الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

عرض تكوين

مهندس دولة - ST

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	آلية	روبوتيك والانظمة الذكية

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

OFFRE DE FORMATION

INGENIEUR D'ETAT - ST

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

Etablissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	***Automatique***	***Robotique et systèmes Intelligents***

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ministry of Higher Education and Scientific Research

LOGO
De l'université

Training Offer

STATE ENGINEER - ST

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

Institution	Faculty / Institute	Department

Domain	Field	Specialisation
Science and Technology	***Control Engineering***	***Robotics and Intelligent Systems***

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
UEFondamentale Code : UEF 5.1 Crédits :14 Coefficients : 9	Systèmes Asservis Linéaire Continus	RSI5.1	6	4	3h00	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20%TP)	60 %
	Modélisation des robots	RSI5.3	5	3	3h00		1h30	67h30	40%	60 %
UE Fondamentale Code : UEF 5.2 Crédits : 8 Coefficients :5	Actionneurs pour la robotique	RSI5.4	5	3	1h30	1h30	1h30	33h45	40% (20% TD + 20%TP)	60 %
	Capteurs et Instrumentation pour la robotique	RSI5.5	4	2	1h30		1h30	67h30	40%	60 %
UEMéthodologique Code : UEM 5.1 Crédits : 7 Coefficients : 4	Electronique appliquée	RSI5.6	3	2	1h30		1h30	33h45	40 %	60 %
	Programmation orientée objet des systèmes embarqués en C	RSI5.7	3	2	1h30		1h30	22h30	40 %	60 %
	Programmation Objet Python appliquée	RSI5.8	3	2	1h30		1h30	22h30	40 %	60 %
UE Transversale Code : UET 5.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Energies renouvelables	RSI5.9	1	1	1h30			22h30	90h00	100%
Volume Horaire Total			30	19	15H00	03H00	10H30	427H30		

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 Lean start-up	RSI6.9	1	1	1h30	-	-	22h30		100%
Volume Horaire Total			30	19	12H00	06H00	10h30	427H30		

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	RSI8.6	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	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	RSI7.9	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total			30	19	12H45	07H30	08H15	427H30		

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 : 5 Coefficients :3	Projet de robotique 2	**RSI8.5**	**3**	**1**			**3h00**	**45h00**	100%	
	Réseaux informatiques industriels	**RSI7.6**	**1**	**1**	**0h45**		**0h45**	**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 : 4 Coefficients : 4	Lean startup	**RSI7.9**	**2**	**2**	**1h30**	**1h30**		**45h00**	**80% (20% Atl + 60% Prj)**	**20%**
	Eléments de l'intelligence artificielle appliquée	**ASI8.9**	2	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
Volume Horaire Total			**30**	**19**	**11h15**	**04h30**	**12h45**	**427h30**		

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%
Volume Horaire Total			**30**	**19**	**15H00**	**03H00**	**10H30**	**427H30**		

Semestre 10: Automatique et systèmes intélligents

Le Stage obligatoirement en relation avec le secteur industriel ou dans une enterprise ou réalisé dans le acre de l'arreté 1275 du 22 sept 2022.

- Le Stage obligatoirement en relation avec le secteur industriel ou dans une enterprise, 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 1er semestre

Programmes détaillés des matières du 5ème semestre

Intitulé : Robotique et systèmes intelligents *MAJ : 2025/2026*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
05	**Systèmes Asservis Linéaire Continus**		4	6	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 : Connaitre 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. Connaitre 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	**Modélisation des Robots**		3	5	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 polycopiés, 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		02	04	RSI5.4
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**		**Travaux Pratiques**	
45h00	1h30	-		1h30	

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 et4 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 poid, Relations mathématiques entre force, accélération, vitesse et déplacement. Principes généraux. Jauges extentiométriques 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**%.

Partie TP :

Selon le matériel / logiciels disponibles

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**	3	6	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, Le relais thermique.
- Les convertisseurs électromécaniques : Organisation de la machine, Principe de fonctionnement, Démarrage du moteur à courant continu, Bilan des puissances, Réversibilitéde la machine à courant continu, Alimentation du moteur, Fonctionnement à vitesse variable,
- les moteurs pas à pas : Moteur à aimant permanant, Moteur à reluctance variable, Moteur hybride

Chapitre II. Les actionneurs pneumatiques et hydrauliques

- L'énergie pneumatique : Constitution d'une installation pneumatique, Production del'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 des 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

Partie TP :

Selon le matériel / logiciels disponibles

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	**Electronique Appliquée**	2	3	RSI5.6

VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques
45h00	**1h30**	-	**1h30**

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. Ouhrouche, Circuits électriques, Presses internationale Polytechnique, 2009.

[4] A. Malvino, Principe d'Electronique, 6ème Edition Dunod, 2002.

[5] T. Floyd, Electronique Composants et Systèmes d'Application, 5ème Edition, Dunod, 2000.

[6] I. Jelinski, Toute l'Electronique en Exercices, Vuibert, 2000.

[7] D. Dixneuf, Principes des circuits électriques, Dunod, 2007

[8] M. Ouhrouche, Circuits électriques, Presses internationale Polytechnique, 2009.

[9] A. Malvino, Principe d'Electronique, 6ème Edition Dunod, 2002.

[10] T. Floyd, Electronique Composants et Systèmes d'Application, 5ème Edition, Dunod, 2000.

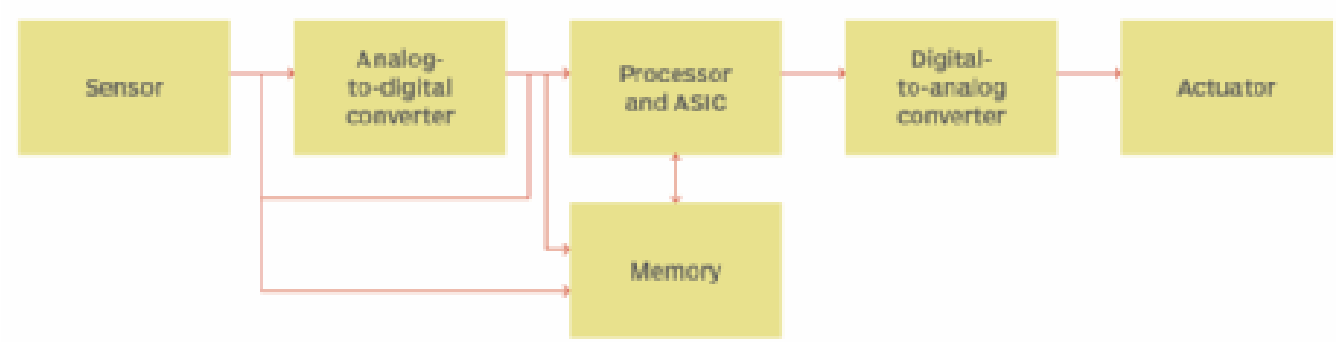
[11] I. Jelinski, Toute l'Electronique en Exercices, Vuibert, 2000.

[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**		2	3	RSI5.7
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**		**Travaux Pratiques**	
45h00	1h30	-		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**
- **Récursivité**
- **Algorithmes géométriques**
- **Algorithmes d'approximation**
- **Algorithmes probabilistes**

Chapitre 4 : Programmation avancée (10 heures)

- **Notion du pointer**
- **Pointer sur fonctions**
- **Mémoire dynamique et listes chinées**
- **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 polycopiés, 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	**Programmation avancée en Python**		2	2	RSI5.8
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**		**Travaux Pratiques**	
45h00	1h30	-		1h30	

Objectifs de la matière :

Compétences visées :

- Utilisation des outils informatiques pour l'acquisition, le traitement, la production et la diffusion de l'information
- Compétences en Python et gestion de projets,
- Compétences en automatisation et visualisation de données.

Objectifs :

- Approfondir la maîtrise du langage Python et initier les étudiants aux bases de l'analyse de données et de l'intelligence artificielle.
- Acquérir les bases de solides en informatique.
- Apprendre à programmer en Python, Excel
- Maitriser l'automatisation de tâches
- Maitriser un logiciel de gestion de projets

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.

Prérequis : Programmation Python.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels sur la programmation en Python (02 Semaines)

1. Introduction : Concepts de base en informatique et outils numériques, installation de Python.
2. Présentation de la notion de système d'exploitation : Roles, types (Linux, Woindows , ..) Gestions des priorités,
3. Présentations des réseaux informatiques (Principe, Adresse IP, DNS, internet, …)
4. Programmation de base : Mode interactif et mode script, Variables, types de données, opérateurs. Structures conditionnelles et boucles (if, for, while).
5. Fonctions et éléments essentiels : Fonctions prédéfinies et création de fonctions. Modules standards (math, random). Chaînes de caractères, listes, manipulation de base des données.
6. Les Fichiers , Listes, Tuples, Dictionnaires,
7. Exercices :
   - Exercices d'apprentissage de Python
   - Exercices d'utilisation des bibliothèques vus au cours (Math, Random, NumPy, Pandas,…)
   - ….

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

1. Principes d'Automatisation de tâches
   - Bibliothèques Python pour l'automatisation :
     - ✓ Pandas et NumPy.

- ✓ Os, shutil : manipulation de fichiers et dossiers
- ✓ Openpyxl ou pandas : travail avec des fichiers Excel ou CSV

- Définitions et exemples d'automatisation (envoi de mails,…)

2. Manipulation de fichiers avec Python :

- Utiliser les librairies pour :
  - ✓ Parcourir un dossier (os.listdir)
  - ✓ Vérifier l'existence d'un fichier ou dossier (os.path.exists)
  - ✓ Créer ou supprimer des dossiers (os.mkdir, os.rmdir)
  - ✓ Visualiser des données : Matplotlib, Seaborn, Plitly
  - ✓ Request pour réagir avec des Interface de Programmation d'Application (API)
  - ✓ Beautiful Soup pour le Scraping de données
  - ✓ Tkinter, PyQT pour visualiser des données graphiques
- Copier ou déplacer des fichiers avec shutil…
- Recherche, tri et génération de rapports simples.
- Sérialisation et Désérialisation (Utilisation du module pickle).
- Sérialisation d'objets et traitement de fichiers volumineux (streaming).
- ….

3. Exercices :

- Utilisation de openpyxl et pandas pour lire, modifier et écrire des fichiers Excel ou CSV pour :
  - ✓ Créer des rapports automatiques
  - ✓ Extraire automatiquement des données
  - ✓ ….
- Ecriture de scripts pour :
  - ✓ Traiter des fichiers textes (recherche, tri)
  - ✓ Automatiser des calculs techniques
  - ✓ Gérer des rapports simples (PDF, Excel)
  - ✓ ….
- Algorithmes de tri, de recherche et de tri par insertion
- Implémenter une fonction de recherche dans une liste.
- Opération sur les fichiers
- Navigation sécurisée (configuration de réseaux simples, gestion des mots de passe)
- ….

Chapitre 3 : Apprentissage avancé d'Excel **(02 semaines)**

1. Principes des macros et création d'une macro simple,

2. Tableaux croisés dynamiques,

3. Histogrammes,

4. Diagrammes en barres,

5. Araignée,

6. Etc.

7. Exercices Excel ….

Chapitre 4 : Apprentissage de GanttProject **(02 semaines)**

1. Introduction à la gestion de projets :

- Qu'est-ce qu'un projet ?

- Quels sont les enjeux de gestion d'un projet ?
- Interface de GanttProject

2. Les tâches (création, modification, organisation)
3. Gestion du temps (dates de début ou de fin de projet)
4. Gestion des ressources
5. **Exercices** sur Gantt Project

Chapitre 4 : Programmation orientée objet avancée (03 semaines)

1. Organisation du code :
   - Fonctions personnalisées, paramètres, valeur de retour.
   - Modules, importations et packages.
2. Structures de données complexes :
   - Listes, tuples et dictionnaires : création, modification, suppression, parcours.
3. Concepts fondamentaux de la Programmation orientée objet (POO) :
   - Classes, objets, attributs et méthodes.
   - Attributs publics, privés et protégés.
4. Méthodes spéciales :
   - **init**, **str**, **repr**, **len**.
5. Concepts avancés :
   - Encapsulation, abstraction, héritage, polymorphisme.
   - Héritage avancé, décorateurs, design patterns, métaclasses.
6. **Exercices**

Chapitre 5 : Introduction aux données pour l'IA (02 semaines)

1. Introduction aux Datasets courants en IA :
   - Iris, MNIST, CIFAR-10, Boston Housing, ImageNet.
2. Prétraitement des données pour le Machine Learning:
   - Nettoyage, normalisation, encodage, séparation des données.
   - Validation croisée (cross-validation).
3. Techniques de Feature Engineering :
   - Sélection, création de caractéristiques, réduction de dimension.
4. Bibliothèques essentielles pour le développement des modèles IA:
   - scikit-learn, TensorFlow, Keras, PyTorch
5. **Exercices**

Travaux pratiques :

TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python

(Structures de contrôle, types, boucles, fonctions simples)

1. Initiation
2. Lire et traiter des fichiers textes
3. Gérer des rapports simples (PDF, Excel)

TP 02 :

Elaborer un cahier de charges d'un mini projet d'automatisation de tâches avec Python consistant à identifier et à envoyer automatiquement des rapports par email avec Python :

1. Charger les données depuis un fichier (ex : mesures expérimentales),
2. Effectuer des statistiques simples sur les données (moyenne, écart-type avec interprétation),
3. Générer un graphique,
4. Envoi du résultat avec Python.

TP 03 :

1. Programmation ex Excel du tableau de bord vu en cours
2. Création de tableaux Excel automatisés
3. Macros simples,
4. Formules conditionnelles,
5. Recherche V.

TP 04 :

Organiser une réunion en Gantt project

1. Créer un nouveau projet :
    - Nom du projet : « Réunion ….
    - Date de début : Date et heure de la réunion
    - Durée estimée : durée totale de la réunion
2. Définition des tâches
    - Points à l'ordre du jour (chaque point de l'ordre du jour devient une tâche)
    - Sous-taches : Si un point est composé, créer alors les sous-tâches correspondantes
    - Tâches initiales et finales (par exemple : « Accueil de participants », « clôture de la réunion »)
3. Définition des ressources :
    - Participants (chaque participant est une ressource)
    - Matériel (ordinateur, datashow…)
4. Estimation des durées :
    - Durée de chaque point : temps nécessaire pour chaque point de l'ordre du jour
    - Temps de transition d'un point à l'autre
5. Création du diagramme de Gantt :
    - Visualiser l'ordre du jour
    - Identifier les points clés
6. Suivre l'avancement en temps réel (projection du Diagramme de Gantt)

TP 05 : Structures avancées et organisation du code

(Fonctions personnalisées, dictionnaires, modules et organisation modulaire

TP 06 : Programmation orientée objet avancée en Python

(Encapsulation, héritage, méthodes spéciales, design patterns simples)

TP 07 : Manipulation de fichiers et analyse de données

(Lecture/écriture de fichiers, traitement de texte, introduction à Pandas et NumPy)

TP 08 : Préparation et traitement de données pour l'intelligence artificielle

(Chargement de datasets IA, nettoyage, transformation, sélection de caractéristiques)

Projet final

Titre : Analyse et visualisation d'un jeu de données + modèle prédictif simple
Compétences mobilisées : Lecture de données, POO, structures avancées, Pandas, Scikit-learn.
(Présentation orale + rapport écrit).

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie

[1] . E.Schultz et M.Bussonnier (2020) : Python pour les SHS. Introduction à la programmation de données. Presses Universitaires de Rennes.

[2] . C.Paroissin, (2021) : Pratique de la data science avec R : arranger, visualiser, analyser et présenter des données. Paris : Ellipses, DL 2021.

[3] . S.Balech et C.Benavent : NLP texte minig V4.0, (Paris Dauphine – 12/2019) : lien : https://www.researchgate.net/publication/337744581_NLP_text_mining_V40_-_une_introduction_-_cours_programme_doctoral

[4] . Allen B. Downey Think Python: How to Think Like a Computer Scientist, O'Reilly Media, 2015;

[5] . Ramalho, L.. Fluent Python. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;

[6] . Swinnen, G.. Apprendre à programmer avec Python 3. Editions Eyrolles, 2012;

[7] . Matthes, E. Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming. no starch press, 2019

[8] . Cyrille, H. (2018). Apprendre à programmer avec Python 3. Eyrolles, 6ème édition. ISBN: 978-2212675214

[9] . Daniel, I. (2024). Apprendre à coder en Python, J'ai lu

[10] . Nicolas, B. (2024). Python, du grand débutant à la programmation objet Cours et exercices corrigés, 3eme édition, Ellipses

[11] . Ludivine, C. (2024). Selenium Maîtrisez vos tests fonctionnels avec Python, Eni

Ressources en ligne :

- Documentation officielle Python : docs.python.org
- Exercices Python sur Codecademy : codecademy.com/learn/learn-python-3
- W3Schools Python Tutorial : w3schools.com/python/

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S5	**Energies Renouvelables**		**1**	**1**	ASI 5.9
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	1h30		-		

Objectifs de l'enseignement : À la fin du cours, l'étudiant doit être capable de :

- Comprendre les principales sources d'énergies renouvelables.
- Comprendre les principes de modélisation des systèmes énergétiques renouvelables.
- Comprendre les chaînes de conversion énergétique.
- Analyser les systèmes photovoltaïques, éoliens et hybrides.
- Comprendre les différents modes de stockage de l'énergie

Connaissances préalables recommandées

Électrotechnique fondamentale, Automatique linéaire, Électronique de puissance, Conversion d'énergie, Bases de programmation. Introduction aux systèmes intelligents, Energie et environnement.

CHAPITRE 1 — Introduction Générale aux Énergies Renouvelables

Crise énergétique mondiale, Réchauffement climatique, Transition énergétique, Mix énergétique mondial, Définition des énergies renouvelables (Différence : énergie primaire, énergie finale, puissance, rendement, Classification : solaire, éolien, hydraulique, biomasse, géothermie, …)

CHAPITRE 2 — Bases Électriques des Systèmes Énergétiques

Rappels : tension, courant, puissance active/réactive, Conversion AC/DC, Electronique de puissance (hacheurs, onduleurs, redresseurs), Qualité d'énergie

CHAPITRE 3 — Énergie Solaire Photovoltaïque

Rayonnement solaire, Spectre AM1.5, Cellule photovoltaïque (principe physique , jonction PN), Modélisation électrique (Modèle à une diode, deux diodes), Caractéristiques(Courbe I–V , Courbe P–V) , Point de puissance maximale (MPP), Technologies PV (Silicium monocristallin, Polycristallin, Thin film, Bifacial, HJT/TOPCon)

CHAPITRE 4 — Énergie Éolienne

- **Introduction à l'énergie éolienne**, Fonctionnement général d'une éolienne, Origine et caractéristiques du vent, Puissance éolienne et limite de Betz, Types d'éoliennes et Génératrices utilisées dans les systèmes éoliens
- **Électronique de puissance des systèmes éoliens :** Convertisseurs AC/DC et DC/AC , Onduleurs, Notions de PWM, Contrôle tension/fréquence
- **Commande et contrôle des éoliennes :** Contrôle de vitesse, Commande des pales (Pitch Control) , Introduction au MPPT éolien, Introduction aux méthodes de contrôle intelligent
- **Systèmes éoliens hybrides :** Systèmes PV–éolien , Éolien–batterie
- **Applications industrielles de l'énergie éolienne :** Production connectée au réseau, Sites isolés, Smart grids, Intégration dans les systèmes énergétiques intelligents

CHAPITRE 5 — Systèmes de Stockage d'Énergie

Importance du stockage, Batteries (Les batteries à usage solaire, plomb-acide (types ouvertes et scellées)), Li-ion , sodium-ion, Supercondensateurs, Hydrogène et piles à combustible

Chapitre 6 : Réseaux électriques intelligents – Smart Grids (3 semaines)

Architecture des Smart Grids, Réseaux intelligents et communication, Comptage intelligent, Gestion de l'énergie en temps réel, Intégration des sources renouvelables.

Références bibliographiques

1. Janaka E., Nick J., Kithsiri L., Jianzhong W., Akihiko Yokoyama, « Smart Grid: Technology and Applications », Wiley.
2. Gilbert M. Masters, « Renewable and Efficient Electric Power Systems », Wiley.
3. Fang Lin Luo, Hong Ye, « Advanced DC/AC Inverters », CRC Press.
4. Ali Keyhani, « Design of Smart Power Grid Renewable Energy Systems », Wiley.

5. Sergio Saponara, Alessandro De Gloria, « Smart Systems Integration and Simulation », Springer.
6. Mohamed Benbouzid, « Renewable Energy Systems », Elsevier.
7. Rapports IEA – International Energy Agency.

PROGRAMME DETAILLE SEMESTRE 6

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	**Asservissement des systèmes linéaires discrets**	**03**	**6**	RSI6.1

VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques
	1h30	1h30	1h30

Chapitre1.Structured'unsystèmedecommandenumérique
Structuregénéraled'unsystèmedecommandenumérique,ConversionsA/NetN/A,Echantillonneurs/bloqueurs.

Chapitre2.Echantillonnagedessignaux
Echantillonnage/reconstruction des signaux, Bloqueurs, Choix de la périoded'échantillonnage.

Chapitre3.Représentationdessystèmeséchantillonnés
Représentation par les équations aux différences, Opérateurs d'avance/retard, Représentation par la réponse impulsionnelle, Transformée en Z, Transmittance en Z.

Chapitre4.Analysedes systèmes échantillonnés
Conditionsdestabilité,transforméeenw,Critèresdestabilitéalgébrique(Jury,Routh).Performances(Rapidité,Précision)

Chapitre5.Synthèsedessystèmeséchantillonnés
Régulateurs standard PID. Synthèse dans le plan P et numérisation. Synthèse dans le plan Z.ContrôleurRST.Implémentationdesrégulateursnumérique.

Moded'évaluation:
Contrôlecontinu:40%;Examen:60%.

Référencesbibliographiques:

[1] J.R.Ragazzini,G.F.Franklin,« Lessystèmes asserviséchantillonnés»,Dunod,1962.
[2] ChristopheSueur,PhilippeVanheeeghe,PierreBorne,«Automatiquedessystèmeséchantillonnés:élémentsdecoursetexercicesrésolus»,Technip,5décembre2000.
[3] P.Borne.G.D.Tanguv.J.P.Richard.F.Rotella,I.Zambetalcis,«Analyseetrégulationdeprocessusindustriels-régulationnumérique»,Tome2-EditionsTechnip,1993.
[4] EmmanuelGodoy,EricOstertag,«Commandenumériquedessystèmes:
[5] Approchesfréquentielleetpolynomiale»,EllipsesMarketing,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		

Objectifsdel'enseignement:

Acquérirdesconnaissancessurlesdifférentstypesdemicrocontrôleursutilisésdansl'industrieetlessystèmes embarqués. Faire la différence entre microprocesseur et microcontrôleur. Utilisation du microcontrôleur (programmation, commande des systèmes).

Connaissancespréalablesrecommandées

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

Contenu de la matière :

Chapitre1.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.

***Chapitre2. Architecture des microcontrôleurs** (un microcontrôleur 8 bits MICROCHIP (PIC16F877A) ou ATMELAT mega 328 comme exemple d'application)*

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

Chapitre3.LelangageAssembleur

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 calcul savec registres, les branchements, l'accès à la mémoire et les boucles.

Chapitre3.LesInterruptions

Lesinterruptionssontdesévénementsprioritairesquiinterrompentl'exécutionnormaleduprogramme d'un microcontrôleur. Dans ce chapitre, les étudiants apprennent comment gérer lesinterruptions et les tâches d'interruptions, ainsi que les différents types d'interruptions disponiblespourlesmicrocontrôleurs.

Chapitre4.LesTIMERsetleWatchdog

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

Chapitre5.Le Convertisseur analogique numérique

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

Chapitre 6. Liaisons sériesUART,I2C,etSPI

Ce chapitre est consacré pour la communication série (MC MC) et (MC PC) ainsi que les busélectroniquespourl'interfaçagedescapteursI2C,SPI.

Chapitre7.IntroductionaulangageCEmbarqué

Le C est un langage de programmation de haut niveau utilisé pour faciliter la programmation desmicrocontrôleurs. Ce chapitreest 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:

Contrôlecontinu:40% (TD=20% + TP=20%) ; Examenfinal: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 Group2018.
[4]. Programming 8-bit PIC Microcontrollers in Cwith 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		0h45	

Objectifs de l'enseignement :

Maîtriserles outils dereprésentationtemporelleetfréquentielle des signauxet systèmes analogiquesetnumériqueseteffectuerlestraitementsdebasetelsquelefiltrageetl'analysespectralen umérique.

Connaissancespréalablesrecommandées:

Théoriedusignal,outilsmathématiquesdebase:calculd'intégrales,sérieettransforméedeFourier.

Contenu de la matière :

.

ChapitreI. **Analyseetsynthèsedesfiltresanalogiques(03Semaines)**

Principes du filtrage analogique, Structures des filtres analogiques, Analyse fréquentielle et analysetemporelle, 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 secondordre,Filtrespassehautdupremieretsecondordre,Filtrespassebande,autresfiltres(Tch ebyshevIetII,Butterworth,Cauer).

ChapitreII. Dusignalcontinuausignalnumérique**(02Semaines)**

Notions sur l'échantillonnage, Conditions de Shannon, Filtre anti-repliement, Echantillonnagedessignauxpériodiques.Quantificationetbruitsdequantification,ConversionA nalogique/Numérique,Reconstructiondusignaletfiltreinterpolateur.

ChapitreIII. Transformées discrètesetfenêtrage**(04Semaines)**

Définition de la TFTD (Transformée de Fourier à Temps Discret), TFD (Transformée de FourierDiscrète)et TFD inverse,DelatransforméedeFourieràlaTFD,Fenêtresdepondération,propriétésdelaTFDetco nvolutioncirculaire,AlgorithmesrapidesdelaTFD (FFT).

ChapitreIV. Analyseetsynthèsedesfiltresnumériques**(06Semaines)**

Définition gabarit de filtre, Les filtres RIF et RII, convolution discrète et équation aux différencesfinies,analysedesfiltresnumériques,transforméeenz,fonction detransfertenz,pôlesetzéros, 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. SynthèsedesfiltresnumériquesRII:Méthodebilinéaire.

Moded'évaluation:
Contrôlecontinu:40%;examen:60%.

Référencesbibliographiques:

[1] PatrickDuvaut,FrançoisMichaut,MichelChuc,Introductionautraitementdusignal-exercices,corrigéset rappelsdecours, HermesSciencePublications, 1996.

[2] ÉtienneTisserandJean-FrançoisPautexPatrickSchweitzer,Analyseettraitementdessignauxméthodesetapplicationsausonetàl'image2ième édition,Dunod,Paris,2008.

[3] TaharNeffati,Traitementdusignalanalogique:Cours,EllipsesMarketing,1999.

[4] MessaoudBenidir,Théorieettraitementdusignal:Méthodesdebasepourl'analyseetletraitement dusignal, Dunod, 2004.

[5] MauriceBellanger,Traitementnumériquedusignal:Théorieetpratique,9ième édition,Dunod,Paris,2012.

[6] FrancisCottet,Traitementdessignauxetacquisitiondedonnées-Coursetexercicescorrigés,4ième édition,Dunod,Paris,2015.

[7] F.deCoulon,"Théorieettraitementdessignaux",ÉditionPPUR.

[8] C.Gasquet,P.Witomski"AnalysedeFourieretapplications".Masson, 1995.

[9] S.Haykin,"Signalsandsystems",JohnWiley&Sons,2nded.,2003.

[10] B.Picinbono,"Théoriedessignauxetdessystèmesavecproblèmesrésolus",EditionBordas.

Y.Thomas,"Signauxetsystèmeslinéaires".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)**		3	5	RSI6.5
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**		**Travaux Pratiques**	
67h30	**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
22h30	**-**	-	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**	
22h30	**-**	-		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.

Chapitre3.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, ensélectionnant 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 librairies électroniques, il réalisera des circuits hydrauliques et pneumatiques complexes remplissant les conditions de fonctionnement de la machine. Ensuite, l'étudiant procèdera 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)

Cecours 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 et lean Start-Up 1**		1	1	ASI.6.9
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	**1h30**				

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours situe l'étudiant dans son futur rôle d'acteur économique et l'introduit aux fondements de la démarche entrepreneuriale moderne. Il présente le concept d'université de quatrième génération (University 4.0) et le rôle de l'université dans la valorisation de la recherche scientifique et la création de startups. L'étudiant découvre ensuite l'écosystème national de soutien à l'innovation en Algérie : incubateurs, accélérateurs, fonds d'investissement et cadre réglementaire applicable aux startups et aux micro-entreprises. La seconde partie du cours pose les bases de la méthodologie Lean Startup, à travers la compréhension du marché et des besoins réels du client (Customer Discovery) et la construction d'un modèle d'affaires (Business Model Canvas). À l'issue du cours, l'étudiant sait analyser un écosystème entrepreneurial, formuler des hypothèses entrepreneuriales et concevoir un modèle d'affaires préliminaire, compétences qu'il approfondira dans le module Lean Start-Up 2.

Connaissances préalables recommandées:

Aucune connaissance technique préalable n'est requise. Une aisance avec le travail en équipe et les outils numériques de base (traitement de texte, présentation, recherche documentaire) facilite le suivi du cours.

Contenu de la matière:

I. L'université entrepreneuriale et l'université 4.0 (3 semaines)

- Évolution des générations d'université, de l'université 1.0 à l'université 4.0
- Caractéristiques de l'université 4.0
- Intelligence artificielle et transformation numérique dans l'enseignement supérieur
- Rôle de l'université dans l'économie de la connaissance
- Valorisation des résultats de la recherche scientifique
- Transformation de la recherche scientifique en startups
- Exemples d'universités entrepreneuriales à l'international (MIT, Stanford, Cambridge, Tsinghua, NUS, TUM, PSL/Polytechnique)

II. L'écosystème entrepreneurial et l'innovation en Algérie et à l'université (3 semaines)

- Concept d'écosystème entrepreneurial
- Acteurs de l'écosystème : incubateurs, accélérateurs, investisseurs, institutions publiques
- Politique algérienne de soutien à l'innovation
- Décision ministérielle n° 1275 relative aux statuts de startup, d'entreprise innovante et de détenteur de brevet
- Incubateurs universitaires et centres de soutien technologique et à l'innovation
- Rôle de l'intelligence artificielle dans l'écosystème entrepreneurial
- Articulation entre l'université et son environnement économique

III. Introduction aux startups et à la méthodologie Lean Startup (3 semaines)

- Différence entre entreprise traditionnelle et startup
- Notion d'innovation et d'incertitude dans le projet entrepreneurial
- Origines et principes de la démarche Lean Startup (Eric Ries)
- Apprentissage validé (Validated Learning) et réduction du gaspillage
- Le cycle Construire – Mesurer – Apprendre (Build – Measure – Learn)
- La comptabilité de l'innovation (Innovation Accounting)

IV. Compréhension du marché et du client : Customer Discovery (3 semaines)

- Les étapes de création d'une startup : idée, équipe, prototype, investissement
- Méthodologie de Steve Blank et Customer Development
- Identification du problème et analyse des besoins du client
- Conduite d'entretiens entrepreneuriaux
- Construction et test des hypothèses
- Adéquation problème-solution (Problem-Solution Fit)

V. Le modèle d'affaires : Business Model Canvas (3 semaines)

- Présentation du Business Model Canvas
- La proposition de valeur
- Les segments de clientèle et les canaux de distribution
- Les sources de revenus
- La structure des coûts

Mode d'évaluation:

Examen : 100 %.

Références bibliographiques

1. Ries, E. (2011). The Lean Startup.
2. Blank, S., Dorf, B. (2012). The Startup Owner's Manual.
3. Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation.
4. Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., Smith, A. (2014). Value Proposition Design.
5. Blank, S. (2013). Why the Lean Start-Up Changes Everything. Harvard Business Review.
6. Y Combinator (2018). Startup Playbook.
7. OECD (2022). Entrepreneurship and Innovation Policy Frameworks.

Annexe - Glossaire des concepts clés

Cette liste reprend, en français, les notions fondamentales introduites dans le cours et nécessaires à la compréhension du module Lean Start-Up 2.

Terme	Définition
University 4.0	Université qui relie étroitement l'enseignement, la recherche et l'innovation numérique.
Startup	Entreprise opérant dans un contexte d'incertitude, à la recherche d'un modèle d'affaires reproductible.
Uncertainty (incertitude)	État d'incertitude propre aux marchés émergents, dans lequel évolue toute startup.

Terme	Définition
Lean Startup	Méthodologie de création d'entreprises fondée sur l'apprentissage rapide et l'expérimentation.
Lean Thinking	Approche visant à réduire le gaspillage et à maximiser la valeur créée.
Build – Measure – Learn	Cycle de base de la démarche Lean Startup : construire, mesurer, apprendre.
Validated Learning (apprentissage validé)	Apprentissage fondé sur des expérimentations réelles plutôt que sur des suppositions.
Innovation Accounting (comptabilité de l'innovation)	Mesure du progrès par l'apprentissage plutôt que par le profit immédiat.
Entrepreneurial Hypothesis (hypothèse entrepreneuriale)	Hypothèse testable sur laquelle repose le projet.
Customer Discovery	Démarche de compréhension approfondie des problèmes réels rencontrés par les clients.
Customer Development	Méthodologie de Steve Blank pour la construction progressive de la clientèle.
Customer Validation	Vérification, sur le marché réel, de la viabilité de la solution proposée.
Problem-Solution Fit	Adéquation entre le problème identifié et la solution envisagée.
Business Model Canvas	Représentation visuelle synthétique du modèle d'affaires d'un projet.
Lean Canvas	Variante simplifiée du Business Model Canvas, centrée sur le problème et la solution.
Value Proposition (proposition de valeur)	Valeur concrète que le produit ou le service apporte au client.
Idea Validation (validation de l'idée)	Vérification préalable de la pertinence d'une idée avant son développement.
Hypothesis Testing (test d'hypothèses)	Vérification méthodique des hypothèses formulées par l'équipe.
Design Thinking	Démarche de résolution de problèmes centrée sur les besoins de l'utilisateur.
Waste (gaspillage)	Toute activité qui consomme des ressources sans créer de valeur pour le client.

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 polycopiés, 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 de1Taitement 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 Rll)
- Filtre numérique à minimum de phase
- Les méthodes de synthèses des filtres RIF et des filtres Rll
- 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 particulaire

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-Conséqquences 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 dédies 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 Profinetassocies 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.

Référencesbibliographiques :

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:

Contrôlecontinu:40%;Examen:60%.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	**Programmations des Circuits Reconfigurables FPGA**	03	05	RSI8.5

VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques
67h30	**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 maitriser diverses techniques d'optimisation

Connaissances préalables recommandées:
Mathématiquede base.Calculmatriciel.

Contenu de la matière :

Chapitre1.Rappels mathématiques
Convexité, Gradient et Hessien

Chapitre2.Optimisation sans contraintes-méthodes locales (3Semaines)
Méthodesd ug radient, Méthode de Newton, Méthode de Levenberg-Marquardt, Méthodes quasi-Newton

Chapitre3.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

Référencesbibliographiques:

[1] StephenBoyd,LievenVandenbergheConvexOptimization,CambridgeUniversityPress,2004.
[2] MichelBierlaire,Optimization:principlesandalgorithms,EPFL,2015.
[3] Jean-ChristopheCulioli,Introductionàl'optimisation,Ellipses,2012.
[4] RémiRuppli,Programmationlinéaire:Idéesetméthodes,Ellipses,2005

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	**Structure robotique et modélisation à éléments finis**		2	2	RSI7.6
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**		**Travaux Pratiques**	
45h00	**1h30**	-		1h30	

Prérequis:

- Mécaniquedessolidesetdesstructures
- Mathématiques:analyse,algèbrelinéaire
- Programmation (Python, C++, etc.)

Objectifs:

- Comprendrelesprincipesfondamentauxdelastructuredesrobots.
- Maîtriserlestechniquesdemodélisationparélémentsfinis.
- Analyserlecomportementdesstructuresrobotiquessousdifférentessollicitations.
- Optimiserlaconceptiondesrobotspourunemeilleureperformance.

Contenu:

Chapitre1:Rappelsurlastructuredesrobots(5heures)

- Anatomied'unrobot:liens,articulations,actionneurs,capteurs
- Matériauxutilisésdanslaconstructiondesrobots
- Typesdestructuresrobotiques:sérial,parallèles,hybrides

Chapitre2:Modélisationparélémentsfinis(10heures)

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

Chapitre3:Applicationàlastructuredesrobots

- Modélisationparélémentsfinisdeliensetd'articulations
- Modélisationdesactionneursetdescapteurs
- Analysedescontraintesetdesdéformations
- Simulationducomportementdynamiquedesrobots

- Optimisationdelastructuredesrobots

Chapitre4:Outilsetlogiciels(5heures)

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

Travaux pratiques (25heures)

- Exercices sur les concepts fondamentaux de la structure des robots
- Modélisationparélémentsfinisdestructuressimples
- Analyseducomportementdesstructuresrobotiquessousdifférentessollicitations
- Optimisationdelaconceptiondesrobots
- Réalisationd'unprojetdemodélisationd'unestructurerobotique

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Interfaces Haptiques.		01	2	RSI7.7
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	**1h30**	-	-		

Objectifsdel'enseignement:

- Comprendrelesprincipesfondamentauxdesinterfaceshaptiques.
- Concevoiretdévelopperdesinterfaceshaptiquespourlarobotique.
- Modéliserlecomportementhaptiquedesrobots.
- Intégrerdesinterfaceshaptiquesdansdessystèmesrobotiquescomplets.
- Évaluerlesperformancesdesinterfaceshaptiques.

Connaissancespréalablesrecommandées

- Connaissancesdebaseenrobotique
- ProgrammationenPythonouC++
- Notionsd'électroniqueetd'électricité
- Mathématiques:analyse,algèbrelinéaire

Contenu de la matière :

Chapitre1:Introductionauxinterfaceshaptiques(5heures)

- Définitionethistoriquedesinterfaceshaptiques
- Physiologiedutoucherethaptique
- Technologieshaptiques:hapticsàretourdeforce,hapticsàfriction
- Applicationsdesinterfaceshaptiques:robotiquechirurgicale,téléopérati on,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

- Exercicessurlesconceptsfondamentauxdelahaptique
- Programmationd'applicationshaptiquessimples
- Intégrationd'interfaceshaptiquesavecdesrobots
- Évaluationdesperformancesdesinterfaceshaptiques
- Réalisationd'unprojetderobotiquehaptique

Moded'évaluation:

Examen:100%

Référencesbibliographique :

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'evaluation :

Contrôle continu : 100%

Referencesbibilographiques :

- 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	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	01	01	RSI8.7

VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques
22h30	1h30	-	-

Objectifs de l'enseignement:

Développer la sensibilisation des étudiants au respect des principes éthiques et des règles qui régissent la vie à l'université et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre, les alerter sur les enjeux éthiques que soulèvent les nouvelles technologies et le développement durable.

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

1. **Rappel sur la Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS :** Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. 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 nouvelle technologies (intelligence artificielle, progrès scientifique, Humanoïdes, Robots, drones,

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		

Objectifsdel'enseignement:

Àlafindececours,l'étudiantseracapablede:Analyserlastabilitédessystèmesnonlinéaires.Maîtriserdes méthodes decommandesnon linéaires.

Connaissancespréalablesrecommandées:

Théoriedessystèmes.Théoriedusignal.Commandedessystèmeslinéaires.Systèmeséchantillonnés;

Contenu de lamatière :

Chapitre1.Introduction

Définitions,présentationd'exempledesystèmesnonlinéaires,analysedes systèmesnon linéaires (plan dephase,méthode dupremierharmonique)

Chapitre2.StabilitéausensdeLyapunov

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

Chapitre3.Linéarisationparretourd'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 pargainvariableetlalinéarisationparretourd'étatnonlinéaire.Conditionsdevalidité.

Chapitre4.Commandeparmodeglissant

Définition.Principesfondamentauxdelacommandeparmodeglissant(surface deglissement, de stabilisation par glissement et les conditions de convergence. Méthodes deconception : (techniques de conception de surfaces de glissement et de lois de commandeassociéespourstabiliserlessystèmesdynamiques).Méthodesd'analysedelastabilité(théorèmes destabilité,propriétésdeconvergence, méthodedeLyapunov).

Chapitre5.Observateursd'étatsdessystèmesnonlinéaires

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%.

Référencesbibliographiques:

[1] Slotine,J.J.E.,&Li,W.(1991).AppliedNonlinearControl.PrenticeHall.
[2] Khalil,H.K.(2014).NonlinearSystems(3rded.).MacmillanInternationalHigherEducation.
[3] Isidori,A.(1995).NonlinearControlSystems(3rded.).Springer.
[4] Tsiotras,P.,&Lozano,R.(2011).NonlinearControlSystems:AnIntroduction.Springer.
[5] Edwards,C.,&Spurgeon,S.K.(1998).SlidingModeControl:TheoryAndApplications.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	1h30	1h30		1h30	

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.

Connaissancespréalablesrecommandées

- Connaissancesdebaseenrobotique
- ProgrammationenPythonouC++
- Logique floue et réseaux de neurones
- Apprentissage profond et automatique

Contenu de la matière :

Chapitre1. Localisation, navigation et asservissement

1.1 Introduction et défis

1.2 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**

1.5 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, Bayesien

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)

3.1Asservissement visuel

3.2 Réseaux de capteurs embarqués
3.3 Couche de communication
3.4 Interface home 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

5.1Robotique 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	**Systèmes Temps Réel**		03	05	RSI8.3
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**		**Travaux Pratiques**	
67h30	**1h30**	1h30		1h30	

Objectifsdel'enseignement :*Cettematièreviseostensiblementàacquérirdescompétencespratiquesenprogrammationavancéeetstructurée,permettantauxingénieursd'interagiretdes'accointer avec le monde industriel via des applications palpables et bien ciblées et ouvrant ainsi unlargeéventail d'opportunitéset d'efficacitéseningénierie.*

Connaissancespréalablesrecommandées

Etant donné que la plateforme préconisée pour cette formation est basée autour de la carte Necleo-144dotéedestm32-M4,ilestessentielquel'ingénieuraitunprérequisfacilitantlatâchedeprogrammationd'untelprocesseurdansunenvironnement convivialtelqueSTM32CubeIDE.

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 :

Chapitre1. Introductionàlaprogrammation en Cembarquée

1.1 Systèmemulti-tâchesviapointeursurfonctionetinterruptionTimer

1.2 Interruptionsexternesparlapratique.

1.3 Traductiond'ungrafcetd'unsystèmecomplexeparlebiaisd'interruptions

Chapitre2.GénérateurPWM et Manipulation des Timers

2.1 Commandedesservo-moteurs, Moteur DC et moteur pas-à-pas

2.2 Encodeurincrémentaletsupervisionavecécran Oled/TFT

2.3 DMAetmoduleAnalogiqueparl'application

2.3 DMA-UARTettransfertdedonnéesrapides

Chapitre 3. Implémentationd'unemachineàétatfini(FSM)

3.1 PlanificationetgestiondestâchesFree-RTOS

3.2 Allocation-mémoiresetlisteschaînées(Linkedlists)

3.3 Queue parlapratique

3.4 Mutexetgestionderessourcespartagées

3.5 Sémaphoresetgestiondespriorités

Chapitre 4. Réseauxdecapteursembarquéetcouchedecommunicationappropriée

4.1 Brasmanipulateur6-DOF et protocole LoRa-Wan

4.2 Robot explorateur polyvalent et nœud de capteurs

4.3 Systèmemulti-tâchesetintelligent

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 (implémentions 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%

Référencesbibliographiques

1. UsingtheFreeRTOSRealTime Kernel-aPracticalGuide -CortexM3 Edition(FreeRTOSTutorial Books) Paperback–January 1,2010
2. MasteringtheFreeRTOS™RealTimeKernelAHands-OnTutorialGuideRichardBarry,RealTimeEngineersLtd.2016
3. Test Case Generation of Embedded Real-Time Systems with Interruptions forFreeRTOS,WilkersonL.Andrade,PatríciaD.L.Machado,EvertonL.G.Alves&DiegoR. Almeida,2010

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Traitement d'Image		02	4	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
45h00	**-**	-	3h00

Objectifsdel'enseignement:

- *Appliquerlesconnaissancesacquisesenrobotiqueàlaréalisationd'unprojetconcret.*
- *Développerdescompétencesengestiondeprojet,travailenéquipeetcommunication.*
- *Stimulerlacréativitéetl'innovation.*

Moded'évaluation:

Contrôlecontinu:100%;

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	**Réseaux Informatiques industriels**		01	01	RSI8.6
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**		**Travaux Pratiques**	
22h30	**0h45**	-		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 connaitre 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

2.5Algorithmique

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	Unité d'enseignement	Coefficient	Crédits	Code
S8	Stage en entreprise 2	UEM 4.2	1	1	RSI 8.6
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
22h30	Volume horaire horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				

Pré-requis : Notions de base en automatique

Objectifs :

- Découvrir le monde du travail
- Mettre en pratique les connaissaces acquises
- Acquérrir une expérience professionnelle
- Découvrir certains aspects d'une profession
- Faciliter le passage du monde de l'enseignement supérieur à celui de l'entreprise
- Ce stage est considéré comme un stage d'un technicien

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**
2. **Description du déroulement du stage**
3. **Identification des liens avec le domaine de l'automatique**
4. **Présentation d'un travail d'un technicien (réalisation et/ou une programmation):**

   Dont les missions principales (non limitées) d'un technicien sont les suivantes : Veiller à la mise en conformité, à la manipulation et à l'exploitation d'appareils particuliers. Chargé de la maintenance de ces équipements. Assurer la maintenance d'appareillage, la mesure, les essais ou l'application des protocoles, Effectuer le dépannage des équipements endommagés, ….

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

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

Compétences visées :

- 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 :

- Maitrise 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 automatqiue (Machine Learning)**
    - **Apprentissage profound (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'entrainement 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, Sigmoïde, 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'apprentisage 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.Belhadef, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'unievrsité de Msila - Algérie

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	**Lean Start-Up 2**		2	2	RSI7.9
VHS	**Cours**	**Travaux dirigés**	**Travaux Pratiques**		
45h00	**1h30**	-	**1h30**		

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours prolonge le module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1. L'étudiant y apprend à transformer les hypothèses validées en produit minimum viable (MVP) et à mobiliser l'intelligence artificielle et la méthode TRIZ pour résoudre les contradictions techniques propres à l'innovation. Il se familiarise avec les indicateurs de performance d'une startup, en particulier le modèle AARRR, et apprend à décider, sur la base de ces indicateurs, s'il faut changer de cap (Pivot) ou poursuivre dans la même direction (Persevere). Le cours aborde enfin les sources de financement d'une startup et les stratégies de croissance, avant de se conclure par un projet intégrateur, le Startup Lab, mené en équipe tout au long du semestre et soutenu devant un jury sous la forme d'un pitch final.

Connaissances préalables recommandées:

Avoir suivi le module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1, notamment les notions de démarche Lean Startup, de Customer Discovery et de Business Model Canvas.

Contenu de la matière:

VI. Le produit minimum viable (MVP) (3 semaines)

- Définition et rôle du MVP dans la démarche Lean Startup
- Types de MVP : numérique, expérimental, service simulé
- Test des hypothèses critiques
- Prototypage rapide et outils de création de prototypes (Figma, Glide, Bubble, Canvas)
- Mesurer l'échec dans le délai le plus court possible

VII. Intelligence artificielle et méthode TRIZ au service de l'innovation (3 semaines)

- L'intelligence artificielle dans l'entrepreneuriat : génération d'idées, analyse de marché, développement du MVP, marketing
- Présentation de la méthodologie TRIZ
- Les contradictions techniques et la solution idéale finale
- Combinaison de l'intelligence artificielle et de TRIZ
- Les startups Deep Tech

VIII. Mesure de la performance et gestion de l'échec (3 semaines)

- Les indicateurs clés de performance (KPIs) et le management d'une startup
- Le modèle AARRR : Acquisition, Activation, Rétention, Revenu, Recommandation
- L'adéquation produit-marché (Product-Market Fit) et l'adéquation problème-solution (Problem-Solution Fit)
- Taux de rétention, taux d'attrition (Churn) et rythme de consommation de trésorerie (Burn Rate)
- Les indicateurs d'apprentissage (Learning Metrics)
- La gestion précoce de l'échec et les critères d'arrêt d'un projet (Kill Criteria)

IX. Pivoter ou persévérer : Pivot vs Persevere (2 semaines)

- Le changement de cap partiel ou total (Pivot) et la persévérance (Persevere)
- Les signaux qui motivent un changement de direction
- Les différents types de pivot
- Les indicateurs qui appuient la décision

X. Financement, croissance et expansion (2 semaines)

- Les sources de financement : autofinancement, investisseurs providentiels (business angels), capital-risque, financement participatif
- Les étapes successives du financement d'une startup
- Les stratégies de croissance rapide à faible coût (Growth Hacking)
- Les moteurs de croissance (Engines of Growth) : viral, payant, organique
- L'entonnoir marketing (Funnel Growth) et les boucles de croissance (Growth Loops)
- Les stratégies d'expansion internationale

XI. Projet intégrateur : Startup Lab et soutenance finale (2 semaines)

- Synthèse du projet mené en équipe, du choix du problème à la stratégie de financement et de croissance
- Préparation et présentation du pitch final devant un jury d'évaluation

Mode d'évaluation:

Examen final : 20 %. Travaux pratiques et ateliers : 20 %. Projet collectif (Startup Lab) : 60 %.

Références bibliographiques

1. Maurya, A. (2012). Running Lean.
2. Croll, A., Yoskovitz, B. (2013). Lean Analytics.
3. Doerr, J. (2017). Measure What Matters.
4. Weinberg, G., Mares, J. (2015). Traction: How Any Startup Can Achieve Explosive Customer Growth.
5. Eyal, N. (2014). Hooked: How to Build Habit-Forming Products.
6. Grove, A. S. (1983). High Output Management.
7. Horowitz, B. (2014). The Hard Thing About Hard Things.
8. Agrawal, A., Gans, J., Goldfarb, A. (2018). Prediction Machines.
9. Iansiti, M., Lakhani, K. R. (2020). Competing in the Age of AI.
10. Altshuller, G. (1999). The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity.
11. Ikovenko, S. (2003). TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving.
12. Graham, P. (2013). Do Things That Don't Scale.
13. McKinsey Global Institute (2023). The State of AI in Business.
14. Stanford University (2024). Artificial Intelligence Index Report.

Annexe - Glossaire des concepts clés

Cette liste reprend, en français, les notions avancées mobilisées dans le cours, en continuité directe avec le glossaire du module Entrepreneuriat et Lean Start-Up 1.

Terme	Définition
MVP (produit minimum viable)	Version la plus simple d'un produit, permettant de tester les hypothèses avec un minimum d'effort.

Terme	Définition
Market Fit	Concordance entre le produit proposé et les attentes du marché.
Product-Market Fit	Situation dans laquelle le produit répond réellement à un besoin du marché.
TRIZ	Méthodologie scientifique et structurée de résolution de problèmes innovants.
Technological Contradiction (contradiction technique)	Situation où l'amélioration d'une caractéristique d'un produit en dégrade une autre.
Deep Tech Startup	Entreprise fondée sur des sciences et des technologies de pointe.
Data-Driven Decision (décision fondée sur les données)	Décision appuyée sur des données mesurées plutôt que sur l'intuition.
KPIs (indicateurs clés de performance)	Indicateurs essentiels au suivi de la performance d'une startup.
AARRR	Modèle de mesure de la croissance en cinq étapes : acquisition, activation, rétention, revenu, recommandation.
Acquisition	Étape consistant à attirer des utilisateurs vers le produit ou le service.
Activation	Moment où l'utilisateur retire une première valeur réelle du produit.
Retention Rate (taux de rétention)	Proportion d'utilisateurs qui continuent d'utiliser le produit dans le temps.
Churn Rate (taux d'attrition)	Proportion d'utilisateurs qui abandonnent le produit.
Burn Rate	Rythme mensuel de consommation du capital disponible.
Runway	Durée pendant laquelle la startup peut fonctionner avant épuisement de ses fonds.
Kill Criteria (critères d'arrêt)	Conditions justifiant l'arrêt d'un projet jugé non viable.
Learning Metrics (indicateurs d'apprentissage)	Indicateurs centrés sur ce que l'équipe a appris, plutôt que sur le profit.
Pivot	Changement radical ou partiel de la stratégie du projet, décidé sur la base des indicateurs.
Persevere (persévérance)	Décision de poursuivre le projet dans la même direction stratégique.
Traction	Preuve tangible et mesurable de croissance sur le marché.
Growth Hacking	Ensemble de stratégies de croissance rapide et peu coûteuses.
Engines of Growth (moteurs de croissance)	Mécanismes de croissance d'une startup : viral, payant ou organique.

Terme	Définition
Viral Coefficient (coefficient viral)	Mesure du taux auquel les utilisateurs en attirent de nouveaux.
Funnel Growth (entonnoir de croissance)	Représentation du parcours de conversion d'un utilisateur.
Growth Loops (boucles de croissance)	Mécanismes de croissance autoalimentée générant continuellement de nouveaux utilisateurs.
LTV (valeur vie client)	Valeur totale qu'un client est susceptible de générer durant toute sa relation avec l'entreprise.
CAC (coût d'acquisition client)	Coût moyen nécessaire pour obtenir un nouveau client.
Network Effects (effets de réseau)	Phénomène par lequel la valeur d'un produit augmente avec le nombre de ses utilisateurs.
Investment Readiness (maturité pour l'investissement)	Degré de préparation d'un projet à lever des fonds auprès d'investisseurs.

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**	

Intitulé : Robotique et systèmes intelligents *MAJ : 2025/2026*

90h00	**3h00**	1h30	1h30

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

Connaissancespréalablesrecommandées

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

Contenu de la matière :

Chapitre1.Introduction à l'intelligence artificielle.

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

Chapitre2.Méthodes d'apprentissage automatique et profond

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

Chapitre3.Application d 'apprentissage automatique et profond

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

Chapitre4.Réseauxdeneuronesconvolutif(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"DEEPLEARNING".2017
5. Paluszek,Michael,and StephanieThomas.MATLABmachinelearning.Apress,2016
6. Raschka,S.,2015.Pythonmachinelearning.Packtpublishinglt
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)

- 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 a 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. MAHDJOUB-ARAIBI, Techniques de dématriçage 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	**Systèmes 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 progiciels 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 particulaire
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	Recherche documentaire et Conception de mémoire	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.*