



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique  
et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

Université

# OFFRE DE FORMATION INGENIEUR D'ETAT

Parcours ST

MAJ 2025/2026

Établissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Automatique</i>	<i>Robotique et systèmes Intelligents</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 الميدان الوطنية  
لميدان العلوم و التكنولوجيا  
Comité Pédagogique  
National du Domaine  
Sciences et Technologies



## عرض تكوين مهندس دولة

### 2025/2026

القسم	الكلية/ المعهد	المؤسسة

التخصص	الفرع	الميدان
روبوتيك والانظمة الذكية	آلية	علوم وتكنولوجيا

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

## Semestre 5 : Robotique et systèmes intelligents

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 5.1 Crédits : 14 Coefficients : 9	Systèmes Asservis Linéaire Continus	RSI5.1	6	4	3h00	1h30	1h30	90h00	40%	60 %
	Logique combinatoire et séquentielle	RSI5.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40%	60 %
	Modélisation des robots	RSI5.3	3	2	3h00		1h30	67h30	40%	60 %
UE Fondamentale Code : UEF 5.2 Crédits : 8 Coefficients : 5	Capteurs et Instrumentation pour la robotique	RSI5.4	3	2	1h30		0h45	33h45	40%	60 %
	Actionneurs pour la robotique	RSI5.5	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40%	60 %
UE Méthodologique Code : UEM 5.1 Crédits : 7 Coefficients : 4	Electronique appliquée	RSI5.6	3	2	1h30		0h45	33h45	40 %	60 %
	Programmation orientée objet des systèmes embarqués en C	RSI5.7	2	1			1h30	22h30	100%	
	Programmation Objet Python appliquée	RSI5.8	2	1			1h30	22h30	22h30	
UE Transversale Code : UET 5.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique en automatique	RSI5.9	1	1	1h30			22h30	90h00	100%
<b>Volume Horaire Total</b>			<b>30</b>	<b>19</b>	<b>13H30</b>	<b>04H30</b>	<b>10H30</b>	<b>427H30</b>		

## Semestre 6 : Robotique et systèmes intelligents

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 6.1 Crédits : 14 Coefficients : 8	Asservissement des systèmes linéaires discrets	RSI6.1	6	3	1h30	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Microcontrôleurs et systèmes embarqués	RSI6.2	5	3	3h00	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Traitement du signal	RSI6.3	3	2	1h30	1h30	0h45	56h15	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 6.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Techniques de Commande des robots	RSI6.4	5	3	3Hh00	1h30	0h45	78h45	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Système d'exploitation des robots (ROS)	RSI6.5	5	3	1h30		3h00	67h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 6.1 Crédits : 5 Coefficients : 4	Projet de robotique 1	RSI6.6	2	1			1h30	22h30	100%	
	Conception mécanique en robotique (Solid Works)	RSI6.7	2	2			1h30	22h30	100%	
	Stage en entreprise 1	RSI6.8	1	1	Volume horaire hors quota (En moyenne 100 heures) Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire 1h30				100%	
UE Transversale Code : UET 6.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Entrepreneuriat et Start-up	RSI6.9	1	1	1h30	-	-	22h30		100%
<b>Volume Horaire Total</b>			<b>30</b>	<b>19</b>	<b>12H00</b>	<b>06H00</b>	<b>10h30</b>	<b>427H30</b>		

## Semestre 7 : Robotique et systèmes intelligents

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 7.1 Crédits : 9 Coefficients : 6	Commande des systèmes linéaires multi-variables	RSI7.1	6	4	3h00	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60 %
	Traitement du signal avancé	RSI7.2	3	2	1h30	1h30	0h45	56h15	40% (20% TD + 20% TP)	60 %
UE Fondamentale Code : UEF 7.1 Crédits : 14 Coefficients : 5	Automates programmables industriels et Supervision	RSI7.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60 %
	Techniques d'optimisation	RSI7.4	4	2	1h30	1h30	0h45	56h15	40% (20% TD + 20% TP)	60 %
	Programmation des circuits reconfigurable FPGA	RSI8.5	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60 %
UE Méthodologique Code : UEM 7.1 Crédits : 6 Coefficients : 4	Structure robotique et Modélisation à éléments finis	RSI7.6	2	2	1h30		1h30	45h00	40 %	60%
	Interfaces haptiques	RSI7.7	2	1	1h30			22h30		100%
	Projet Personnel Professionnel	RSI7.8	2	1	Volume horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire					
UE Transversale Code : UET 7.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Normes et installation électrique	RSI7.9	1	1	1h30			22h30		100%
<b>Volume Horaire Total</b>			<b>30</b>	<b>19</b>	<b>13H30</b>	<b>07H30</b>	<b>07H30</b>	<b>427H30</b>		

## Semestre 8 : Robotique et systèmes intelligents

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 8.1 Crédits : 12 Coefficients : 7	Commande des systèmes non linéaires	RSI8.1	7	4	3h00	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Planification et navigation robotique	RSI8.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 8.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	Systèmes Temps Réel	RSI8.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Traitement d'image	RSI8.4	4	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 8.1 Crédits : 6 Coefficients : 4	Projet de robotique 2	RSI8.5	3	2			3h00	45h00	100%	
	Réseaux informatiques industriels	RSI8.6	2	1	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Stage en entreprise 2	RSI8.7	1	1	Volume horaire hors quota (en moyenne 100 heures) Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				100%	
UE Transversale Code : UET 8.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	RSI8.8	1	1	1h30			22h30		100%
	Eléments de l'intelligence artificielle appliquée	ASI8.9	2	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
<b>Volume Horaire Total</b>			<b>30</b>	<b>19</b>	<b>12h00</b>	<b>04h30</b>	<b>12h00</b>	<b>427h30</b>		

## Semestre 9 : Robotique et systèmes intelligents

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 9.1 Crédits : 13 Coefficients : 8	Apprentissage profond	RSI9.1	6	4	3h00	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Commande des robots	RSI9.2	6	4	3h00	1h30	1h30	90h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 9.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Vision par ordinateur	RSI9.3	4	2	1h30		1h30	45h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Systèmes distribués et coopératifs	RSI9.4	4	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 9.1 Crédits : 6 Coefficients : 4	Véhicules intelligents	RSI9.5	3	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Fusion de données	RSI9.6	4	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 9.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Recherche documentaire et Conception de mémoire	RSI9.7	1	1	1h30	-	-	22h30		100%
	Reverse engineering	RSI9.8	2	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
<b>Volume Horaire Total</b>			<b>30</b>	<b>19</b>	<b>15H00</b>	<b>03H00</b>	<b>10H30</b>	<b>427H30</b>		

## **Semestre 10: Automatique et systèmes intelligents**

Le Stage obligatoirement en relation avec le secteur industriel ou dans une entreprise ou réalisé dans le cadre de l'arrêté 1275 du 22 sept 2022.

- Le Stage obligatoirement en relation avec le secteur industriel ou dans une entreprise, est sanctionné par un mémoire et une soutenance

VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel		
Stage en entreprise	5	5
Séminaires	15	25
Projet de fin d'études		
Total Semestre 10	20	30

**Ce tableau est donné à titre indicatif**

### **Évaluation du Projet de Fin de Cycle d'Ingénieur**

- 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

# **Programmes détaillés des matières du 5<sup>ème</sup> semestre**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Systèmes Asservis Linéaire Continu	03	05	RSI5.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90h00	3h00	1h30	1h30	

### Objectifs de l'enseignement

A la fin de ce cours l'étudiant sera capable de : Connaître les notions de boucle d'asservissement, schémas blocs, boucles de commande ouverte et fermée avec leurs différents organes. Représenter un système dans le domaine temporel ou fréquentiel. Analyser les performances d'un système. Connaître les caractéristiques d'un système du premier et deuxième ordre.

### Connaissances préalables recommandées

Mathématiques de base. Notions de : électronique de base, circuit électriques, mécanique de base

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Notions d'asservissement

Exemples de systèmes asservis, terminologie, structure d'une boucle d'asservissement ouverte/fermée, asservissement/régulation

#### Chapitre 2 : Représentation des systèmes linéaires et invariants

Représentation par équation différentielles (systèmes électriques, mécanique, pneumatique, hydraulique). Transformée de Laplace et fonction de transferts. Schéma blocs et règles de simplification.

#### Chapitre 3 : Analyse temporelle

Réponses temporelles (impulsionnelle, indicielle, à une rampe), principales caractéristiques (temps de réponse, de montée, dépassement...etc.). Identification des systèmes du premier ordre, deuxième ordre et intégrateurs à partir des réponses temporelles

#### Chapitre 4 : Analyse fréquentielle

Réponses fréquentielles (tracés de Bode, Nyquist), principales caractéristiques (Gain, fréquence de coupure, bande passante...etc.). Identification des systèmes du premier ordre, deuxième ordre et intégrateurs à partir des réponses fréquentielles

#### Chapitre 5 : Performances des systèmes asservis :

Définition de la stabilité. Critère algébrique (critère de Routh). Analyse graphique (tracé de Bode, Nyquist). Marges de gain/phase. Précision. Rapidité

### Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)

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

### Références bibliographiques (Livres et polycopiés, sites internet, etc) :

- [1] RIVOIRE, Maurice et FERRIER, Jean-Louis. *Cours d'Automatique-TOME 1-Signaux et systèmes*. Eyrolles, 1989.
- [2] OGATA, Katsuhiko. *Modern control engineering fifth edition*. 2010.
- [3] CODRON, Pascal et LE BALLOIS, Sandrine. *Automatique: Systèmes linéaires et continus*. Dunod, 1998.
- [4] FELLAH, Mohammed-Karim. *Cours d'Asservissements Linéaires Continus*. Université Djillali Liabès, Sidi bel-abbés, 2007.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Logique combinatoire et séquentielle	03	05	RSI5.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

## Chapitre 1 : Introduction à la Logique Combinatoire

### 1. Concepts de base

- Variables logiques
- Opérateurs logiques : ET, OU, NON, NAND, NOR, XOR, XNOR
- Table de vérité
- Formes normales : CNF et DNF

### 2. Circuits combinatoires de base

- Portes logiques simples
- Circuits avec des portes combinées
- Réduction de circuits avec les lois de De Morgan

### 3. Exercices

- Conception de circuits simples
- Exercices de simplification de circuits

## Chapitre 2: Fonctions Logiques et Simplification

### 1. Fonctions logiques

- Formes canoniques : somme de produits (SOP) et produit de sommes (POS)
- Notation algébrique et cartes de Karnaugh

### 2. Simplification des fonctions logiques

- Méthode algébrique
- Méthode de Karnaugh
- Quine-McCluskey

### 3. Exercices

- Simplification de fonctions logiques
- Utilisation de cartes de Karnaugh

## Chapitre 3: Circuits Combinatoires Avancés

### 1. Additionneurs et Soustracteurs

- Additionneur demi (Half-Adder)
- Additionneur complet (Full-Adder)
- Soustracteur demi et complet

### 2. Multiplexeurs et Démultiplexeurs

- Multiplexeurs (MUX)
- Démultiplexeurs (DEMUX)

### **3. Encodeurs et Décodeurs**

- Encodeurs
- Décodeurs

### **4. Exemples et exercices**

- Conception de circuits utilisant des multiplexeurs et des décodeurs
- Exercices pratiques

## **Chapitre 4: Introduction à la Logique Séquentielle**

### **1. Concepts de base**

- Différence entre logique combinatoire et séquentielle
- Flip-Flops: SR, JK, D, T

### **2. Registres et Compteurs**

- Registres à décalage
- Compteurs asynchrones et synchrones

### **3. Machines à états finis (FSM)**

- Machines de Moore et de Mealy
- Diagrammes d'états et tables de transition

### **4. Exercices**

- Conception de machines à états simples
- Exercices sur les diagrammes d'états

## **Chapitre 5 : Applications Avancées des FSM**

### **1. FSM dans des systèmes réels**

- Utilisation des FSM dans les systèmes de contrôle
- Conception d'un FSM pour un système de feux de circulation

### **2. Projets pratiques**

- Conception d'un distributeur automatique
- Implémentation d'un système de gestion de parking

## **Chapitre 6: Introduction à la Programmation VHDL**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Modélisation des Robots	02	03	RSI5.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	3h00	-	1h30	

### Objectifs de l'enseignement

Acquérir les connaissances fondamentales en modélisation des robots séries et parallèles  
Maîtriser les outils et les logiciels de modélisation  
Développer la capacité à modéliser des robots complexes  
Appliquer la modélisation à la simulation et au contrôle des robots

### Connaissances préalables recommandées

Algèbre linéaire, analyse, géométrie, Mécanique du point, mécanique du solide, programmation

### Contenu de la matière :

#### Programme détaillé :

#### Chapitre 1 : Introduction (10 heures)

- Rappels de mathématiques et de physique
- Structures des robots (parallèle et série)
- Cinématique des robots
- Dynamique des robots
- Outils et logiciels de modélisation

#### Chapitre 2 : Modélisation géométrique des robots

- Représentation des repères et des transformations
- Cinématique directe et inverse
- Paramètres d'articulation
- Espaces de travail et singularités
- Modélisation des robots séries et parallèles

#### Chapitre 3 : Modélisation cinématique des robots

- Vitesses et accélérations
- Jacobien
- Dérivées logarithmiques
- Modélisation des robots à liaisons série et parallèles

#### **Chapitre 4 : Modélisation dynamique des robots**

- Lagrangien et équations d'Euler-Lagrange
- Théorème des forces vives
- Modélisation des forces et des moments
- Simulation dynamique
- Contrôle des robots

#### **Applications de la modélisation des robots**

- Simulation de robots pour la conception et la validation

#### **Travaux pratiques**

- Modélisation géométrique et cinématique d'un robot simple
- Modélisation dynamique d'un robot série
- Modélisation dynamique d'un robot parallèle
- Simulation d'un robot sous Matlab/Simulink
- Réalisation d'un projet de modélisation et de simulation

#### **Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)**

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

#### **Références bibliographiques** (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*) :

1. Modélisation et commande des robots manipulateurs" de Bruno Siciliano, Oussama Khatib et Alessandro De Luca
2. Robotique : modélisation, analyse et commande" de François Chaumette et Philippe Bidaud

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Capteurs et instrumentation en Robotique	03	05	RSI5.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
33h45	1h30	-	0h45	

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

L'objectif de ce cours est de sensibiliser les étudiants aux concepts de mesure des grandeurs physiques et à la caractérisation de capteurs avec leurs circuits de conditionnement. Ce cours doit permettre aussi à l'étudiant d'appréhender divers aspects de la chaîne capteur - circuit de conditionnement - instruments de mesures.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Notions de bases d'électronique, d'électricité fondamentales et notion de physique expérimentale.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Notions sur les Instruments industrielles**

Notions sur les capteurs et actionneurs, Paramètres physiques, Caractéristiques générales, Signaux utilisés en instrumentation, métrologie industrielle, Règles élémentaires de la métrologie, erreurs de mesure, étalonnage, sensibilité, étendue de mesure, temps de réponse, Les réglages de base : le zéro et l'échelle . Symbolisation des instruments (Organisation d'une chaîne instrumentale), Normes et Symboles ISA (International Standards Association). Notions de P&ID (Pumping and Instrumentation Diagram).

#### **Chapitre 2 : Les types de capteurs en instrumentation**

Les principaux phénomènes physiques utilisés dans les capteurs (Loi d'induction électromagnétique, effet hall, effet thermoélectrique, effet magnéto-résistif, effet photoélectrique, effet piézo-électrique, effet Doppler, ...). Constitution et principe de fonctionnement des capteurs - transmetteurs, les capteurs TOR, les capteurs passifs, les capteurs actifs, caractéristiques métrologiques des capteurs

#### **Chapitre 3 : Conditionnement d'un capteur et transmetteurs**

Conditionnement pour des capteurs passifs (ponts, oscillateurs, ...etc), adaptation du signal, linéarisation, amplificateur d'instrumentation, amplificateur différentiel amplificateurs d'isolement, tension en mode commun, filtrage, détection du signal de mesure. Critères de choix d'un capteur. Transmetteurs. Couple capteur-transmetteur. Principe de la boucle de courant, paramétrage, choix, Relation entre grandeurs mesurées et sorties du transmetteur. Transmetteurs intelligents. Communications

#### **Chapitre 4 : Capteurs de température**

Les échelles de température, Thermométrie par résistance, Résistance RTD (Pt100, Pt50, Pt1000) à 2 ponts, 3 points et 4 points. Thermométrie par thermocouple et phénomène de Peltier, Méthodes de Compensation du point froid. Thermométrie par diodes et transistors, Pyrométrie optique. Conditionnement et transmetteurs des capteurs de température.

### **Chapitre 5 : Capteurs de position, de déplacement, de forces et de pesage**

Relations mathématiques. Potentiomètre linéaire. Capteurs inductifs. Capteurs capacitifs. Capteurs piézo-électrique. Capteurs de proximité (inductifs et capacitifs). Conditionnement et transmetteurs des capteurs de position et de déplacement. Grandeurs mécaniques utilisées pour la force et le poids, Relations mathématiques entre force, accélération, vitesse et déplacement. Principes généraux. Jauges extensométriques ou de contraintes. Caractéristiques, linéarisation et conditionnement (pont).

### **Chapitre 6 : Capteurs de vitesse et d'accélération, de débit, de niveau et de pression**

Capteurs à base de quartz et piézo-électricité. Caractéristiques et conditionnement. Accéléromètres piézoélectriques et piézorésistifs. Conditionnement et transmetteurs. Tachymétrie. Encodeurs incrémentaux et absolus. Principes des Capteurs de débit, de niveau et de pression. Exemples

#### **Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : **40%** ; examen : **60%**.

#### **Références bibliographiques :**

- [1] George H., *Les Capteurs en Instrumentation Industrielle*, Dunod, 2004.
- [2] M. Cerr, *Instrumentation industrielle : T.1, Edition Tec et Doc*.
- [3] M. Cerr, *Instrumentation industrielle : T.2, Edition Tec et Doc*.
- [4] Ammar Grous, *Métrologie appliquée aux sciences et technologies, Tome 1, Edt Hermes-Lavoisier*, 2009.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Actionneurs pour la robotique	01	02	RSI5.5
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

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

Donner aux étudiants les notions nécessaires sur les actionneurs les plus répandus dans l'instrumentation industrielle.

### **Connaissances préalables recommandées :**

Notions d'électronique de puissance, d'électrotechnique.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre I. Les actionneurs électriques**

- Les pré-actionneurs électriques : Le relais, Le contacteur, Le sectionneur, Les fusibles, I thermique.
- Les convertisseurs électromécaniques : Organisation de la machine, Principe de fonction Démarrage du moteur à courant continu, Bilan des puissances, Réversibilité de la machine à continu, Alimentation du moteur, Fonctionnement à vitesse variable,
- les moteurs pas à pas : Moteur à aimant permanent, Moteur à reluctance variable, Moteur h

#### **Chapitre II. Les actionneurs pneumatiques et hydrauliques**

- L'énergie pneumatique : Constitution d'une installation pneumatique, Production de l'énergie pneumatique, Principes physiques.
- Les pré-actionneurs pneumatiques : Fonction, Constituants d'un distributeur, Les principaux distributeurs pneumatiques, Les dispositifs de commande, Application : presse pneumatique
- Les actionneurs pneumatiques : Les vérins, Le générateur de vide ou venturi.
- Les actionneurs hydrauliques : Définition, Principaux types de vérins, Dimensionnement d vérins, Applications.

#### **Chapitre III. Actionneurs électrostatiques**

#### **Chapitre IV. Actionneurs à déformation de matériaux**

#### **Chapitre V. Actionneurs ultrasonores ('ultrasonicmotors')**

#### **Chapitre VI. Actionneurs Inertiels ('impact drives')**

#### **Chapitre VII. Actionneurs Stick and slip' : l'effet collé-glissé**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Electronique Appliquée	01	02	RSI5.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
33h45	1h30	-	0h45	

### Objectifs de l'enseignement :

Maîtriser le calcul, l'analyse et l'interprétation des circuits électroniques. Connaître les propriétés, les amplificateurs, les filtres, les oscillateurs ...etc

### Connaissances préalables recommandées :

Notions de bases d'électronique et d'électricité fondamentales.

### Contenu de la matière :

#### Chapitre I. Les filtres analogiques (03 semaines)

Définitions, les types de filtres. Les filtres passifs RLC, les filtres Actifs à amplificateurs opérationnels, Intégrateurs, dérivateurs, sommateurs. Structures, conceptions, analyse. Bande passante à -3dB

#### Chapitre II. Les oscillateurs (03 Semaines)

Les circuits bouclés. Conditions d'oscillations, Exemples d'oscillateurs sinusoïdaux. Les oscillateurs commandés VCO. Oscillateurs non sinusoïdaux

#### Chapitre III. La modulation d'amplitude (04 Semaines)

Principe d'une chaine de transmission. La modulation d'amplitude AM. Indice de modulation. Analyses temporelle et fréquentielle. Puissance. Largeur de bande Les différents types de modulation d'amplitude (AM, AM sans porteur, SSB, ...etc). Les caractéristiques. Avantages et inconvénients. Effets des bruits. Démodulation (les différents types). Superhétérodyne. Les filtres FI.

#### Chapitre IV. Les modulations angulaires (02 Semaines)

Principe, Modulation de fréquence. Analyse temporelle et fréquentielle. Paramètres de la modulation de fréquence. Les fonctions de Bessel. Largeur de bande. Comparaison avec la modulation d'amplitude. Effets du bruit. Les démodulateurs de fréquence ou discriminateurs.

La modulation/démodulation de phase.

#### Chapitre V . Boucle de verrouillage de phase PLL (03 Semaines)

Principe, Etude et analyse. Application à la modulation de fréquence. Exemples.

**TP1:** Etude des filtres actifs: vérifier et tester les différentes fonctions de filtrage actif (Passe-bas, passe-haut, passe-bande).

**TP2:** Etude de la modulation d'amplitude, étude de la démodulation d'amplitude

**TP3:** Etude de la modulation de fréquence, étude de la démodulation de fréquence

**TP4:** Principe de l'amplification FI avec détecteur AM et CAG (Contrôle automatique de gain).

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : **40%** ; examen : **60%**.

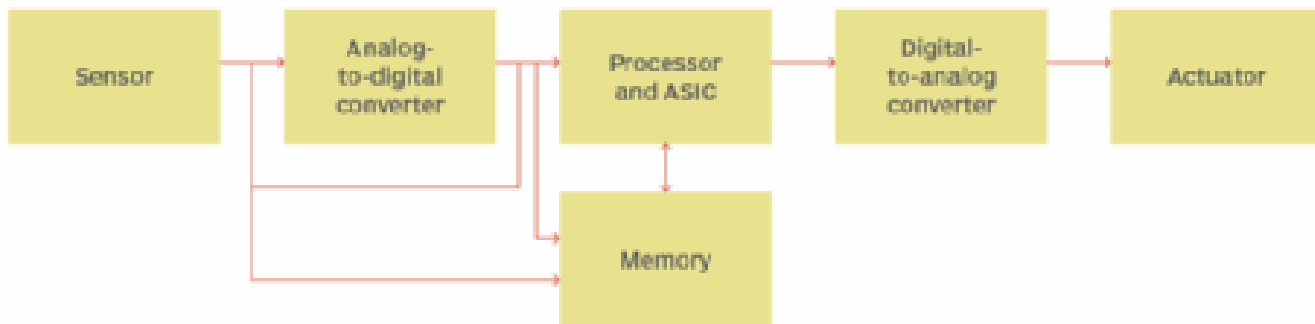
**Références bibliographiques :**

- [1] Neffati, *Electricité générale*, Dunod, 2004
- [2] F. Milsant, *Cours d'électronique (et problèmes)*, Tomes 1 à 5, Eyrolles.
- [3] M. Ouhrrouche, *Circuits électriques*, Presses internationale Polytechnique, 2009.
- [4] A. Malvino, *Principe d'Electronique*, 6<sup>ème</sup> Edition Dunod, 2002.
- [5] T. Floyd, *Electronique Composants et Systèmes d'Application*, 5<sup>ème</sup> Edition, Dunod, 2000.
- [6] I. Jelinski, *Toute l'Electronique en Exercices*, Vuibert, 2000.
- [7] D. Dixneuf, *Principes des circuits électriques*, Dunod, 2007
  
- [8] M. Ouhrrouche, *Circuits électriques*, Presses internationale Polytechnique, 2009.
- [9] A. Malvino, *Principe d'Electronique*, 6<sup>ème</sup> Edition Dunod, 2002.
- [10] T. Floyd, *Electronique Composants et Systèmes d'Application*, 5<sup>ème</sup> Edition, Dunod, 2000.
- [11] I. Jelinski, *Toute l'Electronique en Exercices*, Vuibert, 2000.
- [12] D. Dixneuf, *Principes des circuits électriques*, Dunod, 2007

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Programmation orientée objet des systèmes embarqués en C	01	02	RSI5.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	-	-	1h30	

### Objectifs de l'enseignement

La programmation orientée objet est un concept crucial dans le développement de logiciels modernes, y compris dans le domaine des systèmes embarqués. Basé sur l'encapsulation, l'héritage et le polymorphisme, il améliore l'organisation et la réutilisabilité du code. Bien qu'il existe des préoccupations concernant la surcharge de performances, des facteurs tels que la division, l'allocation dynamique de mémoire et l'augmentation de la taille du code peuvent avoir un impact sur les performances du système et la consommation d'énergie. Cependant, avec l'optimisation et la prise en compte des problèmes énergétiques, la POO peut être appliquée efficacement dans les systèmes embarqués. Il est essentiel que les développeurs embarqués comprennent les compromis et choisissent la bonne approche de programmation en fonction des exigences du projet.



### Connaissances préalables recommandées

Programmation modulaire et structurée, Notions de base du langage C

### Contenu de la matière :

#### Programme détaillé :

#### Chapitre 1 : Introduction (10 heures)

- Notions fondamentales de C
- Langages de programmation C++
- Installation logiciel uVision
- Installation des packs Présentation de *Keil uVision 5*
- Changer le compilateur
- Structures de programmation

#### Chapitre 2 : Concepts de base de la programmation C (13 heures)

**Identifiants**

**Variables**

**Concept**

**Définition des variables et types de données**

**Initialisation des variables**

**Exemple : variables**

**Expressions**

**Expressions arithmétiques**

**Expressions conditionnelles**

**Priorité**

**Déclarations d'affectation.**

**L'opérateur d'affectation '='**

**Opérateurs d'affectation arithmétique.**

### **Chapitre 3 : Algorithmes avancés (13 heures)**

- **Programmation dynamique**
- **Récurtivité**
- **Algorithmes géométriques**
- **Algorithmes d'approximation**
- **Algorithmes probabilistes**

### **Chapitre 4 : Programmation avancée (10 heures)**

- **Notion du pointer**
- **Pointer sur fonctions**
- **Mémoire dynamique et listes chaînées**
- **Implémentation d'une machine à état fini**
- **Menu déroulant et HMI**

### **Travaux pratiques (23 heures)**

- **Implémentation des algorithmes sur la plateforme Nucléo 144**
- **Analyse de la complexité algorithmique et optimisation**
- **Développement d'applications spécifiques (Leds, Moteur DC, ..)**
- **Réalisation d'un projet pratique approprié**

**Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)**

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

**Références bibliographiques (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*) :**

- Livres
  - C for Embedded Systems Programming AMF-ENT-T0001 November 11, 2010  
Derrick Klotz Regional Field Applications Engineer"
  - Embedded C Programming, by Mark Siegesmund, Released September 2014

**Publisher(s):** Newnes, ISBN: 9780128014707Logiciels

- Keil uVision 5
- CubeMx-IDE

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	<b>Programmation objet Python appliquée</b>	01	02	RSI5.8
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	-	-	1h30	

### Objectifs de l'enseignement

- Acquérir les bases de la programmation orientée objet (POO)
- Maîtriser les concepts fondamentaux de la POO en Python
- Développer la capacité à concevoir et à développer des programmes complexes en Python
- Appliquer la POO à la résolution de problèmes concrets

### Connaissances préalables recommandées

Algorithmes, Programmation

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Introduction à la POO (10 heures)

- Paradigmes de programmation
- Concepts fondamentaux de la POO : classes, objets, héritage, polymorphisme
- Avantages et inconvénients de la POO
- Outils et langages de programmation orientée objet

#### Chapitre 2 : Les classes et les objets en Python (13 heures)

- Déclaration et utilisation des classes
- Attributs et méthodes
- Encapsulation
- Constructeurs et destructeurs
- Héritage et polymorphisme

#### Chapitre 3 : Conception et développement de programmes orientés objet (13 heures)

- Diagrammes de classes
- Principes de conception : SOLID
- Design patterns
- Gestion des exceptions
- Tests unitaires et intégration

#### Chapitre 4 : Applications de la POO en Python (10 heures)

- Programmation graphique
- Programmation réseau
- Bases de données
- Intelligence artificielle
- Apprentissage automatique

### **Travaux pratiques (23 heures)**

- Implémentation de classes et d'objets en Python
- Exercices sur l'héritage et le polymorphisme
- Développement d'applications utilisant la POO en Python
- Réalisation d'un projet de programmation orientée objet

### **Mode d'évaluation :**

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

### **Références bibliographiques** (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*) :

- Livres
  - "Python : Programmation orientée objet" de Gérard Swinnen
  - "Apprendre la programmation orientée objet avec Python 3" de Matthieu Nebra

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Anglais Technique en Robotique	01	01	RSI5.9
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-	-	

### Prérequis

Langue étrangère 1, Langue étrangère 2, Anglais technique.

### Objectifs :

A travers ce cours, l'étudiant sera capable de décrire le matériel automatique, son fonctionnement et ses applications, de s'exprimer sur l'automatique en général, Utiliser la technologie adéquate et les structures grammaticales adaptées, Approfondir sa culture générale, Comprendre et rédiger un document en anglais.

### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1. Rappel des règles grammaticales anglaises (3 Semaines)**

Rappel des règles grammaticales anglaises.

#### **Chapitre 2. Terminologie utilisée dans le domaine de l'Automatique (3 Semaines)**

Terminologie utilisée dans le domaine de l'automatique, L'utilisation de tutoriels techniques.

#### **Chapitre 3. Etude de textes techniques (3 Semaines)**

Etude de textes techniques dans le domaine de l'automatique, La lecture d'articles scientifiques ou généraux.

#### **Chapitre 4. Le travail sur des supports de technologie variés (2 Semaines)**

#### **Chapitre 5. Techniques de présentation de rapports et mémoires de synthèse (4 Semaines)**

Elaboration d'un exposé dont le thème porte sur l'Automatique. Cette activité permet aux apprenants de construire un exposé et le délivrer en anglais devant leurs pairs. Cette activité comporte une condition : son élaboration doit être faite en binôme. Ce qui implique le travail collaboratif. Elle permet aussi d'instaurer un débat en classe sur le thème présenté.

### **Modalités d'évaluation :**

Examen final : 100%

### **Références bibliographiques :**

- [01] R. Ernst, Dictionnaire des techniques et sciences appliquées : français-anglais, Dunod 2002.
- [02] J. Comfort, S. Hick, and A. Savage, Basic Technical English, Oxford University Press, 1980
- [03] E. H. Glendinning and N. Glendinning, Oxford English for Electrical and Mechanical Engineering, Oxford University Press 1995
- [04] T. N. Huckin, and A. L. Olsen, Technical writing and professional communication for non-nativespeakers of English, Mc Graw-Hill 1991
- [05] J. Orasanu, Reading Comprehension from Research to Practice, Erlbaum Associates 1986.

## **PROGRAMME DETAILLE SEMESTRE 6**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	Asservissement des systèmes linéaires discrets	03	05	RSI6.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
	1h30	1h30	1h30	

### Chapitre 1. Structuration d'un système de commande numérique

Structure générale d'un système de commande numérique, Conversions A/NetN/A, Échantillonneurs/bloqueurs.

### Chapitre 2. Échantillonnage de signaux

Échantillonnage/reconstruction des signaux, Bloqueurs, Choix de la période d'échantillonnage.

### Chapitre 3. Représentation des systèmes échantillonnés

Représentation par les équations aux différences, Opérateurs d'avance/retard, Représentation par la réponse impulsionnelle, Transformée en Z, Transmittance en Z.

### Chapitre 4. Analyse des systèmes échantillonnés

Conditions de stabilité, transformée en  $w$ , Critères de stabilité algébrique (Jury, Routh). Performances (Rapidité, Précision)

### Chapitre 5. Synthèse des systèmes échantillonnés

Régulateurs standard PID. Synthèse dans le plan P et numérisation. Synthèse dans le plan Z. Contrôleur RST. Implémentation des régulateurs numériques.

### Modalité d'évaluation:

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

### Références bibliographiques:

- [1] J.R. Ragazzini, G.F. Franklin, « Les systèmes asservis échantillonnés », Dunod, 1962.
- [2] Christophe Sueur, Philippe Vanheeeghe, Pierre Borne, « Automatique des systèmes échantillonnés: éléments de cours et exercices résolus », Technip, 5 décembre 2000.
- [3] P. Borne, G.D. Tanguy, J.P. Richard, F. Rotella, I. Zambetakis, « Analyse et régulation de processus industriels - régulation numérique », Tome 2 - Editions Technip, 1993.
- [4] Emmanuel Godoy, Eric Ostertag, « Commande numérique des systèmes: Approches fréquentielle et polynomiale », Ellipses Marketing, 2004.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coeffi	Crédits	Code
06	Microcontrôleurs et systèmes embarqués	03	05	RSI6.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90h00	3h00	1h30	1h30	

### Objectifs de l'enseignement:

Acquérir des connaissances sur les différents types de microcontrôleurs utilisés dans l'industrie et les systèmes embarqués. Faire la différence entre microprocesseur et microcontrôleur. Utilisation d'un microcontrôleur (programmation, commande des systèmes).

### Connaissances préalables recommandées

Electronique numérique (Logique combinatoire et séquentielle), Notions de base de programmation, Electronique générale.

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1. Introduction aux microcontrôleurs

Dans ce chapitre, les étudiants sont initiés aux microcontrôleurs, à leurs principales caractéristiques et à leur utilisation. Les différents types de microcontrôleurs sont présentés, ainsi que les outils et les logiciels nécessaires pour programmer et tester ces dispositifs ainsi que la comparaison à un microprocesseur.

#### Chapitre 2. Architecture des microcontrôleurs (un microcontrôleur 8 bits MICROCHIP (PIC16F877A) ou ATMEGA16 comme exemple d'application)

Etude de l'architecture interne: organisation des différentes mémoires, Pile, Pipe Line et GPIO

#### Chapitre 3. Le langage Assembleur

Le langage assembleur est un langage de programmation de bas niveau utilisé pour les microcontrôleurs. Dans ce chapitre, les étudiants apprennent les bases du langage assembleur, notamment les calculs avec registres, les branchements, l'accès à la mémoire et les boucles.

#### Chapitre 3. Les Interruptions

Les interruptions sont des événements prioritaires qui interrompent l'exécution normale du programme d'un microcontrôleur. Dans ce chapitre, les étudiants apprennent comment gérer les interruptions et les tâches d'interruptions, ainsi que les différents types d'interruptions disponibles pour les microcontrôleurs.

#### Chapitre 4. Les TIMER et le Watchdog

*Etude des Timers et ses fonctions de temporisation, comptage et autres en mode normal et en mode interruption.*

### **Chapitre 5. Le Convertisseur analogique numérique**

*Le convertisseur analogique numérique (CAN) est un module important des microcontrôleurs, qui permet de convertir des signaux analogiques en signaux numériques. Ce chapitre est consacré pour la configuration et l'utilisation du CAN et l'étude de la notion de résolution du CAN et de la vitesse de conversion (fréquence d'échantillonnage).*

### **Chapitre 6. Liaisons séries UART, I2C, et SPI**

*Ce chapitre est consacré pour la communication série (MC MC) et (MC PC) ainsi que les bus électroniques pour l'interfaçage des capteurs I2C, SPI.*

### **Chapitre 7. Introduction au langage C Embarqué**

*Le C est un langage de programmation de haut niveau utilisé pour faciliter la programmation des microcontrôleurs. Ce chapitre est consacré à la programmation des exemples en C ; configuration des pins ainsi que la programmation des différents modules étudiés dans les chapitres 4, 5 et 6.*

### **Mode d'évaluation: (type d'évaluation et pondération)**

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

### **Références bibliographiques**

- [1]. Datasheet PIC16F877XA. [2]. Datasheet ATmega328.
- [3]. Microcontroller Programming The Microchip PIC J. Sanchez M. State University, Mankato CRC Press Taylor & Francis Group 2018.
- [4]. Programming 8-bit PIC Microcontrollers in C with Interactive Hardware Simulation. Martin P Bates Elsevier Ltd 2008.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	Traitement du Signal	02	03	RSI6.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
56h15	1h30	1h30	0h75	

**Objectifs de l'enseignement :**

Maîtriser les outils de représentation temporelle et fréquentielle des signaux et systèmes analogiques et numériques et effectuer les traitements de base tels que le filtrage et l'analyse spectrale en numérique.

**Connaissances préalables recommandées:**

Théorie du signal, outils mathématiques de base: calcul d'intégrales, série et transformée de Fourier.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre I. Analyse et synthèse des filtres analogiques (03 Semaines)**

Principes du filtrage analogique, Structures des filtres analogiques, Analyse fréquentielle et analyse temporelle, Rappels sur la transformée de Laplace, Fonction de transfert, Réponse fréquentielle, notions de pôles et de zéros, Stabilité, Filtres passifs et actifs, Filtres passe bas du premier et second ordre, Filtres passe haut du premier et second ordre, Filtres passe bande, autres filtres (Tchebyshev I et II, Butterworth, Cauer).

**Chapitre II. Du signal continu au signal numérique (02 Semaines)**

Notions sur l'échantillonnage, Conditions de Shannon, Filtre anti-repliement, Échantillonnage de signaux périodiques. Quantification et bruits de quantification, Conversion Analogique/Numérique, Reconstruction du signal et filtre interpolateur.

**Chapitre III. Transformées discrètes et fenêtrage (04 Semaines)**

Définition de la TTFD (Transformée de Fourier à Temps Discret), TFD (Transformée de Fourier Discrète) et TFD inverse, De la transformée de Fourier à la TFD, Fenêtres de pondération, propriétés de la TFD et convolution circulaire, Algorithmes rapides de la TFD (FFT).

## **Chapitre IV. Analyse et synthèse des filtres numériques (06 Semaines)**

Définition gabarit de filtre, Les filtres RIF et RII, convolution discrète et équation aux différences finies, analyse des filtres numériques, transformée en z, fonction de transfert en z, pôles et zéros, Réponse fréquentielle périodique, Les filtres RIF à phase linéaire, Synthèse des filtres RIF : méthode de la fenêtre, méthode de l'échantillonnage fréquentiel, méthode de Remez. Synthèse des filtres numériques RII: Méthode bilinéaire.

### **Modèle d'évaluation:**

**Contrôle continu: 40%; examen: 60%.**

### **Références bibliographiques:**

- [1] Patrick Duvaud, François Michaut, Michel Chuc, *Introduction au traitement du signal - exercices, corrigés et rappels de cours*, Hermes Science Publications, 1996.
- [2] Étienne Tisserand, Jean-François Pautex, Patrick Schweitzer, *Analyse et traitement des signaux : méthodes et applications à l'image* 2<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 2008.
- [3] Tahar Neffati, *Traitement du signal analogique: Cours*, Ellipses Marketing, 1999.
- [4] Messaoud Benidir, *Théorie et traitement du signal: Méthodes de base pour l'analyse et le traitement du signal*, Dunod, 2004.
- [5] Maurice Bellanger, *Traitement numérique du signal: Théorie et pratique*, 9<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 2012.
- [6] Francis Cottet, *Traitement des signaux et acquisition de données - Cours et exercices corrigés*, 4<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 2015.
- [7] F. de Coulon, "Théorie et traitement des signaux", Édition PPUR.
- [8] C. Gasquet, P. Witomski "Analyse de Fourier et applications". Masson, 1995.
- [9] S. Haykin, "Signals and systems", John Wiley & Sons, 2<sup>nd</sup> ed., 2003.
- [10] B. Picinbono, "Théorie des signaux et des systèmes avec problèmes résolus", Edition Bordas. Y. Thomas, "Signaux et systèmes linéaires". Masson, 1995.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	Techniques de Commande des robots	03	05	RSI6.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
78h45	3h00	1h30	0h45	

#### Objectifs de l'enseignement:

- Maîtriser les principes de la commande des robots
- Appliquer les concepts de la commande par inversion de modèle géométrique et cinématique
- Développer des compétences en planification de trajectoire
- Concevoir et implémenter des lois de commande pour des robots manipulateurs
- Valider les performances des lois de commande par simulation et expérimentation

#### Connaissances préalables recommandées

Modélisation de robots, programmation Matlab\ Simulink.

#### Contenu de la matière :

##### *Chapitre 1 : Commande par inversion de modèle (13 heures)*

- Principe de la commande par inversion de modèle géométrique
- Résolution d'ambiguïtés cinématiques
- Compensation de gravité et d'inertie
- Linéarisation par modèle géométrique inverse
- Commande par feedback linéaire

##### *Chapitre 2 : Planification de trajectoire (13 heures)*

- Trajectoires dans l'espace articulaire et cartésien
- Méthodes de génération de trajectoires (interpolation, polynômes, splines)
- Contraintes de temps, de vitesse et d'accélération
- Optimisation de trajectoires
- Planification de trajectoires dans des environnements contraints

##### *Chapitre 3 : Commande et simulation de robots (10 heures)*

- Implémentation de lois de commande par inversion de modèle et par feedback linéaire
- Utilisation de logiciels de simulation (Matlab/Simulink, V-REP, ROS)
- Validation des performances des lois de commande

- Analyse des résultats et comparaison des différentes approches

#### ***Chapitre 4 : Applications et projets (10 heures)***

- Applications de la commande des robots manipulateurs en robotique industrielle, mobile
- Réalisation de projets de commande et de simulation de robots
- Présentation des projets et discussion des résultats

#### ***Travaux pratiques (24 heures)***

- Simulateurs de robots
- Implémentation de lois de commande par inversion de modèle et par feedback linéaire
- Planification et optimisation de trajectoires
- Expérimentation sur des robots réels (si possible)
- Réalisation d'un projet de commande et de simulation de robot

#### **Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)**

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

#### **Références bibliographiques**

1. "Commande des robots manipulateurs" de Bruno Siciliano, Oussama Khatib et Alessandro De Luca
2. "Robotique : modélisation, analyse et commande" de François Chaumette et Philippe Bidaud
3. "Trajectoire planning for robots" de Sertac Karaman and Emilio Frazzoli

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	Système d'exploitation des robots (ROS)	02	02	RSI6.5
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
	1h30	-	3h00	

**Prérequis :**

- Programmation en Python
- Notions de systèmes d'exploitation

**Objectifs de l'enseignement :**

- Maîtriser les concepts fondamentaux de ROS.
- Utiliser ROS pour développer des logiciels de robotique.
- Communiquer entre différents modules logiciels.
- Gérer la perception, la planification et le contrôle d'un robot.
- Déployer des applications ROS sur des robots réels.

**Connaissances préalables recommandées**

Modélisation de robots, programmation Matlab\ Simulink.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : Introduction à ROS (5 heures)**

- Présentation de ROS et de son architecture
- Installation et configuration de ROS
- Notions de packages, nœuds et topics
- Outils de communication et de visualisation
- Développement de nœuds simples en Python

**Chapitre 2 : Communication et synchronisation (10 heures)**

- Concepts de messages et de services
- Publication et souscription à des topics
- Gestion des types de données
- Synchronisation temporelle entre nœuds
- Programmation de clients et serveurs

**Chapitre 3 : Perception et localisation (10 heures)**

- Intégration de capteurs (caméras, lidar, etc.)
- Traitement d'images et de données sensorielles
- Filtrage et estimation de l'état du robot
- Localisation et cartographie
- Navigation autonome

**Chapitre 4 : Planification et contrôle (10 heures)**

- Planification de trajectoires
- Génération de mouvements
- Contrôleurs PID et asservissements
- Intelligence artificielle pour la prise de décision

- Intégration de modules de planification et de contrôle

### **Chapitre 5 : Déploiement et applications (10 heures)**

- Configuration de robots réels avec ROS
- Gestion de la plateforme matérielle
- Développement d'applications complètes
- Interfaçage avec des systèmes externes
- Exemples d'applications concrètes

### **Travaux pratiques (25 heures)**

- Exercices sur les concepts fondamentaux de ROS
- Développement de nœuds et de packages
- Intégration de capteurs et d'actionneurs
- Programmation de comportements simples
- Réalisation d'un projet de robotique utilisant ROS

### **Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)**

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

### **Références bibliographiques**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	Projet de robotique 1	01	02	RSI6.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
	-	-	1h30	

**Objectifs de l'enseignement :**

- *Appliquer les connaissances acquises en robotique à la réalisation d'un projet concret.*
- *Développer des compétences en gestion de projet, travail en équipe et communication.*
- *Stimuler la créativité et l'innovation.*

**Mode d'évaluation :**

**Contrôle continu : 100 % ;**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	Conception Mécanique en Robotique	02	02	RSI6.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
	-	-	1h30	

### Objectif Pédagogiques Ciblés :

Cette formation permettra à l'ingénieur d'acquérir les compétences nécessaires pour concevoir des produits et des systèmes mécaniques avec leur bâti à l'aide de logiciels de dessin assisté par ordinateur(SolidWorks). Elle vise notamment à renforcer les connaissances de base à savoir :

- Comprendre et analyser le fonctionnement de systèmes mécaniques ;
- Effectuer de nombreuses tâches entourant la conception technique de divers composants et systèmes mécaniques (dimensionnement et tolérances fonctionnelles);
- Choisir les procédés de fabrication et les matériaux appropriés (méthodes et ordonnancements);
- Rédiger la documentation pour la planification et la réalisation d'un projet de conception ;
- Effectuer des dessins techniques en 2D et en 3D en utilisant des logiciels de conception assistée par ordinateur ;
- Participer à l'automatisation de systèmes industriels ;
- Choisir la technologie appropriée (motorisation, systèmes électriques, pneumatiques ou hydrauliques);
- Évaluer la faisabilité et estimer les coûts d'un projet de conception.

### Contenu de la matière :

#### Chapitre1. Mathématiques appliquées à la conception mécanique

Ce cours conjuguera l'acquisition de connaissances mathématiques de base et leurs applications concrètes au domaine du génie mécanique. Les notions de mathématiques qui y seront acquises constituent une base pour les cours de conception mécanique.

#### Chapitre2. Tolérances géométriques et fonctionnelles en conception mécanique

Ce cours permettra à l'étudiant d'acquérir et d'appliquer les notions de base et avancées dans le domaine de l'analyse cinématique et fonctionnelle des assemblages. Il permettra à l'étudiant de déterminer les tolérances géométriques requises pour un assemblage. C'est à partir de normes

existantes en industrie, de dessins et de données préétablies que l'étudiant pourra faire l'étude des tolérances géométriques de fabrication et des jeux de fonctionnement d'un mécanisme composé de plusieurs pièces dynamiques et statiques. L'étudiant pourra particulièrement rassembler l'information, choisir le type de tolérances géométriques, faire le calcul des tolérances géométriques de côtes et les inscrire sur le dessin.

### **Chapitre 3. Matériaux et procédés de fabrication mécanique appliquée et usinage**

Ce cours permettra à l'étudiant d'acquérir les notions de base et avancées dans le domaine des matériaux et de faire l'étude des propriétés mécaniques et physiques des matériaux et des procédés de fabrication. De plus, les différents procédés de transformation avec ou sans enlèvement de matière seront abordés.

### **Chapitre 4. CAO avancée et appliquée aux modifications d'équipements**

Ce cours permettra à l'étudiant d'acquérir les notions avancées en conception assistée par ordinateur (CAO) en vue de les appliquer dans la modification des équipements industriels. Ce cours permettra à l'étudiant d'apprendre des méthodes de travail organisées et efficaces pour modifier et améliorer des composantes d'une machine. L'étudiant sera capable de visualiser des solutions pour corriger une défectuosité sur une machine à l'aide de croquis et de logiciel de modélisation 3D. Il sera en mesure de conduire un projet de CAO à partir du cahier de charges et des croquis jusqu'à la production des dessins de fabrication, en sélectionnant les composantes les plus appropriées pour un fonctionnement optimal et sécuritaire d'un équipement industriel.

### **Chapitre 5. Conceptions hydrauliques et pneumatiques**

Ce cours permettra à l'étudiant d'acquérir les notions avancées dans l'élaboration des circuits hydrauliques et pneumatiques des machines industrielles. Il permettra à l'étudiant d'apprendre à analyser un cahier des charges et des croquis pour établir les circuits hydrauliques et pneumatiques les plus appropriés au bon fonctionnement d'une machine industrielle. À l'aide d'un logiciel contenant des bibliothèques électroniques, il réalisera des circuits hydrauliques et pneumatiques complexes remplissant les conditions de fonctionnement de la machine. Ensuite, l'étudiant procédera à une simulation des circuits réalisés : banc d'essai virtuel afin de vérifier le bon choix des composantes hydrauliques ou pneumatiques et le bon fonctionnement des circuits élaborés.

### **Chapitre 6. Conception technique d'un système industriel automatisé**

Ce cours permettra à l'étudiant d'acquérir les meilleures méthodes et techniques de conception d'un système industriel automatisé. En équipe, l'étudiant réalisera, à partir de devis et d'un cahier des charges, une conception industrielle intégrant des éléments de transmission de puissance, des convoyeurs, des automates programmables et des composantes hydrauliques et pneumatiques pour assurer le bon fonctionnement de l'équipement. L'étudiant apprendra les attitudes et les pratiques efficaces de conduite de projet de conception en réalisant des étapes, telles que l'établissement des conditions de fonctionnement, de l'idéation de concepts, d'études de faisabilité, de validation de concepts d'automatisation, de programmation d'automates pour contrôler des circuits et la réalisation des dessins de mise en production d'un système industriel.

### **Chapitre 7. Projet de conception (SolidWorks)**

Ce cours permettra à l'étudiant d'acquérir les connaissances indispensables pour coordonner et concevoir un objet technique. Dans ce cours, l'étudiant sera appelé à réaliser, à partir des relevés et d'un cahier des charges, le dimensionnement préliminaire de tous les éléments mécaniques,

statiques et dynamiques et hydrauliques et pneumatiques. L'étudiant devra concevoir, à partir de profilés et des matériaux standards les plus appropriés, un bâti de machine pour fixer toutes les composantes sélectionnées, le tout, en respect de l'ensemble des normes des dessins de fabrication et d'assemblage. Il devra élaborer des devis et des soumissions claires et précises et en assurer la coordination et la supervision du déroulement des travaux de la conception.

**Mode d'évaluation :**

Control Continu 100%

**Références Bibliographiques :**

- 1- De la fabrication additive à l'impression 3D/4D; des concepts aux réalisations actuelles · Volume 1 ; By Jean-Claude André · 2018 ; Publisher: [ISTE Editions Limited](#) ; Language:[French](#)
- 2- Design and Modeling of Mechanical Systems; Proceedings of the Fifth International Conference Design and Modeling of Mechanical Systems, CMSM' 2013, Djerba, Tunisia, March 25-27, 2013; Publisher :[Springer Berlin Heidelberg](#); Language:[English](#)
- 3- New Advances in Mechanisms, Transmissions and Applications; Proceedings of the Second Conference MeTrApp 2013; Publisher:[Springer Netherlands](#) ; Language:[English](#)

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Stage en entreprise 1		1	1	RSI.6.8
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30			1h30		

**Prérequis :** /

**Objectifs :**

Ce stage en entreprise vise à offrir aux étudiants une première immersion dans le monde professionnel. Cette expérience courte, mais significative leur permet de mettre en pratique leurs connaissances théoriques dans un contexte réel. De plus, cela leur donne l'occasion d'explorer différents domaines industriels et de développer des compétences transversales telles que la communication et la résolution de problèmes. En établissant des contacts avec des professionnels du secteur, les étudiants peuvent également commencer à envisager des opportunités de stages ou d'emploi futures, contribuant ainsi à leur développement professionnel et à leur orientation de carrière.

**Contenu de la matière :**

Durant son stage, l'étudiant rédige un rapport mettant en lumière plusieurs points cruciaux :

- 1) **Présentation de l'établissement d'accueil :** Ce volet offre une vue détaillée de l'entreprise ou de l'organisme d'accueil, incluant son nom, sa taille, son histoire et son secteur d'activité. La structure organisationnelle est présentée avec une emphase sur les départements pertinents pour l'automatique, ainsi que les technologies et projets actuels liés à ce domaine.
- 2) **Description du déroulement du stage :** Cette section expose en détail le programme et les activités prévues durant la semaine de stage, incluant les tâches assignées, les projets en cours, les responsabilités du stagiaire, les objectifs et les attentes. Les horaires, modalités de supervision et ressources disponibles sont également spécifiés.
- 3) **Identification des liens avec le domaine de l'automatique :** L'étudiant identifie et décrit les aspects du stage directement associés à l'automatique, comme sa participation à des projets de conception et de développement de systèmes automatisés, son expérience pratique avec des équipements et logiciels, ainsi que ses interactions avec des professionnels du domaine au sein de l'entreprise.

- 4) **Retour d'expérience et perspectives** : À la fin du stage, l'étudiant partage son expérience, évalue les défis rencontrés, les succès obtenus et les leçons apprises. Il discute également des compétences acquises, des connaissances développées et des implications de son expérience sur sa formation et sa carrière future, en envisageant les opportunités à explorer dans le domaine de l'automatique et des systèmes intelligents.

**Mode d'évaluation :**

Rapport de stage 50 %, Présentation orale 50%.

**Références bibliographiques :**

- [01] Greuter, M. (2007). *Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage* (Vol. 706). Editions l'Etudiant.
- [02] Islam, M. S., Parvez, M. S., & Alam, J. (2021). *Internship Report Writing: A Modern Book for Under-Graduates*.
- [03] Picano, J. (1989). *Méthodologie du rapport de stage*. FeniXX.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Entrepreneuriat & Start-Up		1	1	I.6.9
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30	-	-		

**Pré requis :** Néant

**Objectifs :**

L'objectif de ce module est de se familiariser avec le monde de l'entreprise et de l'entrepreneuriat. Dans ce cours l'étudiant sera capable de maîtriser les notions de base de l'entreprise, comme les structures, les caractéristiques, le mode d'organisation. Ainsi, l'étudiant sera capable de maîtriser le processus d'entrepreneuriat.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 : Introduction à l'entrepreneuriat** (2 semaines)

- Définition et interrelation entre entrepreneuriat et innovation
- L'écosystème entrepreneurial et d'innovation en Algérie
- Les différents types d'innovation (produit, processus, business model)
- Profil et compétences de l'entrepreneur innovant

**De l'idée au projet**

- Identification d'opportunités
- Techniques de créativité (brainstorming, mind mapping...)
- Étude de cas : échec vs succès

**Chapitre 2 : Identification d'opportunités innovantes** (1 semaine)

- Méthodes de détection d'opportunités d'innovation
- Analyse des besoins non satisfaits du marché algérien
- Design thinking et approche centrée utilisateur
- Techniques de créativité et d'idéation

**Chapitre 3 : Business Model Canvas** (3 semaines)

- Composantes du Business Model Canvas
- Élaboration de la proposition de valeur
- Segmentation de la clientèle

- Canaux de distribution et relation client
- Structure des coûts et sources de revenus
- Développement de modèles économiques disruptifs

**Chapitre 4 : Introduction au Business Plan** (2 semaines)

- Structure et éléments clés du business plan
- Étude de marché simplifiée
- Stratégie marketing et commerciale
- Aspects financiers fondamentaux
- Analyse SWOT
- Plan marketing, plan opérationnel

**Chapitre 5 : Financement des start-ups** (3 semaines)

- Sources de financement disponibles en Algérie
- Les dispositifs publics d'aide à l'entrepreneuriat (ANSEJ, , incubateurs, accélérateurs, CNAC, ANGEM)
- Le capital-risque et les business angels
- Financement participatif (crowdfunding)
- Protection de la propriété intellectuelle
- Les avantages fiscaux et soutiens spécifiques aux start-ups innovantes

**Chapitre 6 : Communication et leadership** (1 semaines)

- Techniques de présentation orale
- Travail en équipe, gestion de conflits

**Chapitre 7 : Aspects juridiques et administratifs** (1 semaines)

- Formes juridiques d'entreprises en Algérie
- Démarches administratives de création
- Protection de la propriété intellectuelle
- Fiscalité des start-ups

**Chapitre 8 : Du concept à la réalisation - Mise en œuvre du projet innovant** (2 semaines)

- Élaboration d'un minimum viable product (MVP)
- Test et validation de l'innovation sur le marché
- Élaboration d'une stratégie de croissance
- Présentation efficace d'un projet innovant (pitch)

Mode d'évaluation : examen 100%

**Références bibliographiques :**

1. Christensen, C. M. (2021). Le dilemme de l'innovateur: Lorsque les nouvelles technologies sont à l'origine de l'échec de grandes entreprises. VALOR.
2. Nezha D.A. , Mouffok B. (2023). Startups et Entrepreneuriat Le Futur de l'Algérie Éditions universitaires européennes.
3. Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Business Model Nouvelle Génération : Un guide pour visionnaires, révolutionnaires et challengers*. Pearson.
1. Fayolle, A. (2012). *Entrepreneuriat : Apprendre à entreprendre*. Dunod.
2. Blank, S., & Dorf, B. (2013). *Le Manuel du créateur de start-up : Étape par étape, construisez une entreprise formidable*. Diateino.
3. Ries, E. (2015). *Lean Startup : Adoptez l'innovation continue*. Pearson.

5. Madoui, M. (2015). *Entrepreneurs maghrébins : Terrains en développement*. Karthala.
6. Grim, N. (2012). *Entrepreneurs, Création d'entreprise et Développement*. Éditions universitaires européennes.

## **PROGRAMME DETAILLE SEMESTRE 7**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	Commande des systèmes linéaires multi-variables.	04	06	RSI7.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90h00	3h00	1h30	1h30	

### Objectifs de l'enseignement :

Linéarisation et classification des systèmes. Équations d'état : résolution, série de Peano-Baker, matrice de transition, théorie de Floquet. Stabilité : critères de stabilité, équation de Lyapunov. Commandabilité et observabilité. Réalisabilité : représentations entrée/sortie, minimalité, réalisation de Gilbert, perte de minimalité. Retour d'état : modes commandables, forme de Kalman, test de PBH (Popov-Belevitch-Hautus), formes canoniques commandables, forme de Brunovsky, indices de commandabilité, stabilisation par retour d'état, positionnement des pôles, stabilisabilité. Estimation d'état : observateur de Luenberger, principe de séparation, observateurs réduits, stabilisation par retour de sortie. Description en fractions polynomiales : décomposition irréductible en fractions polynomiales matricielles, identité de Bézout, forme d'Hermite, réalisations minimales, positionnement des pôles. A la fin de ce cours, l'étudiant sera capable de : Concevoir différents contrôleurs pour les systèmes linéaires (PID, avance/retard de phase) selon un cahier des charges préétablis. Concevoir des lois de commande pour les systèmes représentés en espace d'état. Concevoir des observateurs d'état.

### Connaissances préalables recommandées :

Théorie des systèmes. Théorie du signal.

### Contenu de la matière :

**Chapitre 1.** Calcul des contrôleurs dans le domaine fréquentiel

Contrôleurs à actions proportionnelle, dérivée et intégrale (propriétés, fonction de transfert, réponse temporelle et fréquentielle). Correcteur à avance/retard de phase. Méthode de réglages empirique (Ziegler-Nichols). Méthodes de placement de pôles. Réglage des paramètres des contrôleurs selon un cahier des charges préétablis.

### **Chapitre 2.** Représentation d'état des systèmes

Introduction, Concepts (état, variables d'état, ...), Représentation d'état des systèmes linéaires continus, Représentation d'état des systèmes discrets, Formes canoniques, Représentation d'état des systèmes non linéaires, Linéarisation.

### **Chapitre 3.** Analyse des systèmes dans l'espace d'état

Résolution des équations d'état et matrice de transition, Méthodes de calculs de la matrice de Transition, Analyse modale (diagonalisation), Stabilité, Notions de commandabilité et d'observabilité (définitions et méthodes de test).

### **Chapitre 4.** Commande par retour d'état

Formulation du problème de placement de pôles par retour d'état, Méthodes de calculs pour les systèmes monovariables, Cas de systèmes multivariables, Implémentation.

### Chapitre 5. Synthèse des observateurs d'état

Introduction, Observateurs déterministes (Luenberger) et méthodes de calculs, Observateurs réduits, Observateurs stochastiques (filtre de Kalman).

### **Mode d'évaluation :** (type d'évaluation et pondération)

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

### **Références bibliographiques** (Livres et photocopiés, sites internet, etc) :

[1] Philippe de Larminat, « Automatique : Commande des systèmes linéaires », Hermès Lavoisier, 1996.

[2] Luc Jaulin, « Représentation d'état pour la modélisation et la commande des systèmes », Lavoisier, 2005.

[3] Robert L. Williams, Douglas A, Lawrence, « Linear State-Space Control Systems », Edition John Wiley & Sons, 2007.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	Traitement avancé du signal	02	03	RSI7.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
56h15	1h30	1h30	0h45	

**Objectifs de l'enseignement :**

A la fin de ce cours, 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 :**

Traitement du signal, programmation Matlab.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1.** Rappels sur les filtres numériques (RIF et RII)

- 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

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

## Chapitre 3 filtrage numérique adaptatif :

- Méthodes paramétriques
- Modèle AR (Levinson, Yulewalker, Burg, Pisarenko, Music .)
- Modèle ARMA
- Algorithme du gradient LMS
- Algorithme des moindres carrés récursifs RLS
- 
- Filtrage de Kalman

## Chapitre 4. Analyse temps-fréquence et temps :

- 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-VIIIe
- Analyse Temps-Echelle,

### Mode d'évaluation :

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

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	Automates Programmables industriels & supervision	03	05	RSI7.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

## **Chapitre 1. Introduction aux réseaux de Pétri et modèles fondamentaux**

Initiation sur les notions et les fondements théorique sur la modélisation via les réseaux de Pétri. (1-Conditions de franchissement d'une transition -2-Conséquences du franchissement d'une transition -3-Conflits et concurrence.)

## **Chapitre2. Modélisation par grafcet.**

Concepts de base du GRAFCET, Structure graphique de base, Parallélisme structural (structure simultanée), Les règles d'évolution, gestions des ressources et sémaphore.

## **Chapitre 3. Langages de programmation :**

Langage contact (Ladder), STL, Logigramme et SCL.

## **Chapitre 4. Temporisateurs et Compteurs :**

Gestion du temps à travers différents types de temporisateurs (Retard à l'enclenchement, délai au déclenchement, Pulse, etc.) ainsi que des compteurs et leur importance dans les applications séquentielles.

## **Chapitre 5. Programmations Structurée :**

Savoir découpler les tâches à partir un cahier des charges bien détaillé en faisant intervenir des fonctions et des blocs fonctionnels.

## **Chapitre 6. Régulation PID et les blocs d'interruption associés :**

Désireux de se familiariser avec l'aspect de la régulation nécessitant une interruption appropriée afin d'en comprendre pleinement la genèse et donc d'accélérer la convergence et la stabilité du contrôleur.

## **Chapitre 7. Encodeur incrémental & compteurs rapides dédiés au contrôle de la position :**

A quoi sert un compteur rapide dans un automate ? Comment les codeurs rotatifs détectent-ils la position et la vitesse ? Quelle est la limite de vitesse des codeurs rotatifs ? Un encodeur peut-il mesurer la position ?

## **Chapitre 8. Profibus et Profinet par la pratique :**

On peut envisager une application déportée d'un réseau d'automates via les bus de terrain en l'occurrence Profibus et idem pour Profinetassociés avec différents types des variateurs de vitesses et faire la supervision dans l'environnement Wincc advanced runtime.

## **Chapitre 9. Echanges des données entre la S7-1200 et ESP32 (IIOT))**

En utilisant le protocole Mod-Bus TCP/IP pour établir la communication entre un microcontrôleur de type ESP32-S3 et la station S7-1200 pour assurer l'acheminement des données en provenance des nœuds des capteurs spécifiques et d'assurer leur traitement par le biais de l'automate cible.

## **Travaux Pratiques :**

1. Initiation de base et configuration matérielle selon la station cible.
2. Programmation structurée multi-composants à base du langage « Ladder ».
3. Programmation avancée multi-tâche via Grafcet et SCL.
4. Conversion Grafcet vers ladder en utilisant (Bascule SR, Shift registres et JMP/Ret)
5. Communication Profibus/Profinet dans une structure de réseaux (S7-1200-S7-300-ET200S et variateurs de vitesses MicroMaster 420 et ABB)
6. Communication Modbus TCP/IP S7-1200-S7300.
7. Système SCADA et supervision en utilisant Wincc-Run-Time advanced.
8. Application dans une station de remplissage.
9. Application pour un système de dosage avec script/faceplate
10. Application porte coulissante motorisée.
11. Application ascenseur à cinq étages.

12. Application Gestion d'un magasin doté des vérins hydrauliques.
13. Application de climatisation chambre froide à base des deux compresseurs.
14. Régulation et supervision de la température à sonde PT100.
15. Systèmes multiaxes et contrôle du mouvement en utilisant la station s7-1200 et moteurs pas-à pas.

**Références bibliographiques :**

- 1) **SIMATIC S7 Automate programmable S7-1200 Manuel système**
- 2) **Programming Guideline for S7-1200/1500 Entry ID: 81318674, V1.6, 12/2018**
- 3) **SIMATIC S7-1200 Easy Book Manual, 01/2015 A5E02486774-AG**

**Moded'évaluation:**

Contrôle continu:40%;Examen:60%.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
----------	------------------------	-------------	---------	------

08	<b>Programmations des Circuits Reconfigurables FPGA</b>	03	05	RSI8.5
<b>VHS</b>	<b>Cours</b>	<b>Travaux dirigés</b>	<b>Travaux Pratiques</b>	
	1h30	1h30	1h30	

### Chapter 1: Introduction to FPGAs and VHDL

- **Lecture 1: Overview of FPGAs**  
Introduction to FPGA technology  
FPGA architecture and components  
Comparison with ASICs and microcontrollers
- **Lecture 2: Introduction to VHDL**  
VHDL history and importance  
Basic structure of a VHDL program  
VHDL design flow

### Chapter 2: Basic VHDL Syntax and Constructs

- **Lecture 3: Data Types and Operators**  
Scalar and composite data types  
Operators and expressions
- **Lecture 4: VHDL Constructs**  
Entity and architecture  
Concurrent vs. sequential statements

### Chapter 3: Combinational Logic Design

- **Lecture 5: Basic Combinational Circuits**  
Gates, multiplexers, demultiplexers, decoders, encoders
- **Lecture 6: VHDL for Combinational Circuits**  
Writing VHDL code for combinational circuits  
Testbenches and simulation

### Chapter 4: Sequential Logic Design

- **Lecture 7: Flip-Flops and Latches**  
SR, D, T, and JK flip-flops
- **Lecture 8: VHDL for Sequential Circuits**  
Writing VHDL code for flip-flops and latches  
Finite State Machines (FSMs) in VHDL

### Chapter 5: Advanced VHDL Topics

- **Lecture 9: Processes and Sensitivity Lists**  
Understanding processes  
Sensitivity lists in VHDL
- **Lecture 10: Concurrent vs. Sequential Design**

### Differences and best practices

### Chapter 6: FSM Design and Implementation

- **Lecture 11: Mealy and Moore Machines**  
Theory and examples
- **Lecture 12: VHDL Implementation of FSMs**

Coding Mealy and Moore machines  
Simulation and verification

### **Chapter 7: Memory and I/O Interfaces**

- **Lecture 13: Memory Design**  
ROM, RAM, and FIFO memories
- **Lecture 14: VHDL for Memory**  
Writing VHDL code for memory modules  
Testbenches for memory

### **Chapter 8: Synthesis and Implementation**

- **Lecture 15: Synthesis Basics**  
Introduction to synthesis tools  
Synthesis constraints and optimization
- **Lecture 16: FPGA Implementation**  
Place and route  
Timing analysis

### **Chapter 9: FPGA Design Tools**

- **Lecture 17: Introduction to FPGA Design Tools**  
Overview of common tools (e.g., Xilinx Vivado, Intel Quartus)
- **Lecture 18: Practical Session with Design Tools**  
Hands-on lab: creating a simple project

### **Chapter 10: Advanced FPGA Features**

- **Lecture 19: Clock Management**  
Clock generation and distribution  
PLLs and clock dividers
- **Lecture 20: Embedded Processors in FPGAs**  
Using soft and hard processors (e.g., MicroBlaze, Nios II)  
Course Materials
  - Textbooks:  
"Digital Design with RTL Design, VHDL, and Verilog" by Frank Vahid  
"FPGA Prototyping by VHDL Examples" by Pong P. Chu
  - Tools:

***Xilinx Vivado or Intel Quartus Prime (depending on the FPGA platform used)***

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	Techniques d'optimisation	02	04	RSI7.5
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
56h15	1h30	1h30	0h45	

**Objectifs de l'enseignement:**

A la fin du cours, l'étudiant sera capable de maîtriser diverses techniques d'optimisation

**Connaissances préalables recommandées:**

Mathématiques de base. Calcul matriciel.

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1. Rappels mathématiques**

Convexité, Gradient et Hessien

**Chapitre 2. Optimisation sans contraintes-méthodes locales (3 Semaines)**

Méthodes du gradient, Méthode de Newton, Méthode de Levenberg-Marquardt, Méthodes quasi-Newton

**Chapitre 3. Optimisation sans contraintes-méthodes globales**

Méthode du gradient projeté, Méthode de Lagrange-Newton pour des contraintes inégalité, Méthode de Newton projetée (pour des contraintes de borne), Méthode de pénalisation

**Chapitre 4.** Programmation linéaire

**Chapitre 5.** Programmation non linéaire

**Références bibliographiques:**

[1] Stephen Boyd, Lieven Vandenberghe Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004.

- [2] Michel Bierlaire, Optimization: principes and algorithms, EPFL, 2015.  
 [3] Jean-Christophe Culioli, Introduction à l'optimisation, Ellipses, 2012.  
 [4] Rémi Ruppli, Programmation linéaire: Idées et méthodes, Ellipses, 2005  
 [5]

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	Structure robotique et modélisation à éléments finis	02	03	RSI7.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-	1h30	

**Prérequis:**

- Mécanique des solides et des structures
- Mathématiques: analyse, algèbre linéaire
- Programmation (Python, C++, etc.)

**Objectifs:**

- Comprendre les principes fondamentaux de la structure des robots.
- Maîtriser les techniques de modélisation par éléments finis.
- Analyser le comportement des structures robotiques sous différentes sollicitations.
- Optimiser la conception des robots pour une meilleure performance.

**Contenu:**

**Chapitre 1: Rappels sur la structure des robots (5 heures)**

- Anatomie d'un robot: liens, articulations, actionneurs, capteurs
- Matériaux utilisés dans la construction des robots
- Types de structures robotiques: sérial, parallèles, hybrides

## **Chapitre2:Modélisationparélémentsfinis(10heures)**

- Principesfondamentauxdelaméthodedesélémentsfinis
- Discrétisationdudomaineetélémentsfinis
- Fonctionsdeformeetmatricesd'interpolation
- Assemblagedesmatricesetrésolutiondeséquations
- Post-traitementetanalysedesrésultats

## **Chapitre3:Applicationàlastructuredesrobots**

- Modélisationparélémentsfinisdelienssetd'articulations
- Modélisationdesactionneursetdescapteurs
- Analysedescontraintesetdesdéformations
- Simulationducomportementdynamiquedesrobots
- Optimisationdelastucturedesrobots

## **Chapitre4:Outilsetlogiciels(5heures)**

- Logicielsdemodélisationparélémentsfinis(ANSYS,Abaqus,COMSOL)
- Langagesdeprogrammationpour lasimulation(Python,C++, etc.)
- Bibliothèquesetframeworksdédiésàlarobotique

## **Travauxpratiques(25heures)**

- Exercicesurlesconceptsfondamentauxdelastucturedesrobots
- Modélisationparélémentsfinisdestructuressimples
- Analyseducomportementdesstructuresrobotiquessousdifférentessollicitations
- Optimisationdelaconceptiondesrobots
- Réalisationd'unprojetdemodélisationd'unestructurerobotique

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	Interfaces Haptiques.	01	01	RSI7.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-	-	

**Objectifs de l'enseignement:**

- Comprendre les principes fondamentaux des interfaces haptiques.
- Concevoir et développer des interfaces haptiques pour la robotique.
- Modéliser le comportement haptique des robots.
- Intégrer des interfaces haptiques dans des systèmes robotiques complets.
- Évaluer les performances des interfaces haptiques.

**Connaissances préalables recommandées**

- Connaissances de base en robotique
- Programmation en Python ou C++
- Notions d'électronique et d'électricité
- Mathématiques: analyse, algèbre linéaire

## **Contenu de la matière :**

### **Chapitre1:Introductionauxinterfaceshaptiques(5heures)**

- Définitionethistoriquedesinterfaceshaptiques
- Physiologiedutoucherethaptique
- Technologieshaptiques:hapticsàretourdeforce,hapticsàfriction
- Applicationsdesinterfaceshaptiques:robotiquechirurgicale,téléopération,réalitévirtuelle

### **Chapitre2:Modélisationhaptique**

- Modèlesdel'interactionhaptique
- Modèlesdessystèmeshaptiques
- Stabilitéetperformancedessystèmeshaptiques
- Algorithmesdefiltrageetd'estimation

### **Chapitre3:Conceptiond'interfaceshaptiques**

#### 1. Choixdestechnologiesetdescomposants

- Dimensionnementetarchitecturedesinterfaceshaptiques
- Conceptiondel'interfaceutilisateur
- Intégrationavecdessystèmesrobotiques

### **Chapitre4:Programmationd'interfaceshaptiques**

- Langagesdeprogrammationpourlahaptique
- Développementd'applicationshaptiques
- Bibliothèquesetframeworkshaptiques
- Interfaçageavecdesrobotsetdescapteurs

### **Chapitre5:Applicationsetprojets**

- Exemplesd'applicationshaptiquesenrobotique
- Réalitévirtuelleetréalitéaugmentéehaptiques
- Téléopérationhaptique
- Robotiquechirurgicaleassistéeparhaptique
- Réalisationd'unprojetd'interfacehaptique

### **Travauxpratiques**

- Exercicesurlesconceptsfondamentauxdelahaptique
- Programmationd'applicationshaptiquessimples
- Intégrationd'interfaceshaptiquesavecdesrobots
- Évaluationdesperformancesdesinterfaceshaptiques

- Réalisation d'un projet de robotique haptique

**Modé d'évaluation:**

Examen: 100%

**Références bibliographiques :**

Semestre	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S7	Projet personnel professionnel		1	2	RSI 7.8
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	Volume horaire horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				

**Objectifs :**

Ce programme d'étude vise à fournir une structure complète pour guider les étudiants dans la réalisation d'un Projet Personnel Professionnel significatif et efficace.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Exploration des Métiers et des Aptitudes Personnelles**

- **Introduction au PPP**
  - Objectifs et importance du Projet Personnel Professionnel.
  - Présentation des métiers de la filière et spécialité choisies.
- **Auto-évaluation des Aptitudes Personnelles**
  - Techniques d'auto-évaluation des compétences techniques, sociales et personnelles.
  - Identification des forces et des faiblesses.

#### **Chapitre 2 : Recherche et Documentation**

- **Recherche Documentaire**
  - Utilisation de ressources en ligne et physiques pour recueillir des informations sur les métiers choisis.
  - Compilation de données sur les perspectives de carrière, les compétences requises, les formations nécessaires, etc.
- **Entrevues et Échanges**
  - Entrevues avec des professionnels du secteur pour comprendre leur parcours, leurs défis et leurs conseils.
  - Participation à des événements de réseautage pour élargir les connaissances sur les tendances et les opportunités.

#### **Chapitre 3 : Définition des Objectifs Professionnels**

- **Identification des Objectifs à Court et Long Terme**
  - Définition des objectifs de carrière à court, moyen et long terme.
  - Alignement des aspirations personnelles avec les exigences du métier choisi.
- **Élaboration d'un Plan de Formation**
  - Choix des parcours qui soutiennent les objectifs identifiés.
  - Planification des formations complémentaires, stages et expériences professionnelles.

#### **Chapitre 4 : Conception et Réalisation du PPP**

- **Structuration du Projet**
  - Planification détaillée des sections du PPP (Introduction, Analyse des Aptitudes, Objectifs Professionnels, etc.).
  - Choix des outils de présentation (rapport écrit, présentation orale, etc.).
- **Accompagnement Individuel**
  - Séances de tutorat individuelles pour discuter de la progression du PPP, résoudre les difficultés et affiner les objectifs.

#### **Chapitre 5: Évaluation et Présentation Finale**

- **Évaluation du Projet**

- Auto-évaluation et rétroaction du tutorat sur la qualité et la pertinence du PPP.
- Révision finale basée sur les commentaires reçus.
- **Présentation du PPP**
  - Présentation orale du projet devant un comité ou des pairs.
  - Discussions et échanges sur les conclusions et les recommandations du PPP.

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 100%

**Referencesbibliographiques :**

- Robert C. Reardon, Janet G. Lenz, James P. Sampson Jr., Gary W. Peterson, "**CareerDevelopment and Planning: A ComprehensiveApproach**", Ce livre offre une approche complète du développement de carrière, y compris la planification personnelle et professionnelle.
- Bill Burnett, Dave Evans, "**DesigningYourLife: How to Build a Well-Lived, Joyful Life**", Ce livre propose des outils pratiques pour concevoir sa vie professionnelle et personnelle de manière intentionnelle et satisfaisante.
- Nicholas Lore, "**The Pathfinder: How to Choose or Change YourCareer for a Lifetime of Satisfaction and Success**", Ce livre guide les lecteurs à travers un processus structuré pour choisir une carrière alignée sur leurs passions, compétences et valeurs.
- Richard N. Bolles, "**What Color Is Your Parachute? 2024: A PracticalManual for Job-Hunters and Career-Changers**", Ce guide classique offre des conseils détaillés sur la recherche d'emploi, l'exploration de carrière et la gestion de carrière à long terme.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Normes et installation électrique		01	01	RSI7.8
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30	-	-		

## **Objectifs**

L'objectif est de former des ingénieurs capables de participer activement à la transition énergétique actuelle : l'importance croissante du rôle de l'électricité dans le monde de demain, de nouveaux moyens de production, le développement d'infrastructures de transport d'énergie intelligentes. L'électricité, l'efficacité énergétique font de ces études un atout pour l'avenir.

Les étudiants se spécialisent dans la gestion des flux énergétiques, en particulier l'énergie électrique, dans les entreprises du secteur industriel ou dans les collectivités du secteur tertiaire.

L'augmentation du coût de l'énergie et les problèmes environnementaux renforcent la nécessité d'une gestion optimale. Maîtriser cette activité nécessite une connaissance approfondie dans les domaines de l'énergie, de l'utilisation rationnelle de l'énergie électrique et sa distribution, de la cogénération et de l'utilisation des énergies renouvelables.

## **Savoir-faire et compétences**

- 1- Concevoir des installations électriques conformes aux normes actuelles
- 2- Élaborer des bilans énergétiques pour les équipements industriels
- 3- Définir des systèmes d'éclairage efficaces en tenant compte des contraintes économiques et énergétiques
- 4- Mettre en place et exploiter des systèmes de production d'énergie conformes aux normes
- 5- Installer des systèmes de surveillance et de comptage d'énergie, analyser l'impact environnemental d'une entreprise
- 6-Superviser et gérer un projet via une application appropriée.

## **Mode d'évaluation :**

**100% Examen**

# **PROGRAMME DETAILLE SEMESTRE 8**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
08	Commande des systèmes non linéaires.	04	07	RSI8.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90h00	3h00	1h30	1h30	

### Objectifs de l'enseignement:

À la fin de ce cours, l'étudiant sera capable de : Analyser la stabilité des systèmes non linéaires. Maîtriser des méthodes de commande des non linéaires.

### Connaissances préalables recommandées:

Théorie des systèmes. Théorie du signal. Commande des systèmes linéaires. Systèmes échantillonnés;

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1. Introduction

Définitions, présentation d'exemples de systèmes non linéaires, analyse des systèmes non linéaires (plan de phase, méthode du premier harmonique)

#### Chapitre 2. Stabilité au sens de Lyapunov

Fondements théoriques : concepts de fonctions de Lyapunov, de points d'équilibre. Conditions de stabilité au sens de Lyapunov. Stabilité au sens de Lyapunov : méthode directe, méthode des fonctions de Lyapunov candidate, méthode des inégalités de Lyapunov.

#### Chapitre 3. Linéarisation par retour d'état

Définition de la linéarisation par retour d'état. Principes de la linéarisation par retour d'état. Techniques de linéarisation : linéarisation autour d'un point d'équilibre, la linéarisation par gain variable et la linéarisation par retour d'état non linéaire. Conditions de validité.

#### Chapitre 4. Commande par mode glissant

Définition. Principes fondamentaux de la commande par mode glissant (surface de glissement, de stabilisation par glissement et les conditions de convergence. Méthodes de conception : (techniques de conception de surfaces de glissement et de lois de

commande associées pour stabiliser les systèmes dynamiques). Méthodes d'analyse de la stabilité (théorèmes de stabilité, propriétés de convergence, méthode de Lyapunov).

## **Chapitre 5. Observateurs d'états des systèmes non linéaires**

Principes fondamentaux des observateurs d'états (convergence, observabilité, estimation). Observateurs d'états pour les systèmes non linéaires : observateurs de Luenberger non linéaires, observateurs à modes glissants et les observateurs à convergence exponentielle.

### **Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 40% ; Examen: 60%.

### **Références bibliographiques:**

- [1] Slotine, J.J.E., & Li, W. (1991). Applied Nonlinear Control. Prentice Hall.
- [2] Khalil, H.K. (2014). Nonlinear Systems (3rd ed.). Macmillan International Higher Education.
- [3] Isidori, A. (1995). Nonlinear Control Systems (3rd ed.). Springer.
- [4] Tsiotras, P., & Lozano, R. (2011). Nonlinear Control Systems: An Introduction. Springer.
- [5] Edwards, C., & Spurgeon, S.K. (1998). Sliding Mode Control: Theory and Applications. Taylor & Francis.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
08	Planification et navigation robotique.	03	05	RSI8.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	3h00	1h30	0h75	

### Introduction et objectifs :

La planification de trajectoire est l'une des problématiques essentielles de l'autonomie des robots mobiles, elle a pour but de générer une trajectoire libre de collisions entre une configuration initiale et une configuration finale d'un robot. Dans cette partie nous allons traiter le problème de la planification de trajectoire sous trois aspects ; un environnement entièrement connu, partiellement connu et complètement inconnu. Pour les environnements statiques et entièrement connus, une alternative à la méthode de Lozano Perez sera suggérée par souci de déterminer l'espace de configuration d'un robot. La méthode proposée a le mérite d'être simple et permet d'optimiser l'espace libre du robot. Nous abordons également le problème de la navigation réactive dans des environnements dynamiques ainsi que la construction de cartes d'environnements. On préconise d'utiliser une approche hybride qui intègre la représentation de la logique floue d'une base de connaissance intelligente avec la capacité d'apprentissage des réseaux de neurones.

### Connaissances préalables recommandées

- Connaissances de base en robotique
- Programmation en Python ou C++
- Logique floue et réseaux de neurones

- Apprentissage profond et automatique

## **Contenu de la matière :**

### **Chapitre1. Localisation, navigation et asservissement**

1. Introduction et défis
1. Odométrie
  - 1.3 Localisation et cartographie : SLAM, filtrage de Kalman, Rao-Blackwellized Particle Filter
  - 1.4 Planification de trajectoire : algorithmes A, D, RRT, planification probabiliste\*\*
1. Évitement d'obstacles : champs de force artificiels, navigation basée sur la visibilité
  - 1.6 Intégration de capteurs : lidar, caméras, GPS, IMU
  - 1.7 Fusion de données : filtrage de Kalman, Bayésien

### **Chapitre 2 : Navigation**

- 2.1 Stratégies de navigation
- 2.2 Architectures de contrôle
- 2.3 Navigation vers un but
- 2.4 Evitement d'obstacles

### **Chapitre 3. Vision avancée (Perception, Décision et Action)**

- 3.1 Asservissement visuel
- 3.2 Réseaux de capteurs embarqués
- 3.3 Couche de communication
- 3.4 Interface homme machine & supervision

### **Chapitre 4 . Protocoles de communication adoptés**

- MQTT (Broker RPI) Client (ESP32)
- Node Red & TTN (Tableau de bord)
- Web-server via applications.

### **Chapitre5:Applicationsetprojets**

- 5.1 Robotique mobile : robots terrestres, drones, robots volants
- 5.2 Robotique humanoïde : marche bipède, manipulation d'objets
- 5.3 Robotique chirurgicale : assistance au chirurgien, télé-opération
- 5.4 Réalisation d'un projet de commande ou de navigation robotique

### **Travaux pratique :**

- 1) Matlab-Simulink RPI-5-Robot
- 2) Suiveur de ligne par STM32 et Matlab
- 3) Commande vocale d'un bras de robot mobile
- 4) Exercices sur les concepts fondamentaux de la commande et de la navigation
- 5) Implémentation d'algorithmes de commande et de navigation
- 6) Simulateurs et plateformes robotiques
- 7) Développement de logiciels de commande et de navigation
- 8) Évaluation des performances et correction des erreurs

### **Mode d'évaluation :**

Control continu 40% examen 60%

### Références Bibliographiques :

- 1- International Technology Robotics Applications; Proceedings of the 2nd INTERA Conference, Held in Oviedo, Spain, March 2013
- 2- New Trends in Robot Control; ISBN:9789811518195, 981151819X; Page count:382; Published:February 13, 2020  
Publisher:[Springer Nature Singapore](#) ; Language:[English](#) ; Editors:Jawhar Ghommam, Nabil Derbel, Quanmin Zhu
- 3- Autonomous Navigation in Dynamic Environments; ISBN:9783540734222, 3540734228; Page count:172  
Published:October 14, 2007; Publisher:[Springer Berlin Heidelberg](#) ; Language:[English](#) ; Editors:Christian Laugier, Raja Chatila

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
08	Systemes Temps Réel	03	05	RSI8.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

**Objectifs de l'enseignement** : Cette matière vise ostensiblement à acquérir des compétences pratiques en programmation avancée et structurée, permettant aux ingénieurs d'interagir et de s'acointer avec le monde industriel via des applications palpables et bien ciblées et ouvrant ainsi un large éventail d'opportunités et d'efficacitées en ingénierie.

### **Connaissances préalables recommandées**

Etant donné que la plateforme préconisée pour cette formation est basée autour de la carte Nucleo-144 dotée de STM32-M4, il est essentiel que l'ingénieur ait un prérequis facilitant la tâche de programmation d'un tel processeur dans un environnement convivial tel que STM32CubeIDE.

On va adopter le long de cette formation l'aspect de « Learn by doing » par souci de bien se rapprocher au monde réel et présenter une qualité de formation séduisante et ludique.

### **Contenu de la matière :**

Chapitre 1. Introduction à la programmation en C embarquée

1.1 Système multi-tâches via pointeurs sur fonction et interruption Timer

1.2 Interruption externes par la pratique.

1.3 Traduction d'un grafcet d'un système complexe par le biais d'interruptions

Chapitre 2. Générateur PWM et Manipulation des Timers

2.1 Commande de servo-moteurs, Moteur DC et moteur pas-à-pas

2.2 Encodeur incrémental et supervision avec écran Oled/TFT

2.3 DMA et module Analogique par l'application

2.3 DMA-UART et transfert de données rapides

Chapitre 3. Implémentation d'une machine à état fini (FSM)

3.1 Planification et gestion des tâches Free-RTOS

3.2 Allocation-mémoire et listes chaînées (Linked lists)

3.3 Queue par la pratique

3.4 Mutex et gestion des ressources partagées

3.5 Sémaphores et gestion des priorités

Chapitre 4. Réseaux de capteur embarqué et couche de communication appropriée

4.1 Bras manipulateur 6-DOF et protocole LoRa-Wan

4.2 Robot explorateur polyvalent et nœud de capteurs

4.3 Système multi-tâches et intelligent

### **Travaux Pratiques :**

- 1) Initiation, Installation et configuration de l'environnement de développement (Mikroc, CubeMx-IDE)

- 2) Manipulation des GPIOs de la plateforme STM32 via des exemples introductifs
- 3) Utilisation des timer pour la gestion du temps (Timer2, Timer3)
- 4) Interruptions Timer2 par la pratique (Led blinking)
- 5) Fonction Pointeur et systèmes multi-tâches (implémentations FSM Simple 4 leds on-off state)
- 6) Interruptions externes avec interruption Timer2 et gestion de priorité
- 7) Générateur PWM pour un servo-moteur via les registre internes du Timer 2
- 8) Générateur PWM pour un moteur DC-L298N via les registre internes du Timer 2
- 9) Manipulation des moteurs pas-à-pas unipolaire et bipolaires sans librairie intégrée.
- 10) Encodeur incrémental et gestion d'un menu déroulant par le biais d'un écran TFT.
- 11) Implémentation d'une machine à état fini d'un régulateur PID (température)
- 12) Free RTOS, Mutex et gestion de ressources partagées
- 13) Sémaphores et gestion des priorités
- 14) Applications Pratiques.

**Mode d'évaluation:**

Control Continu:40%,,, Examen:60%

**Références bibliographiques**

1. Using the FreeRTOS Real Time Kernel - a Practical Guide - Cortex M3 Edition (FreeRTOS Tutorial Books) Paperback - January 1, 2010
2. Mastering the FreeRTOS™ Real Time Kernel A Hands-On Tutorial Guide Richard Barry, Real Time Engineers Ltd. 2016
3. Test Case Generation of Embedded Real-Time Systems with Interruptions for FreeRTOS, Wilkerson L. Andrade, Patrícia D. L. Machado, Everton L. G. Alves & Diego R. Almeida, 2010

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
08	Traitement d'Image	02	03	RSI8.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	0h0	1h30	

### Objectives ciblées :

Le programme d'ingénierie en robotique et systèmes intelligents offre une formation en traitement d'images axée sur des sujets de recherche académique et industrielle de haut niveau scientifique, dans les domaines de la robotique et de la commande des systèmes via le traitement d'images spécialisé. Les étudiants auront ainsi vu les notions de base dans ces domaines mais aussi suivi des cours plus avancés sur les thèmes d'actualité dans ces contextes. Ils auront de plus suivi une formation à la recherche et acquis des compétences transverses en robotique, vision par ordinateur mais aussi en reconnaissances des formes.

### Connaissances préalables recommandées :

On attend de l'étudiant qu'il ait une solide expérience dans le domaine du traitement statistique du signal, ainsi que des compétences en programmation avec Matlab et Python.

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Vision industrielle et de laboratoire

- 1.1 Notion de base sur l'acquisition de l'image, affichage et codage.
- 1.2 Représentation des images continues et numériques, prétraitement, filtrage, réduction de bruit, correction de contraste.
- 1.3 Extraction des caractéristiques : analyse cde texture et textures des images en acoustique
- 1.4 Segmentation : approches régions et contours
- 1.5 Morphologie mathématique binaire
- 1.6 Extraction des paramètres géométriques
- 1.7 Classification et reconnaissances des formes

#### Chapitre 2 Transformations orthogonales et leurs applications

- 2.1 Modèle déterministe et statistique de l'image
- 2.2 Transformations 2-D séparables et non séparables
- 2.3 transformation de Fourier discrète, DCT, Hadamard et walsh ,...etc

#### Chapitre 3. Transformation en ondelette « 2D-DWT » dédiée au système de débruitage

- 3.1 Filtrage 2D via des ondelettes appropriées
- 3.2 Classification et segmentation à l'aide d'ondelettes

#### Chapitre 4 : Classification et reconnaissances des formes

- 4.1 classifieur bayésien et probabiliste

- 4.2 Classification binaire avec les réseaux de neurones.
- 4.2 Classification non supervisée et segmentation floues
- 4.3 C-moyennes floues
- 4.4 C-moyennes classiques
- 4.5 C-moyennes floues
- 4.6 Cartes auto-organisatrices floue

### Chapitre 5 : Applications

- 5.1 Classification et ensembles flous
- 5.2 Méthodes à prototypes
- 5.3 Positionnement des prototypes
- 5.4 Reconnaissance
- 4.5 Perceptrons flous et codages semi-distribués
- 5.6 Systèmes d'inférence flous
- 5.7 Systèmes d'inférence neuro-flous
- 5.8 Neurones flous de Yamakawa
- 5.9 Extraction de règles floues d'un PMC floue

### Mode d'évaluation :

Contrôle continu 40% Examen 60%

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
08	Projet de Robotique 2	02	03	RSI8.5
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	-	-	3h00	

### Objectifs de l'enseignement:

- Appliquer les connaissances acquises en robotique à la réalisation d'un projet concret.
- Développer des compétences en gestion de projet, travail en équipe et communication.
- Stimuler la créativité et l'innovation.

### Mode d'évaluation:

Contrôle continu:100%;

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Réseaux Informatiques industriels		01	02	RSI8.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h0	1h30	-	0h45		

**Introduction :**

L'emploi d'automates, de capteurs intelligents et d'intelligence de plus en plus déportée implique une utilisation de plus en plus massive des réseaux informatiques industriels. Dans ce cadre, nous allons nous intéresser aux réseaux industriels ou bus de terrain. On est sans doute censé connaître les réseaux informatiques qui sont utilisés pour connecter plusieurs ordinateurs ou matériels informatiques, de la même manière, les réseaux industriels, sont utilisés pour connecter des équipements industriels. Ces équipements industriels peuvent être des automates, des robots, des capteurs, des variateurs de vitesse ou des IHMs.

**Prérequis :**

- Bases en informatique et programmation (Python, C++, etc.)
- Notions de base en électronique et télécommunications
- Mathématiques : algèbre linéaire, probabilités et statistiques Objectifs :
- Maîtriser les concepts fondamentaux des réseaux informatiques.
- Comprendre les architectures et les protocoles des réseaux IP.
- Analyser les performances et la sécurité des réseaux.
- Concevoir et administrer des réseaux pour la robotique.
- Appliquer les concepts des réseaux à des projets concrets de robotique.

## **Chapitre1. Problématique réseau en automatisme industriel**

- Définition et objectifs des réseaux informatiques
  - Composants d'un réseau : routeurs, commutateurs, etc.
  - Architectures de réseaux : LAN, WAN, MAN, etc.
  - Modèles de communication OSI et TCP/IP
  - Notions de base sur les technologies de transmission (Ethernet, Wi-Fi, etc.) Définition et objectifs des réseaux informatiques
- 
- Composants d'un réseau : routeurs, commutateurs, etc.
  - Architectures de réseaux : LAN, WAN, MAN, etc.
  - Modèles de communication OSI et TCP/IP
  - Notions de base sur les technologies de transmission (Ethernet, Wi-Fi, etc.)

## **Chapitre 2. Protocoles TCP/IP sur Ethernet**

2.1 Bus capteurs actionneurs

2.2 Maintenance réseau

2.3 Programmation réseau

2.4 Développement web

2.5 Algorithmique

2.6 Couche 2 : Ethernet, IEEE 802.11 (Wi-Fi)

2.7 Couche 3 : IP, routage, protocoles de transport (TCP, UDP)

2.8 Couche 4 : Applications : HTTP, DNS, FTP, etc.

2.9 Sécurité des réseaux : pare-feu, VPN, cryptage

2.10 Notions de virtualisation et de cloud computing

## **Chapitre 3. Applications des réseaux en robotique**

- Communication entre robots et capteurs
- Réseaux pour la robotique collaborative
- Contrôle à distance de robots
- Télésurveillance et télé-opération

Intégration des robots dans l'Internet des Objets (IoT)

## **Chapitre 4. Les Réseaux Sans Fil**

4.1 Transmissions radio.

4.2 Courants porteurs.

4.3 Technologies Wifi.

4.4 Outils logiciels. (Programmes de détection, d'analyse et de supervision, libres et open source.)

4.5 Réseaux sans fil non industriels. (Bluetooth, BLR, Li-Fi, IR, WiMax, Wusb, ZigBee.)

## **Chapitre 5 : Projets et cas d'étude**

- Exemples d'applications des réseaux en robotique
- Configuration d'un réseau pour la robotique
- Développement d'applications réseau pour la robotique
- Évaluation des performances et sécurité du réseau
- Présentation et discussion des projets Travaux pratiques
- Exercices sur les concepts fondamentaux des réseaux informatiques
- Configuration et simulation de réseaux
- Utilisation d'outils de diagnostic et de sécurité
- Développement de logiciels de communication pour la robotique
- Évaluation des performances et correction des erreurs

### Mode d'évaluation :

Control continu : 40% Examen : 60

### Références Bibliographiques :

1- Informatique industrielle et réseaux -2e éd ; ISBN:9782100729043, 2100729047 ;Page count:160

Published:June 17, 2015; Publisher:Dunod ; Language:French ; Author:Jean-François Hérold, Olivier Guillotin, Patrick Anaya

Réseaux informatiques

2- Notions fondamentales Normes, Architecture, Modèle OSI, TCP/IP, Ethernet, Wi-Fi,... ISBN:9782746031548, 274603154X ; Page count:452 ; Published:2006 ; Publisher:Editions ENI ; Language:French ; Author:Philippe Atelin, José Dordoigne

3- Contrôle-commande dans les systèmes complexes ; ISBN:9782746282094, 2746282097 ; Page count:404

Published:May 2013; Publisher:Lavoisier ; Language:French ; Author:Mohammed Chadli, Hervé Coppier

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
08	<b>Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité</b>	01	01	RSI8.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-	-	

### Objectifs de l'enseignement:

*Intitulé : Robotique et systèmes intelligents*

*MAJ : 2025/2026*

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. Equité. 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 : Egalité 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. Ethique 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,

<b>SEMESTRE</b>	<b>Intitulé de la matière</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Crédits</b>	<b>Code</b>
08	Eléments de l'intelligence artificielle appliquée	02	02	RSI8.8
<b>VHS</b>	<b>Cours</b>	<b>Travaux dirigés</b>	<b>Travaux Pratiques</b>	
45h00	1h30	-	1h30-	

#### **Compétences visées :**

*Intitulé : Robotique et systèmes intelligents*

*MAJ : 2025/2026*

- Identifier les opportunités de l'intelligence artificielle en sciences de l'ingénieur
- Comprendre les implications éthiques de l'IA et les bonnes pratiques de son utilisation.
- Capacité à utiliser les techniques de l'IA dans la résolution de problèmes

### **Objectifs :**

- Maîtrise des algorithmes IA
- Initiation aux concepts, outils et applications fondamentales de l'intelligence artificielle moderne, en mettant l'accent sur la pratique avec Python et ses bibliothèques.
- Approfondir le langage Python,
- Comprendre les approches de l'IA dans la résolution de problèmes,

### **Prérequis :**

Programmation avancée Python

### **Matériels nécessaires :**

- Un ordinateur avec Python installé,
- Bibliothèques Python : NumPy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib, os.listdir, os.path.exists, os.mkdir, os.rmdir, Matplotlib, Seaborn, Plitly , Request, Beautiful Soup, Tkinter, PyQt, ...
- Tensorflow, PyTorch, ...

## **Contenu de la matière :**

### **Chapitre 1 : Introduction à l'intelligence artificielle l'IA**

**(01 semaine)**

1. Définitions et champs d'application de l'IA.
2. Évolution historique de l'IA.
3. Introduction aux grands domaines :
  - **Apprentissage automatique (Machine Learning)**
  - **Apprentissage profond (Deep Learning)**

### **Chapitre 2 : Mathématiques de base pour l'IA**

**(01 semaine)**

1. **Algèbre linéaire** : vecteurs, matrices, produits, normes.
2. **Probabilités & statistiques** :
  - **Variables**, espérance, variance.
  - Lois usuelles : normale, binomiale, uniforme.
3. **Régression linéaire simple** :
  - Formulation, coût, optimisation.
  - Mise en œuvre avec **Scikit-learn**.
4. **Exercices** :
  - Manipulation de matrices avec la bibliothèque NumPy (Python)
  - Exercice sur la régression linéaire (utiliser une bibliothèque Python comme Scikit-learn par exemple)
  - Expliquer la bibliothèque Matplotlib (Python)
  - ...

### **Chapitre 3 : Apprentissage automatique (Machine Learning)**

**(03 semaines)**

1. Concepts clés : Données, Modèles, features, étiquettes, généralisation.
2. Phases d'un pipeline d'apprentissage : entraînement, validation, test.
3. Types d'apprentissage :
  - Supervisé

- **Non** supervisé
  - **Par** renforcement (*aperçu*)
4. **Exercices :**
- Approfondir les notions vues au cours
  - ....

## Chapitre 4 : Classification supervisée

(3 semaines)

1. Principe d'entraînement de modèle de classification simple :
2. Les modèles et algorithmes :
  - SVM (Support Vector Machine)
  - Arbres de décisions
3. Évaluation de performance :
  - Matrice de confusion, précision, rappel, F1-score.
5. **Exercices :**
  - Expliquer comment utiliser Scikit-learn ?
  - Comparaison de plusieurs modèles sur un dataset
  - ....

## Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

1. Notion de clustering.
2. Algorithmes :
  - **K-means**
  - DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)
3. Visualisation 2D et interprétation des résultats.
4. **Exercices :**
  - Expliquer comment utiliser un algorithme de clustering sur un Dataset
  - Expliquer comment visualiser les clusters.
  - ....

## Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

1. Architecture d'un réseau de neurones :
  - Perception,
  - Couches et couches caches, poids, biais.
  - Fonction d'activation : ReLU, Sigmoid, Softmax, ....
  - Exercices d'applications
2. Introduction au **Deep Learning** :
  - Notion de couches profondes.
  - Introduction au réseaux convolutifs (CNN)
3. **Exercices :**
  - Expliquer Tensorflow et PyTorch
  - Analyser un Dataset de texte et prédire des sentiments
  - ....

## Chapitre 7 : Mini projet (travail personnel encadré en dehors des cours) :

Création d'un modèle complet de classification ou clustering, avec prétraitement, entraînement et visualisation ; choisir et traiter un projet du début jusque la fin parmi (à distribuer au début du semestre) :

- Reconnaissance des caractères manuscrits
- Prédiction des catastrophes naturelles
- Développer un Chatbot capable de répondre aux questions fréquentes d'une entreprise, de manière naturelle.
- Développer un système capable de distinguer les sons normaux d'une machine de ceux indiquant une anomalie (roulement défectueux, vibration excessive, etc.)
- Développer un système (mini IA) capable d'analyser les sentiments exprimés dans les publications sur réseaux sociaux à propos d'un produit, une marque ou un évènement.
- ...

### Travaux pratiques :

**TP 01 :** Initialisation

**TP 02 :**

- Implanter une régression simple avec Scikit-learn **visualisation avec Matplotlib** (par exemple)
- Visualiser les résultats avec Matplotlib
- ...

**TP 03 :**

- **Pipeline de machine learning et séparation des données**
- Approfondir es notions vues au cours

**TP 04 :**

- Utilisation Scikit-learn pour entrainer un modèle de classification simple
- .....

**TP 05 :**

- Implanter un algorithme de clustering sur un Dataset
- Visualiser les clusters : **Clustering non supervisé (K-means, DBSCAN)**.
- ....

**TP 06 :**

- Construire un réseau de neurones simple avec TensorFlow ou PyTorch ou keras
- Construire un CNN simple pour classifier des images (exemple : Dataset MINIST)
- ...

**Mode d'évaluation :**

**examen 60% , CC=40%**

### Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J.Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Datasciences. Lien : <https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing>
- Qu'est-ce que le traitement du langage naturel. Lien : <https://aws.amazon.com/fr/what-is/nlp/>
- M.Journe : Eléments de Mathématiques discrètes – Ellipses
- F.Challet : L'apprentissage profond avec Python – Eyrolles
- H.Bersini (2024) : L'intelligence artificielle en pratique avec Python – Eyrolles

- B.Prieur (2024) : Traitement automatique du langage naturel avec Python – Eyrolles
- V.Mathivet ( 2024) : Implémentation en Python avec Scikit-learn – Eyrolles
- G.Dubertret (2023) : Initiation à la cryptographie avec Python – Eyrolles
- S.Chazallet (2023) : Python 3 – Les fondamentaux du langage - Eyrolles
- H.Belhadedf, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l’université de Msila - Algérie

## **PROGRAMME DETAILLE SEMESTRE 9**

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
09	Apprentissage Profond	04	06	RSI9.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90h00	1h30	1h30	1h30	

**Objectifs de l'enseignement :** Permettre aux étudiants de consolider leurs connaissances avec les techniques de l'intelligence artificielle (IA).

#### **Connaissances préalables recommandées**

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

#### **Contenu de la matière :**

##### **Chapitre 1. Introduction à l'intelligence artificielle.**

Intelligence Artificielle (IA); Domaines d'application; Principales techniques liées à l'intelligence artificielle; Avantages et inconvénients de l'IA.

##### **Chapitre 2. Méthodes d'apprentissage automatique et profond**

Apprentissage supervisé; Apprentissage non supervisé; Apprentissage semi-supervisé; Apprentissage par renforcement; Réseaux de neurones; Réseaux de neurone profond;.

##### **Chapitre 3. Application d'apprentissage automatique et profond**

Exemples simple d'application des algorithmes d'apprentissage automatique (Naive-Bayes, Decision 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.

##### **Chapitre 4. Réseaux de neurones convolutif (CNN)**

Introduction et différence entre CNN et l'apprentissage automatique traditionnel, les techniques utilisées pour créer divers modèles de réseaux neuronaux convolutifs tels que (VGG16, Alex Net et ResNet-50).

### Moded'évaluation:

Contrôle continu:40% examen : 60%

### Référencesbibliographiques

4. IanGoodfellow,YoshuaBengioandAaronCourville"DEEPLARNING".2017
5. Paluszek,Michael,and StephanieThomas.MATLABmachinelearning.Apress,2016
6. Raschka,S.,2015.Pythonmachinelearning.PacktpublishingIt
7. Liu,Y.H.,2017.PythonMachineLearningByExample.PacktPublishingLtd.
8. Ketkar,N.andSantana,E.,2017.DeeplearningwithPython(Vol.1).Berkel  
ey:Apress.
9. Warwick,K.,2013.Artificialintelligence:thebasics.Routledge.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
09	Commande des robots	04	06	RSI9.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90h00	3h00	1h30	1h30	

### Objectifs de l'enseignement :

- Maîtriser les principes de la commande des robots
- Appliquer les concepts de la commande par inversion de modèle géométrique et cinématique
- Développer des compétences en planification de trajectoire
- Concevoir et implémenter des lois de commande pour des robots manipulateurs
- Valider les performances des lois de commande par simulation et expérimentation

### Connaissances préalables recommandées

Modélisation de robots, programmation Matlab\ Simulink.

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Commande par inversion de modèle (13 heures)

- Principe de la commande par inversion de modèle géométrique
- Résolution d'ambiguïtés cinématiques
- Compensation de gravité et d'inertie
- Linéarisation par modèle géométrique inverse
- Commande par feedback linéaire

#### Chapitre 2 : Planification de trajectoire (13 heures)

- Trajectoires dans l'espace articulaire et cartésien
- Méthodes de génération de trajectoires (interpolation, polynômes, splines)
- Contraintes de temps, de vitesse et d'accélération
- Optimisation de trajectoires
- Planification de trajectoires dans des environnements contraints

#### Chapitre 3 : Commande et simulation de robots (10 heures)

Intitulé : Robotique et systèmes intelligents

MAJ : 2025/2026

- Implémentation de lois de commande par inversion de modèle et par feedback linéaire
- Utilisation de logiciels de simulation (Matlab/Simulink, V-REP, ROS)
- Validation des performances des lois de commande
  
- Analyse des résultats et comparaison des différentes approches

#### **Chapitre 4 : Applications et projets (10 heures)**

- Applications de la commande des robots manipulateurs en robotique industrielle, mobile
- Réalisation de projets de commande et de simulation de robots
- Présentation des projets et discussion des résultats

#### **Travaux pratiques (24 heures)**

- Simulateurs de robots
- Implémentation de lois de commande par inversion de modèle et par feedback linéaire
- Planification et optimisation de trajectoires
- Expérimentation sur des robots réels (si possible)
- Réalisation d'un projet de commande et de simulation de robot

#### **Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération)**

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

#### **Références bibliographiques**

1. "Commande des robots manipulateurs" de Bruno Siciliano, Oussama Khatib et Alessandro De Luca
2. "Robotique : modélisation, analyse et commande" de François Chaumette et Philippe Bidaud
3. "Trajectoire planning for robots" de Sertac Karaman and Emilio Frazzoli

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
09	Vision par ordinateur	02	04	RSI9.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-	1h30	

**Contenu de la matière :**

**Chapitre 1 Système de vision**

1. Introduction
2. Perception visuelle humaine
  - 2.1. La lumière
  - 2.2. Interaction lumière-objet
3. La vision par ordinateur

3.1 Acquisition des images

3.2. Représentation

3.3 Synthèse des couleurs

3.4. Espaces de couleurs

3.5 Domaines d'application

## **Chapitre 2 Généralités sur les images et histogrammes**

2.1 Introduction

2.2 Représentation

2.3 Echantillonnage et quantification

2.4 Résolution spatiale et tonale

2.5 Codage des images

2.6 Les formats d'images

2.7. La représentation vectorielle

2.7. La représentation matricielle

2.8 Les types de fichiers

2.9 Les formats simples

2.10 Les formats compressés

2.11 Les histogrammes

2.12 Histogramme normalisé

2.13. Histogramme cumulé

2.14 Manipulations d'histogramme

2.15 Décalage d'histogramme

2.16 Extension linéaire de la dynamique

2.17 Egalisation d'histogramme

2.20 Autres transformations

## **Chapitre 3 Filtrage des images**

3.1 Introduction

3.2 Transformée de Fourier et Spectre

3.3 La transformée de Fourier

3.4. La transformée de Fourier discrète TFD-2D

3.5 Théorème de convolution

3.6 Filtrage spatial

3.7 Principe de calcul de la convolution avec un filtre RIF

3.8 Exemple de masques

3.9 Types de Filtres

3.10 Filtrage non linéaire (filtre médian)

## **Chapitre 4 Méthodes de détection de contours**

4.1 Introduction

4.2 Détection de contours

4.3 Les formes de contours

4.4 Les contours et dérivés

4.5 Le gradient d'une image

4.6 Dérivation par différences finies

4.7 Calcul des dérivées par masques

4.8 L'algorithme de gradient

4.9 L'approche Laplacien

## **Chapitre 5 Introduction à la morphologie mathématique en niveaux de gris**

- 5.1 Introduction
- 5.2. Opérations morphologiques de base en niveaux de gris
- 5.3 Dilatation et érosion
- 5.4 Ouverture et fermeture
- 5.5 Autres opérateurs
- 5.6. Gradient morphologique
- 5.7. Laplacien morphologique

**Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

**Références bibliographiques**

Cocquerez, J.-P. Philipp, S. - Analyse d'images : filtrage et segmentation. Masson, 1995.

- 3. Chassery, J.M. Montanvert A. - Géométrie discrète en analyse d'images. Hermes, mai 1991.
- 4. Rousselle, J.J - les contours actifs, une méthode de segmentation : application à l'imagerie médicale. Thèse de doctorat de l'université de Tours, 2003.
- 5. R.C. Gonzalez, R.E. Woods, Digital Image Processing, 3ème Edition, 2008.
- 6. G. Burel, Introduction Au Traitement D'Images Simulation Sous Matlab. Hermes, 2001.
- 7. O. Hélénon, Traitement de l'image de la numérisation à l'archivage et la communication collection imagerie médicale formation, Elsevier-Masson, 2013.
- 8. E. Tisserand, J-F. Pautex, P. Schweitzer, Analyse et Traitement des Signaux : méthodes et applications au son et à l'image, 2ème Edition, Dunod, 2009.
- 9. C. Achard, Cours de traitement d'images, Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique, 2002-2003.
- 10. P-M. Jodoin, Analyse d'images : Notes de cours, Université de Sherbrooke, 2013.
- 11. E. Boyer, Cours analyse d'image : M2PGI – UFRIMA, Université Joseph Fourier / INRIA Grenoble, 2017.
- 12. I. Bloch, Morphologie mathématique : chapitre de polycopie sur méthodes avancées de traitement d'images. ENST 2007.
- 13. J. QUEBAUD et S. MAHDJOUR-ARAIBI, Techniques de dématricage d'images couleur (Caméra couleur-Filtre CFA-Algorithmes), projet bibliographique, Université de Lille 2010-2011.
- 14. G. Dauphin, Traitement d'images numériques : Notes de cours, Université de Paris

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
09	Systemes distribués et coopératifs	02	04	RSI9.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-	1h30	

### Prérequis:

- Connaissances de base en robotique
- Programmation (Python, C++, etc.)
- Réseaux informatiques
- Logique et algorithmique

### Objectifs :

- Maîtriser les concepts fondamentaux des systèmes distribués et coopératifs.
- Concevoir et développer des architectures logicielles pour des robots coopératifs.
- Comprendre les défis de la communication et de la coordination entre robots.
- Développer des algorithmes de coopération pour des tâches complexes.
- Appliquer les concepts de systèmes distribués et coopératifs à des projets concrets.

Contenu de la matière:

### Chapitre 1 : Introduction aux systèmes distribués et coopératifs

1. Définition et exemples de systèmes distribués et coopératifs
2. Architectures logicielles pour la robotique coopérative
3. Communication et coordination entre robots
4. Algorithmes de consensus et de répartition des tâches
5. Sécurité et fiabilité des systèmes distribués

### Chapitre 2 : Communication et coordination

1. Modèles de communication : publish/subscribe, RPC, etc.
2. Protocoles de communication : TCP/IP, UDP, etc.
3. Middleware pour la robotique : ROS, DDS, etc.
4. Synchronisation et ordonnancement des tâches
5. Gestion des conflits et résolution de problèmes

### Chapitre 3 : Algorithmes de coopération

1. Planification et allocation de tâches
2. Négociation et décision collective
3. Contrôle distribué et formation de consensus

4. Intelligence artificielle pour la collaboration
5. Apprentissage automatique et adaptation

#### **Chapitre 4 : Applications et projets**

1. Exemples d'applications de systèmes distribués et coopératifs en robotique
2. Essaims de robots : surveillance, exploration, etc.
3. Robotique collaborative : manipulation d'objets, construction, etc.
4. Robotique humanoïde : interaction homme-robot, etc.
5. Réalisation d'un projet de système distribué ou coopératif Travaux pratiques
  1. Exercices sur les concepts fondamentaux des systèmes distribués et coopératifs
  2. Implémentation d'algorithmes de communication et de coordination
  3. Simulateurs et plateformes robotiques
  4. Développement de logiciels pour la robotique coopérative
  5. Évaluation des performances et correction des erreurs

#### **Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 40 % ; Examen : 60 %.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
09	Véhicules intelligents	02	03	RSI9.5
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h0	1h30	-	1h30	

### Objectifs pédagogiques de la formation

L'objectif de la finalité « Systèmes Intelligents véhicules et Aéronautiques » est la maîtrise des concepts, des modèles et des techniques nécessaires à la conception et au développement des systèmes intelligents : véhicules terrestres (automobile, 2-roues), aériens, robotique aéronautique et spatiale, ... Le parcours "SIVA" traite de l'ensemble du cycle "perception, décision, action" sans occulter les aspects communication et interfaçage entre la partie commande et la partie opérative. Les disciplines abordées sont : modélisation, simulation, automatique, traitement du signal et des images, informatique embarquée, communication, facteurs de risque, connaissance de l'entreprise.

### Contenu de la matière :

**Chapitre 1. Modéliser et optimiser un système complexe.**

**Chapitre 2. Mettre en œuvre une approche système sur des problèmes concrets d'ingénierie dans les métiers de l'innovation**

**Chapitre 3. Modélisation dynamique des véhicules,**

3.1 architectures véhicule,

3.2 architectures embarquées et méthodologie des interfaces,

3.3 la chaîne fonctionnelle associant capteurs, actionneurs et effecteurs ainsi que les architectures matérielles et logicielles des interfaces entre les différents éléments d'un système automatisé,

3.4 outils de simulation et de prototypage rapide logiciels-matériels

#### **Chapitre 4. Développer et industrialiser de nouveaux produits et processus**

- Développer des logiciels à vocation industrielle
- Elaborer des plans de maintenance
- Développer et mettre en place des systèmes d'information
- Piloter des projets de progrès continu
- Maîtriser les différentes architectures embarquées et la méthodologie des interfaces.
- Modéliser et optimiser un système complexe.
- Gérer un projet, travailler en équipe,

#### **Mode D'évaluation :**

Control continu 40% Examen 60%.

#### **Références Bibliographiques**

1- Réseaux véhiculaires : Modèles et algorithmes ; ISBN:9782746282902, 2746282909 ; Page count:266; Published:September 2013 ; Publisher:Lavoisier ; Language:French ;Author:Houda Labiod, André-Luc Beylot

2- Intelligent Transportation Systems From Good Practices to Standards; ISBN:9781315353722, 1315353725 Page count:205; Published:December 2016; Publisher:CRC Press ; Language:English ;Editor:Paolo Pagano

3- Proceedings of the ... IEEE Intelligent Vehicles Symposium; Parts 1-2 ; Published:2003; Publisher:IEEE Service Center ; Original from:the University of Michigan; Digitized:January 11, 2008;Language:English

Contributors: IEEE Industrial Electronics Society, IEEE Intelligent Transportation Systems Council

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
09	Fusion de données	02	03	RSI9.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h0	1h30	-	1h30	

**Prérequis :**

1. Connaissances en robotique et capteurs

2. Programmation (Python, C++, etc.)
3. Probabilités et statistiques
4. Algorithmique

### **Objectifs :**

1. Maîtriser les concepts fondamentaux de la fusion de données.
2. Concevoir et implémenter des algorithmes de fusion de données pour la robotique.
3. Comprendre les défis de la fusion de données multi-capteurs.
4. Développer des systèmes de fusion de données robustes et adaptables à différents environnements.
5. Appliquer les concepts de la fusion de données à des projets concrets de robotique.

### **Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Introduction à la fusion de données (5 heures)**

1. Définition et objectifs de la fusion de données
  2. Applications de la fusion de données en robotique
  3. Architecture d'un système de fusion de données
  4. Classification des algorithmes de fusion de données
  5. Défis et limitations de la fusion de données
- Chapitre 2 : Estimation et filtrage (10 heures)
1. Rappels de probabilités et statistiques
  2. Estimateurs linéaires : Kalman, Bayes
  3. Filtres non linéaires : EKF, UKF, PF
  4. Fusion de données par filtrage particulière
  5. Techniques d'adaptation et de robustesse

#### **Chapitre 3 : Association et localisation de données (10 heures)**

1. Problème d'association de données
  2. Algorithmes d'association : nearest neighbor, JPDA, etc.
  3. Localisation d'objets par fusion de données
  4. Techniques de suivi d'objets multiples
  5. Fusion de données pour la cartographie
- Chapitre 4 : Applications et projets (10 heures)
1. Exemples d'applications de la fusion de données en robotique
  2. Navigation et localisation robotique
  3. Vision artificielle et perception 3D
  4. Robotique humanoïde : interaction homme-robot
  5. Réalisation d'un projet de fusion de données
- Travaux pratiques (25 heures)
1. Exercices sur les concepts fondamentaux de la fusion de données
  2. Implémentation d'algorithmes de fusion de données
  3. Simulateurs et plateformes robotiques
  4. Développement de logiciels de fusion de données
  5. Évaluation des performances et correction des erreurs

### **Mode d'évaluation :**

Contrôle continu : 40 % ; Examen : 60 %.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S9	Reverse engineering	2	2	I.9.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-	1h30	

#### Prérequis :

- Connaissances fondamentales dans la spécialité.

#### Objectifs :

- Comprendre les principes et les objectifs du Reverse Engineering (RE) dans le domaine des sciences et de technologie (ST),
- S'initier aux outils et aux méthodes du RE dans la spécialité concernée.
- Appréhender la valeur et l'éthique des principes du RE dans le design, la fabrication et l'assurance qualité de produits,
- Encourager la pensée critique, la curiosité technique, l'ingénierie inverse raisonnée et l'innovation,
- Apprendre à analyser, documenter et modéliser un système existant sans documentation initiale.

#### Contenu de la matière :

##### 1. Introduction à la Réverse Engineering

- Historique, enjeux légaux et éthiques du RE,
- Définitions et champs d'application : Approches (matériels, logiciels, procédés...)
- Domaines : maintenance, re-fabrication, cyber sécurité, veille concurrentielle

##### 2. Méthodologie générale

- Analyse d'un système "boîte noire" (black box)
- Décomposition fonctionnelle
- Diagrammes de blocs, entrées/sorties, flux d'énergie ou d'information

##### 3. Reverse engineering matériel

- Cartes électroniques : inspection visuelle, repérage de composants
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique
- Reconnaissance de schémas électroniques
- Reconstitution de schémas sous KiCad / Proteus

##### 4. Reverse engineering logiciel

- Analyse statique de binaires (ex : .exe, .hex)
- Décompilation, désassemblage (introduction à Ghidra, IDA Free, ou Hopper)
- Observation de comportements : sniffing, monitoring (ex : Wireshark)

- Cas des microcontrôleurs : lecture mémoire flash, extraction firmware

## 5. Reverse engineering mécanique

- Numérisation 3D : scanner, mesures manuelles
- Reproduction de modèles CAO à partir de pièces existantes
- Logiciels utilisés : SolidWorks, Fusion360

## 6. Sécurité et détection d'intrusion

- Reverse engineering dans la cybersécurité : détection de malware, vulnérabilités
- Signature de logiciels, protections contre le RE (obfuscation, chiffrement)

## 7. Cas d'études réels

- Analyse d'un produit obsolète ou inconnu (souris, alimentation, module Bluetooth, etc.)
- Exemple de rétroconception de pièce mécanique ou système simple (ventilateur, boîtier)

## Exemples de TP (base les 4 Génies)

### • Génie Electrique :

- Rétro-ingénierie d'un module électronique sans schéma
- Exemple : module Bluetooth, relais temporisé
- Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
- Identification de composants (IC, transistors, résistances, etc.).
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique.
- Lecture et extraction de firmware depuis un microcontrôleur.
- Introduction à la détection de contrefaçons électroniques.

### • Génie Mécanique :

- Rétro-ingénierie d'un mécanisme simple
- Exemples : pompe manuelle, clé dynamométrique, mini-presse.
- Démontage mécanique d'un système (pompe, engrenage, vérin...).
- Mesures et reconstruction de plans ou modèles 3D avec logiciel CAO (SolidWorks, Fusion360).
- Identification de matériaux et modes de fabrication.
- Simulation fonctionnelle à partir du modèle recréé.

### • Génie Civil :

- Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures...).
- Exemples : escalier métallique, appui de fenêtre, coffrage)
- Étude et rétroconception d'un élément de structure existant
- Identification des matériaux, des assemblages et des contraintes.
- Modélisation de l'ouvrage via Revit, AutoCAD ou SketchUp.
- Étude de réhabilitation ou reproduction d'éléments structurels anciens.

### • Génie des Procédés :

- Rétroconception d'un module de laboratoire
- Exemples : instruments, distillation, filtration, échangeur, réacteur simples...
- Analyse de systèmes industriels existants (colonne de distillation, échangeur, réacteur...).
- Reconstitution des schémas PFD et PID à partir de l'observation d'une installation.

- Identification des capteurs, actionneurs, organes de commande.
- Étude de flux de matière/énergie dans un procédé.

**Mode d'évaluation :**

**Examen : 60%, CC: 40%**

**Références bibliographiques :**

- Reverse Engineering for Beginners – Dennis Yurichev (gratuit en ligne)
- The IDA Pro Book – Chris Eagle (logiciels)
- Practical Reverse Engineering – Bruce Dang
- Documentation :
  - <https://ghidra-sre.org>
  - <https://www.kicad.org>
  - <https://www.autodesk.com/products/fusion-360>

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
09	<b>Recherche documentaire et Conception de mémoire</b>	01	01	RSI9.8
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-	-	

### **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.*