuteries internes du PIC16F84  
(Temporisation et comptages d'impulsions)
- 2.8 Exemple pratique d'un système embarqué à base de microcontrôleur

#### **Chapitre 3. Langages de Programmation pour systèmes embarqués (3 semaines)**

- 4.1 Les Règles de bases du compilateur C-PCW de CCS
- 4.2 Les variables et les constantes
- 4.3 Les opérateurs du langage C-CCS
- 4.4 Les structures répétitives.
- 4.5 Les fonctions C-CCS adaptées aux microcontrôleurs

- 4.6 La gestion de E/S
- 4.7 La gestion des temporisations
- 4.8 La gestion des interruptions
- 4.9 La gestion de la liaison série
- 4.10 Exemples

**Chapitre 4. Système d'exploitation pour l'embarqué et multitâches (4semaines)**

- 5.Introduction
- 5.2 Machine d'état
- 5.3 Notions de systèmes d'exploitation temps réel pour l'embarqué(RTOS)
  - 5.3.1 L'ordonnanceur( The scheduler)
  - 5.3.2 Services RTOS
  - 5.3.3 Outils de synchronisation et de transmission de messages
  - 5.3.4 exemple d'application

**Chapitre 5. Etude de cas :développement d'une application embarquée telle que l'implémentation d'un correcteur PID pour la régulation de la température (2semaines)**

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen : 60%.

**Références bibliographiques:**

- [1] . <http://beru.univ-brest.fr/~singhoff/supports.html>
- [2] . Tim Wilmshurst., *Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers : Principles and applications.*
- [3] . Christian Tavernier , *Microcontrôleurs AVR : des ATtiny aux ATmega - Description et mise en œuvre*
- [4] . Christian Tavernier , *Microcontrôleurs Pic 18 - Description Et Mise En Oeuvre*
- [5] . Alexandre Nketsa ; *Circuits logiques programmables : Mémoires PLD, CPLD et FPGA, informatique industrielle*
- [6] . A. Dorseuil and P. Pillot. *Le temps réel en milieu industriel. Edition DUNOD, Collection Informatique Industrielle, 1991.*
- [7] . Ch. Bonnet, I. Demeure , *Introduction aux systèmes temps réel,, Edition HERMES*
- [8] . Ivan Cibrario Bertolotti\_ Gabriele Manduchi-Real-Time  
*Embedded Systems\_ Open-Source Operating Systems Perspective-CRC Press (2012).*
- [9] . Eugenio Villar, Maite Veiga (auth.), Juan Carlos LÃ³pez, RomÃ¡n Hermida, Walter Geisselhardt (eds.)-  
*Advanced Techniques for Embedded Systems Design and Test-Springer US (1998)*
- [10] . *Distributed Systems—Concepts and Design, 2nd Ed. Addison-Wesley Publishers Ltd., 1994.*
- [11] . I. Demeure and C. Bonnet. *Introduction aux systèmes temps réel. Collection pédagogique de télécommunications, Hermès, septembre 1999.*
- [12] . *PIC Microcontroller and Embedded Systems By Muhammad Ali Mazidi*
- [13] . *C Programming Language by Kernighan & Ritchie PDF*
- [14] . <http://www.craslab.org>
- [15] . <http://beru.univ-brest.fr/~singhoff/supports.html>
- [16] . <https://www.ukonline.be/cours/embeddedsystems>
- [17] . <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Systeme-embarque-page-3.html>
- [18] . <http://www.embedds.com/>
- [19] . <http://www.keil.com/rtos/>
- [20] . <http://embedded-lab.com/>

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEF 2.1.2**  
**Matière 2 :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 ;
- ✓ Capteurs ;
- ✓ Automates programmables industriels ;

### Contenu de la matière:

#### **Chapitre 1. Généralités sur les bus de terrain (04 semaines)**

1.1-Définitions (Bus, Terrain, Réseau, Réseau local, Réseau local industriel (RLI), Réseau local d'entreprise, Quelques noms des réseaux locaux industriels). 1.2-Présentation de l'environnement industriel. 1.3-Architecture d'un RLI (réseaux de terrain, réseaux d'atelier, réseaux d'usine). 1.4-Caractéristiques d'un RLI (le nombre de nœuds, la quantité d'information, le temps de transmission). 1.5-Caractéristiques des données échangées dans un RLI (Nature des messages échangés, Taille des messages). 1.6-Rôle d'un RLI dans une installation industrielle. 1.7-Architecture OSI et RLI (Adaptation du modèle OSI aux RLI, Caractéristiques de la couche physique pour les RLI, Caractéristiques de la sous-couche MAC pour les RLI).

#### **Chapitre 2. : Le bus 485 Modbus (02 semaines)**

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

#### **Chapitre 3. Le bus CAN (Controller Area Network) (03 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. Services de la couche application. CANopen.

#### **Chapitre 4. Profibus (03 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 (03 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: 60 % ; Examen: 40 %.

### Références bibliographiques:

- [1]. Belgacem Jarray, *Réseaux industriels : Bus, Interfaces, Ethernet Industriel, Hart. Cours et exercices corrigés.* Ellipses, 2017.
- [2]. J.F. Hérold, O.Guilloton et P. ANAYA, *Informatiques industrielle et réseaux en 20 fiches.* Dunod, 2010.
- [3]. Jean-Pierre Thomesse, *Les réseaux Locaux industriels.* Eyrolles, 1994.

[4] . Pascal Vrignat, *Réseaux locaux industriels - Cours et travaux pratiques*. Gaëtan Morin, 1999.

[5] . Ciame, *Réseaux de terrain : critères de sûreté de fonctionnement*. Lavoisier, 2009.

[6] . Ciame, *Réseaux de terrain : Description et critères de choix*. Hermes, 2001.

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM2.1**  
**Matière 1: 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 2: 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 - Une fois par quinzaine**

**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 - Une fois par quinzaine**

**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: S3**  
**Unité d'enseignement: UEM 2.1**  
**Matière 3: TP Réseaux industriels**  
**VHS: 22h30 (TP : 1h30)**  
**Crédits: 2**  
**Coefficient: 1**

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

A la fin de cette matière avec la matière Cours/TD associée, l'étudiant sera capable d'utiliser les logiciels industriels (Step-7, Unity Pro, Studio 5000, etc.) pour configurer et programmer un réseau industriel (Profibus, Profinet, CAN, Modbus, etc.) contenant les éléments principaux de communication y compris : le PC industriel, l'HMI, la PLC et les modules d'entrée/sortie. Il aura aussi un bon aperçu sur les différents protocoles inclus dans les couches OSI des bus de terrain (méthodes d'accès, structures de trames, codage, etc.).

### **Connaissances préalables recommandées:**

- ✓ Automates programmable (PLC) ;
- ✓ Langages de programmation pour PLC : Contact, Log, List, Stl, Graph (Grafcet) ;
- ✓ Réseau informatique locaux (LAN) ;
- ✓ Capteurs et actionneurs ;

### **Contenu de la matière:**

**TP1** : PLC (Entrées/Sorties) avec Step 7, TIA Portal ou Unity Pro. Programmation avec Graph et/ou Ladder et/ou STL et/ou Log et/ou List.

**TP2** : Profibus avec STEP 7 ou TIA Portal. Maître avec esclave passive et/ou esclave intelligent. Simulation et/ou pratique. Utilisation d'un analyseur de protocole pour décoder les messages Profibus.

**TP3** : Profinet avec STEP 7 ou TIA Portal. PLC1 + PLC2 + HMI ou PC industriel. Simulation et/ou pratique. Utilisation d'un analyseur de protocole pour décoder les messages Profinet.

**TP4** : Modbus série avec Unity Pro. Maître + esclave + Ecran d'exploitation. Utilisation d'un analyseur de protocole pour décoder les messages Modbus.

**TP5** : Modbus TCP/IP avec Unity Pro. PLC1 + PLC2. Simulation et/ou pratique. Utilisation d'un analyseur de protocole pour décoder les messages Modbus.

**TP1** : Implémentation et mise en œuvre sur RS232, RS485.

**TP2** : Mise en œuvre du Bus CAN entre modules Arduino.

**TP3** : Dialogue Modbus entre un PC maître et dispositif esclave. Communication Modbus maître

depuis un automate programmable industriel.

**TP4** : Etude de réseau industriel Profibus (à base d'Arduino ou visite d'une usine).

**TP5** : Echange données via réseau Ethernet industriel.

**TP6** : Elaboration d'un réseau local industriel sans fils.

### **Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 100 %.

### **Références bibliographiques:**

- [1] . <https://www.se.com/>;
- [2] . <https://support.industry.siemens.com/>.
- [3] . Belgacem Jarray, *Réseaux industriels : Bus, Interfaces, Ethernet Industriel*, Hart. Cours et exercices corrigés. Ellipses, 2017.
- [4] . J.F. Hérold, O.Guilloton et P. ANAYA, *Informatiques industrielle et réseaux en 20 fiches*. Dunod, 2010.
- [5] . Jean-Pierre Thomesse, *Les réseaux Locaux industriels*. Eyrolles, 1994.
- [6] . Pascal Vrignat, *Réseaux locaux industriels - Cours et travaux pratiques*. Gaëtan Morin, 1999.
- [7] . Ciame, *Réseaux de terrain : critères de sûreté de fonctionnement*. Lavoisier, 2009.
- [8] . Ciame, *Réseaux de terrain : Description et critères de choix*. Hermes, 2001.

**Semestre: 3**  
**Unité d'enseignement: UEM 1.3**  
**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: 100%; Examen: 00%.

**Références bibliographiques:**

- [1]. <https://labcenter.s3.amazonaws.com/downloads/Tutorials.pdf>
- [2]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Proteus\\_Design\\_Suite](https://en.wikipedia.org/wiki/Proteus_Design_Suite)
- [3]. [http://www.coursexercices.com/PDF\\_Cours\\_Exercices\\_Telecharger.php?q=proteus+ares+tutorial](http://www.coursexercices.com/PDF_Cours_Exercices_Telecharger.php?q=proteus+ares+tutorial)
- [4]. [https://www.ele.uva.es/~jesman/BigSeti/ftp/Cajon\\_Desastre/Software-Manuales/EBook%20-%20Proteus%20Manual.pdf](https://www.ele.uva.es/~jesman/BigSeti/ftp/Cajon_Desastre/Software-Manuales/EBook%20-%20Proteus%20Manual.pdf)
- [5]. <https://www.arduino.cc/>
- [6]. <https://www.manager-go.com/gestion-de-projet/>
- [7]. <https://www.techno-science.net/definition/729.html>
- [8]. <https://formation.aapq.org/etape.php>
- [9]. <https://www.nutcache.com/fr/blog/demarche-de-projet/>

**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 : UED2.1**  
**Matière 2 : au choix**  
**VHS : 22h30 (Cours : 1h30)**  
**Crédits : 1**  
**Coefficient : 1**

**Semestre : 3**

**Unité d'enseignement : UET2.1**

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

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

**Crédit : 1**

**Coefficient : 1**

**Objectifs de l'enseignement :**

Donner à l'étudiant les outils nécessaires afin de rechercher l'information utile pour mieux l'exploiter dans son projet de fin d'études. L'aider à franchir les différentes étapes menant à la rédaction d'un document scientifique. Lui signifier l'importance de la communication et lui apprendre à présenter de manière rigoureuse et pédagogique le travail effectué.

**Connaissances préalables recommandées :**

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

**Contenu de la matière:**

**Partie I- : Recherche documentaire :**

**Chapitre I-1 : Définition du sujet (02 Semaines)**

- Intitulé du sujet
- Liste des mots clés concernant le sujet
- Rassembler l'information de base (acquisition du vocabulaire spécialisé, signification des termes, définition linguistique)
- Les informations recherchées
- Faire le point sur ses connaissances dans le domaine

**Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information (02 Semaines)**

- Type de documents (Livres, Thèses, Mémoires, Articles de périodiques, Actes de colloques, Documents audiovisuels...)
- Type de ressources (Bibliothèques, Internet...)
- Evaluer la qualité et la pertinence des sources d'information

**Chapitre I-3 : Localiser les documents (01 Semaine)**

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

**Chapitre I-4 : Traiter l'information (02 Semaines)**

- Organisation du travail
- Les questions de départ
- Synthèse des documents retenus
- Liens entre différentes parties
- Plan final de la recherche documentaire

**Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie (01 Semaine)**

- Les systèmes de présentation d'une bibliographie (Le système Harvard, Le système Vancouver, Le système mixte...)
- Présentation des documents.
- Citation des sources

## Partie II : Conception de mémoire

### Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire (02 Semaines)

- Cerner et délimiter le sujet (Résumé)
- Problématique et objectifs du mémoire
- Les autres sections utiles (Les remerciements, La table des abréviations...)
- L'introduction (*La rédaction de l'introduction en dernier lieu*)
- État de la littérature spécialisée
- Formulation des hypothèses
- Méthodologie
- Résultats
- Discussion
- Recommandations
- Conclusion et perspectives
- La table des matières
- La bibliographie
- Les annexes

### Chapitre II- 2 : Techniques et normes de rédaction (02 Semaines)

- La mise en forme. Numérotation des chapitres, des figures et des tableaux.
- La page de garde
- La typographie et la ponctuation
- La rédaction. La langue scientifique : style, grammaire, syntaxe.
- L'orthographe. Amélioration de la compétence linguistique générale sur le plan de la compréhension et de l'expression.
- Sauvegarder, sécuriser, archiver ses données.

### Chapitre II-3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit (01 Semaine)

### Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances (01 Semaine)

- Comment présenter un Poster
- Comment présenter une communication orale.
- Soutenance d'un mémoire

### Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ? (01 Semaine)

(Formules, phrases, illustrations, graphiques, données, statistiques,...)

- La citation
- La paraphrase
- Indiquer la référence bibliographique complète

### Mode d'évaluation :

Examen : 100%

### Références bibliographiques :

1. M. Griselin et al., *Guide de la communication écrite, 2e édition*, Dunod, 1999.
2. J.L. Lebrun, *Guide pratique de rédaction scientifique : comment écrire pour le lecteur scientifique international*, Les Ulis, EDP Sciences, 2007.
3. A. Mallender Tanner, *ABC de la rédaction technique : modes d'emploi, notices d'utilisation, aides en ligne*, Dunod, 2002.
4. M. Greuter, *Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage*, L'Etudiant, 2007.
5. M. Boeglin, *lire et rédiger à la fac. Du chaos des idées au texte structuré. L'Etudiant*, 2005.
6. M. Beaud, *l'art de la thèse*, Editions Casbah, 1999.
7. M. Beaud, *l'art de la thèse, La découverte*, 2003.
8. M. Kalika, *Le mémoire de Master*, Dunod, 2005.

## **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. Hollembeak, *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. Andrew Tanenbaum, *Systèmes d'exploitation*, édition Pearson.
2. Michael Griffiths, Michel Vayssade, *Architecture des systèmes d'exploitation*, Hermès - Lavoisier.
3. P. Levis, S. Madden, J. Polastre, R. Szewczyk, K. Whitehouse, A. Woo, D. Gay, J. Hill, M. Welsh, E. Brewer *TinyOS: An Operating System for Sensor Networks in Ambient Intelligence*, p. 115-148, Springer, 2005.
4. P. Levis, D. Gay, *TinyOS Programming*, Cambridge University Press, 2009.
5. *TinyOS Open Technology Alliance :*  
<http://www.cs.berkeley.edu/~culler/tinyos/alliance/overview.pdf>
6. [www.contiki-os.org/support.html](http://www.contiki-os.org/support.html)

**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>

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  
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
<b>S1</b>	<u>Matière 1</u> : <u>Matière 2</u> :	
<b>S2</b>	<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

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	Matière 1 : Matière 2 :	

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