



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



MASTER ACADEMIQUE **HARMONISE**

Programme national

Mise à jour 2025

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Automatique</i>	<i>Automatique et Systèmes</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 République Algérienne Démocratique et Populaire
 وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
 Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
 اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا
 Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



مواصفة ماستر أكاديمي

تحيين 2025

الميدان	الفرع	التخصص
علوم و تكنولوجيا	آلية	آلية وأنظمة

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

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

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Automatique	Automatique et systèmes	Automatique	1	1.00
		Electronique	2	0.80
		Electrotechnique	2	0.80
		Autres licences du domaine ST	3	0.60

II – Fiches d'organisation semestrielles des enseignements de la spécialité

Semestre 1

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Systèmes Linéaires Multivariables	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Traitement du signal	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Association convertisseurs-machines	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Optimisation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	Techniques d'Identification	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	TP Systèmes Linéaires Multivariables	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Traitement du signal/ TP Optimisation	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Association convertisseurs-machines	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Programmation avancée en Python	2	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	12h00	6h00	7h30	382h30			

Semestre 2

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Systèmes non linéaires	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Commande optimale	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Electronique Appliquée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	API et supervision	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	Concepts et langage de programmation graphique	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	TP Systèmes non linéaires/ TP Commande optimale	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Electronique Appliquée	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP API et supervision	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 3 Coefficients : 3	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 2		30	17	12h00	6h00	7h30	382h30			

Semestre 3

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Commande prédictive et adaptative	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Commande intelligente	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Diagnostic des systèmes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Commande de robots de manipulation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Systèmes temps réel	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	TP Commande prédictive et adaptative /TP Commande intelligente	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Diagnostic des systèmes	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Commande de robots de manipulation	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Reserve engineering	2	2	1h30	1h30 Atelier		45h00	5h00	40%	60%
	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 3		30	17	12h00	6h00	7h30	382h30			

Semestre 4

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

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

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

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

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière: Systèmes linéaires multivariables
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif du cours est de donner une méthodologie pour la conception des différentes lois de commande pour les systèmes linéaires invariants multivariables, dans le contexte de l'approche d'état.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Systèmes asservis linéaires
- Systèmes échantillonnés ;

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Introduction (2 Semaines)

Objectifs de ce cours, Rappel sur le calcul matriciel, Rappel des notions de l'approche d'état, Différence entre SISO et MIMO.

Chapitre 2. Représentation d'état des systèmes multivariables (SM). (2 Semaines)

Définitions, Différentes représentations des systèmes, Résolution de l'équation d'état, Exemples d'applications

Chapitre 3. Commandabilité et Observabilité. (2 Semaines)

Introduction, Critère de commandabilité de Kalman, Commandabilité de la sortie, Critère d'observabilité, Dualité entre la commandabilité et l'observabilité, Etude de quelques formes canoniques.

Chapitre 4. Représentation des SM par matrice de transfert. (3 Semaines)

Introduction, Passage d'une représentation d'état à la représentation par matrice de transfert, Méthode de Gilbert, Méthode des invariants : forme de Smith-McMillan, Méthode par réduction d'une réalisation

Chapitre 5. Commande par retour d'état des SM. (4 Semaines)

Formulation du problème de placement de pôles par retour d'état, Méthodes de calculs pour les systèmes multivariables, Observateur d'état et commande par retour de sortie (i.e. avec observateur d'état) des SM. Commande non interactives des SM , Implémentation.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

- 1- De Larminat, Automatique, Hermès, 1995.
- 2- B. Pradin, G. Garcia ; "automatique linéaire : systèmes multivariables", polycopies de cours, INSA de Toulouse, 2011.
- 3- Caroline Bérard, Jean-Marc Biannic, David Saussié, "La commande multivariable", Editions Dunod, 2012.
- 4- G. F. Franklin, J. D. Powell and A. E. Naeimi, Feedback Control Dynamique Systems. (Addison-Wesly, 1991.
- 5- K. J. Aström, B. Wittenmark, Computer-Controlled Systems, Theory and design. Prentice Hall, New Jersey, 1990.
- 6- W. M. Wonman, Linear Multivariable Control :A Geometric approach. Springer Verlag, New York, 1985.
- 7- Hervé Guillard, Henri Bourlès, "Commandes des Systèmes. Performance & Robustesse. Régulateurs Monovariabiles Multivariables Applications Cours & Exercices Corrigés", Editions Technosup, 2012.
- 8- Caroline Bérard , Jean-Marc Biannic , David Saussié, Commande multivariable, Dunod, Paris, 2012.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière 1: Traitement du signal
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Théorie du signal
- Les bases mathématiques

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Rappels des principaux résultats de la théorie du signal (2 Semaine)

Signaux, séries de Fourier, transformée de Fourier et Théorème de Parseval, la convolution et la corrélation.

Chapitre 2. Analyse et synthèse des filtres analogiques (4 Semaines)

Analyse temporelle et fréquentielle des filtres analogiques, filtres passifs et actifs, filtres passe bas du premier et second ordre, filtres passe haut du premier et second ordre, filtres passe bande, autres filtres (Tchebyshev, Butterworth).

Chapitre 3. Échantillonnage des signaux (1 Semaines)

Du signal continu au signal numérique Échantillonnage, reconstruction et quantification.

Chapitre 4 : Transformées discrètes et fenêtrage : De la Transformée de Fourier à temps discret (TFTD) à la Transformée de Fourier Discrète (TFD), la Transformée de Fourier rapide (FFT) (3 Semaines)

Chapitre 5 : Analyse et synthèse des filtres numériques (5 Semaines)

Définition gabarit de filtre

Les filtres RIF et RII

Les filtres Lattice

Synthèse des filtres RIF : méthode de la fenêtre

Synthèse des filtres numériques RII : Méthode bilinéaire

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

- 1- Francis Cottet, Traitement des signaux et acquisition de données - Cours et exercices corrigés, 4ième édition, Dunod, Paris, 2015.
- 2- Tahar Neffati, Traitement du signal analogique : Cours, Ellipses Marketing, 1999.
- 3- Messaoud Benidir, Théorie et traitement du signal : Méthodes de base pour l'analyse et le traitement du signal, Dunod, 2004.

- 4- Maurice Bellanger, Traitement numérique du signal : Théorie et pratique, 9^{ième} édition, Dunod, Paris, 2012.
- 5- Étienne Tisserand Jean-François Pautex Patrick Schweitzer, Analyse et traitement des signaux méthodes et applications au son et à l'image 2^{ième} édition, Dunod, Paris, 2008.
- 6- Patrick Duvaut, François Michaut, Michel Chuc, Introduction au traitement du signal - exercices, corrigés et rappels de cours, Hermes Science Publications, 1996.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière: Association convertisseurs-machines
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Etudier les différentes associations convertisseurs aux machines électriques tournantes afin de contrôler le couple et la vitesse d'un système.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Electronique de puissance.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Convertisseurs continu-alternatif (4 Semaines)

- Structures d'alimentation sans coupure,
- Principe des convertisseurs MLI (PWM)

Chapitre 2. Moteur à courant continu : (2 Semaines)

- Principe, structure et caractéristiques
- Variation de vitesse.

Chapitre 3. Moteur à courant alternatif : (2 Semaines)

- Principe, structure et caractéristiques
- Variation de vitesse.

Chapitre 4. Association convertisseurs - machines : (4 Semaines)

- Asservissement du couple et de la vitesse,
- Variateurs de vitesse pour machines synchrones
- Variateur de vitesse pour machine asynchrones

Chapitre 5. Critères de choix et mise en œuvre d'un entraînement à vitesse variable. (3 Semaines)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. F. LABRIQUE, G. SEGUIER, R. BAUSIERE, Volume 4 : La conversion continu-alternatif, Lavoisier TEC & DOC, 2^e édition, 1992.
2. Daniel Gaude, Electrotechnique tome 2 : Electronique de puissance, conversion électromagnétique, régulation et asservissement, Cours complet illustré de 97 exercices résolus, Eyrolles, 2014.
3. Francis Milsant, Machines électriques (BTS, IUT, CNAM), vol. 3 : Machines synchrones et asynchrones, Ellipses Marketing, 1991.

4. B.K. Bose, Power Electronics and AC drives, Prentice-Hall, 1986.
5. EDF/TECHNO-NATHAN/GIMELEC, la vitesse variable, l'électronique maîtrise le mouvement, Nathan, 1992. 1991.
6. P. Mayé, Moteurs électriques industriels, Licence, Master, écoles d'ingénieurs, Dunod Collection : Sciences sup 2011.
7. J. Bonal, G. Séguier, Entraînements électriques à vitesse variable. Volume 3, Interactions convertisseur-réseau et convertisseur-moteur-charge, Tec & Doc, 2000.

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

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cours est de maîtriser les techniques d'optimisations complexes rencontrées dans la direction de grands systèmes de production, de machines et de matériaux, dans l'industrie, le commerce et l'administration. Le but est d'apporter une aide à la prise de décision pour avoir des performances maximales.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Mathématiques.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Rappels mathématiques (Positivité, Convexité, Minimum, Gradient et Hessien) (2 Semaines)

Chapitre2. Optimisation sans contraintes - méthodes locales (3 Semaines)

Méthodes de recherche unidimensionnelle
 Méthodes du gradient
 Méthodes des directions conjuguées
 Méthode de Newton
 Méthode de Levenberg-Marquardt
 Méthodes quasi-Newton

Chapitre3. Optimisation sans contraintes - méthodes globales (3 Semaines)

Méthode du gradient projeté
 Méthode de Lagrange-Newton pour des contraintes inégalité
 Méthode de Newton projetée (pour des contraintes de borne)
 Méthode de pénalisation
 Méthode de dualité : méthode d'Uzawa

Chapitre4. Programmation linéaire (3 Semaines)

Chapitre 5. Programmation non linéaire (4 Semaines)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques: (Si possible)

- 1- Stephen Boyd, Lieven Vandenberghe Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004.
- 2- Michel Bierlaire, Optimization : principes and algorithms, EPFL, 2015.
- 3- Jean-Christophe Culioli, Introduction à l'optimisation, Ellipses, 2012.
- 4- Rémi Ruppli, Programmation linéaire : Idées et méthodes, Ellipses, 2005.
- 5- Pierre Borne, Abdelkader El Kamel, Khaled Mellouli, Programmation linéaire et applications : Eléments de cours et exercices résolus, Technip, 2004.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière: Techniques d'Identification
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP: 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours permet de maîtriser les techniques modernes de l'automatique pour l'identification et l'estimation des modèles des systèmes, sur les plans des principes théoriques et de la mise en œuvre pratique à l'aide de nombreux exemples.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Electronique de puissance.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Rappel : Identification basée sur l'erreur d'équation: méthode de moindres carrés
 (paramétrisation linéaire). **(2 Semaines)**

Chapitre 2. Méthode des variables instrumentales **(2 semaine)**

Chapitre 3. Méthode de l'erreur de prédiction **(5 Semaines)**

Structures sans modèle du bruit
 Structures avec modèle du bruit
 Minimisation de l'erreur de prédiction
 Analyse fréquentielle de l'erreur de prédiction

Chapitre 4. Identification boucle fermée **(1 Semaine)**

Identification sans excitation externe
 Identification avec excitation externe

Chapitre 5. Aspects pratiques de l'identification **(3 Semaines)**

Conditionnement des signaux
 Choix de la période d'échantillonnage
 Choix du signal d'excitation
 Estimation de l'ordre

Chapitre 6. Validation du modèle **(2 Semaines)**

Validation par rapport au but escompté
 Validation du modèle avec des données expérimentales
 Validation par des méthodes statistiques
 Validation par des méthodes heuristiques

TP Techniques d'identification :

TP1 : Méthode de moindres carrés
TP2 : Méthode des variables instrumentales
TP3 : Méthode de l'erreur de prédiction
TP4 : Méthode de l'erreur de prédiction
TP5 : Identification boucle fermée
TP6 : Validation du modèle

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

- 1- Etienne DOMBRE, Wisama KHALIL, Modélisation, identification et commande des robots , éditeur HERMÈS / LAVOISIER, , 1999.
- 2- E. Walter, L. Pronzato : Identification de modèles paramétriques, Masson, 1997.
- 3- Ioan Landau, Identification des systèmes, Hermes Science Publications, 1998.
- 4- Bruno Despres, Lois De Conservations Euleriennes, Lagrangiennes Et Methodes Numeriques (Mathematiques & Applications), Springer, 2010
- 5- Michel Vergé, Daniel Jaume, Modélisation structurée des systèmes avec les Bond Graphs, TECHNIP, 2003.
- 6- P. Borne et al. Modélisation et identification des processus. Technip, Paris, 1993.
- 7- J. Richalet. Pratique de l'identification. Hermes, Paris, 1991.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière: TP Systèmes linéaires multivariables
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

l'objectif est de donner une méthodologie pour la conception des différentes lois de commande pour les systèmes linéaires invariants multivariables, à savoir : la commande par retour d'état et de sortie.

Connaissances préalables recommandées

Des connaissances préalables en algèbre linéaire, systèmes asservis linéaires Multivariables.

Contenu de la matière:

TP1 Introduction à Matlab
TP2 Représentation d'état des systèmes multivariables
TP3 Commandabilité et Observabilité.
TP4 Représentation des SM par matrice de transfert.
TP5 Commande par retour d'état des SM.
TP6 : Observation d'état des SM

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière: TP Traitement du signal/ TP Optimisation
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Pour le TP TS, Consolider les connaissances acquises pendant le cours de la matière "Traitement du signal" par des travaux pratiques pour mieux comprendre et assimiler le contenu de cette matière.

Pour le TP optimisation, permettre aux étudiants d'exploiter et de maîtriser les notions théoriques étudiées au cours.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours

Contenu de la matière:

TP Traitement du signal :

- TP 1** Représentation de signaux et applications de la transformée de Fourier sous Matlab
- TP 2** Filtrage Analogique
- TP3** Transformée de Fourier Discrète
- TP 4** Filtrage Numérique RII
- TP5** Filtrage Numérique RIF

TP Optimisation :

- TP1** Introduction à Matlab
- TP2** Optimisation sans contraintes
- TP3** Optimisation sans contraintes
- TP4** Programmation linéaire
- TP5** Programmation non linéaire

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière: TP Association convertisseurs-machines
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Ce TP permettra à l'étudiant la mise en pratique et la consolidation des connaissances acquises dans le module D'association convertisseurs-machines.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours.

Contenu de la matière:

- TP 1** Convertisseurs continu-alternatif
- TP 2** Variateur de vitesse pour Moteur à courant continu
- TP 3** Variateur de vitesse pour Moteur à courant alternatif
- TP 4.** Variateur de vitesse pour machines synchrones
- TP 5.** Variateur de vitesse pour machines asynchrones

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: S1

Unité d'enseignement: UEM 1.1

Matière : Programmation avancée en Python

VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 2

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
- Maîtriser l'automatisation de tâches
- Maîtriser 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 bibliothèques 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 TD
2. Création de tableaux Excel automatisés
3. Macros simples,
4. Formules conditionnelles,
5. Recherche V.

TP 04 :

organiser une réunion en Ganttproject

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-tâches : 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](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](https://www.codecademy.com/learn/learn-python-3)
- W3Schools Python Tutorial : [w3schools.com/python/](https://www.w3schools.com/python/)

III - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière 1: Systèmes non linéaires
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est : de sensibiliser les étudiants aux problèmes de stabilité des systèmes non linéaires et de leur fournir des outils mathématiques d'analyse, d'introduire des méthodes de commandes non linéaires comme les techniques fondées sur la géométrie différentielle et l'approche par les modes glissants. Les méthodologies présentées font appel aussi bien aux représentations temporelles qu'aux représentations fréquentielles.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Théorie du signal
- Les bases mathématiques

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction :

(1 Semaines)

Non linéarité statiques et Points d'Equilibres, exemples des systèmes non linéaires.

Le pendule simple. L'oscillateur électrique non linéaire. Les cycles limites. Orbites chaotiques. Le pendule chaotique. Le pendule polaire. La grue.

Chapitre2 : Plan de phase :

(3 Semaines)

Systèmes du second ordre. Construction du portrait de phase. Elimination du temps implicite / explicite. Méthode des isoclines. Oscillateur de Van der Pol. Rappel systèmes linéaires : caractérisation des orbites par les valeurs propres. Index des points singuliers. Le théorème de l'index. Le théorème de Poincaré-Bendixson. La condition de Bendixson.

Chapitre 3 : Méthode du premier harmonique :

(3 Semaines)

Hypothèses. Décomposition en harmoniques. Equivalent du premier harmonique. Non-linéarités communes. Saturation. Zone morte. Relais. Hystérèse. Système et régulateur linéaires. Critère de Nyquist. Gain complexe supplémentaire. Critère de Nyquist modifié. Estimation des paramètres du cycle limite. Equivalent indépendant de la fréquence. Fiabilité de l'analyse par le premier harmonique.

Chapitre 4 : Fondements de la théorie de Lyapunov:

(2 Semaines)

Stabilité : définition intuitive. Notion de distance. Stabilité: définition formelle. Stabilité asymptotique. Méthode directe de Lyapunov. Fonction définie positive. Fonction de Lyapunov. Exemple: robot. Théorème de stabilité locale. Stabilité exponentielle. Stabilité globale. Fonction de Lyapunov pour les systèmes linéaires. Stabilité locale et linéarisation. Inconvénients de la méthode indirecte. Théorème d'invariance de LaSalle. Méthode de Krasovskii. Méthode du gradient variable. Instabilité et le théorème de Chetaev.

Chapitre 5 : Théorie de la Passivité :

(2 Semaines)

Intuition. Système statique. Fonction de stockage. Connection parallèle / série / par feedback. Passivité et système linéaires SISO. Système réel positif. Lien entre Lyapunov et système réel positif. Théorème

de Kalman-Yakubovich-Popov. Stabilité absolue. Conjecture d'Aizerman. Critère du cercle. Critère de Popov.

Chapitre 6 : Notion de géométrie différentielle : (3Semaines)

Champ de vecteur. Espace dual. Covecteur. Le gradient vu comme un champ de covecteurs. Dérivée de Lie. Crochet de Lie. Difféomorphisme. Le théorème de Frobenius. Famille involutive. Conditions de linéarisation. Retour à l'exemple du robot à joint flexible.

Chapitre 7. Commande de systèmes non-linéaires (3Semaines)

1. Généralités
2. Commande par linéarisation
3. Commande par modes glissants

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Ph. Müllhaupt, Introduction à l'analyse et à la commande des systèmes non linéaires, PPUR, 2009.
2. Gille, J.C., Decaulne, P., Pelegrin, M., Méthodes d'étude des systèmes asservis non linéaires, Dunod, 1975.
3. Atherton, D.P., 'Nonlinear Control Engineering. Describing Function Analysis and Design', Van Nostrand Reinhold Company, 1975.
4. Utkin, V.I., 'Sliding modes and their application to variable structure systems', MIR Publishers, 1978.
5. Khalil, H.K., 'Nonlinear systems', Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1980.
6. Nijmeijer, H., Van der Shaft. A.J., 'Nonlinear dynamical control systems', Springer Verlag, 1990.
7. Isidori, A., 'Nonlinear control systems.', Springer Verlag, 1995.
8. Yves Granjon, Automatique - Systèmes linéaires, non linéaires - 2e édition: Cours et exercices corrigés, Dunod; Édition : 2e édition, 2010.
9. RASVAN Vladimir, STEFAN Radu, Systèmes non linéaires : théorie et applications, Lavoisier, 2007.
10. J.-C. Chauveau, Systèmes asservis linéaires et non linéaires: Exercices et problèmes résolus, Educavivre, 1995.
11. Philippe Müllhaupt, Introduction à l'analyse et à la commande des systèmes non linéaires, PPUR, 2009.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière: Commande optimale
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif du cours est de présenter les aspects théoriques et numériques de cette discipline, ainsi que des applications dans des domaines très divers.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Systèmes asservis linéaires
- Systèmes échantillonnés ;

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Introduction : Problème de commande optimale (1 Semaines)

Chapitre 2. Commande en temps minimal (3 Semaines)

Chapitre 3. Commande Linéaire Quadratique (4 Semaines)

Chapitre 4. Commande Linéaire Quadratique Gaussienne (4 Semaines)

Chapitre 5. Méthodes numériques en contrôle optimal (3 Semaines)

.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. ABOU-KANDIL Hisham, La commande optimale des systèmes dynamiques, Lavoisier, 2004.
2. Michel Dion, Dumitru Popescu, Commande optimale - Conception optimisée des systèmes, Diderot Editeur Arts Sciences, 1996.
3. Bernard Pradin, Germain Garcia, Modélisation, analyse et commande des systèmes linéaires Presse universitaires du Mirail, 2009.
4. Edouard Laroche, Bernard Bayle, Commande Optimale, polycopié, 2007-2008
5. Pierre-Olivier Malaterre, Modélisation, analyse et commande optimale LGR d'un canal d'irrigation, Cemagref, 1994.
6. Maïtine Bergounioux, Optimisation et contrôle des systèmes linéaires : Cours et exercices corrigés, Dunod, 2001.

Semestre:2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière: Electronique appliquée
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Faire découvrir à l'étudiant d'autres fonctions principales de l'électronique. L'étudiant doit dans un premier temps pouvoir identifier le type et la fonction d'un composant électronique dans un système globale (même en industrie). Il doit ensuite pouvoir effectuer des mesures sur un circuit électronique (possibilité de modifications ou dépannage). Il doit pouvoir apporter une solution aux situations problèmes (concevoir et réaliser des circuits électroniques analogiques).

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Electronique fondamentale
- Electronique de puissance

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Rappel sur le transistor en commutation et charge et décharge d'un condensateur (1 semaines)

Chapitre 2 : L'amplificateur opérationnel et montages à base de l'AO (2 semaines)

- Fonctionnement en mode linéaire
- Fonctionnement en mode non linéaire

Chapitre 3 : Génération d'Impulsions (signaux) (3 semaines)

- Astable (à AOP, à NE555, à portes logiques)
- Monostable (à AOP, à NE555, à portes logiques)
- Trigger de schmitt (à AOP).

Chapitre 4 : Convertisseur CAN, CNA (3 semaines)

Chapitre 5 : Etude des Filtres actifs (2 semaine)

Chapitre 6 : Introduction aux principes de réalisation de circuits imprimés PCB (4 semaines)

- Technologie de réalisation de PCB
- Règles de réalisation (routage, multicouches)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Yves Granjon, Bruno Estibals, Serge Weber, Electronique - Tout le cours en fiches, Collection: Tout le cours en fiches, Dunod, 2015 .
2. Albert Paul Malvino, David J. Bates Principes d'électronique, Cours et exercices corrigés, 8ème édition, Dunod, 2016.
3. Charles Adams Platt, Xavier Guesnu, Eric Bernauer, Antoine Derouin, L'électronique en pratique : 36 expériences ludiques , Eyrolles, 2013.
4. François de Dieuleveult, Hervé Fane, Principes et pratique de l'électronique, tome 1 : Calcul des circuits et fonctions, Dunod, 1997.
5. François de Dieuleveult, Hervé Fanet Principes et pratique de l'électronique, tome 2 : Fonctions numériques et mixtes, Dunod, 1997.

6. Christophe François, Romain Dardevet, Patrick Soleilhac, Génie Électrique : Électronique Analogique Électronique Numérique Exercices et Problèmes Corrigés, Ellipses Marketing 2006.
7. Mohand Mokhtari Electronique Appliquée, Electromécanique sous Simscape & Sim Power Systems (Matlab/Simulink), Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co 2012.
8. P. Mayeux, « Apprendre l'électronique par l'expérimentation et la simulation », ETSF, 2006.

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

Objectifs de l'enseignement:

A l'issue de la matière, l'étudiant doit être capable de définir les outils de programmation et de supervision permettant la réalisation d'un automate de commande à partir d'un cahier de charges, puis choisir le matériel et la configuration nécessaire pour la réalisation. Concevoir un programme et mettre en œuvre un automate industriel.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Automates programmables industriels.
- Programmation

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Les automates programmables industriels

(3 semaines)

- Structure de l'unité centrale : architecture, mémoire.
- Les différents types de données API
- Modules d'entrées / sorties TOR, - Modules d'entrées / sorties analogiques, - Modules métiers
- Cartes de régulation PID (Principe de la régulation PID. • Différents types de boucles de régulation (Simple, cascade, mixte))
- Cartes de commande d'axe
- Cartes de comptage rapide

Chapitre 2 : Langages de programmation: Norme IEC 1131-3

(5 semaines)

- Logique câblée
- Logique programmée
- Les langages de programmation (LD, SFC, FBD, ST et IL)
- Opérations arithmétiques et logiques

Chapitre 3 : Blocs et fonctions

(3 semaines)

- Organisation de la mémoire programme, Organisation de la mémoire de données (mémentos, DB).
- Analyse de structure de programme
- Notion de bloc
- Programmation de blocs de programmes, de fonctions, d'organisation et de données.

Chapitre 4 : Interface Homme-Machine et supervision

(4 semaines)

Introduction : Objectifs de la supervision

- Rôle et principe des **HMI**

- Transmission des données entre HMI et CPU de l'automate
- Modes de transmission (parallèle, série, Half ou Full duplex).
- Normes de transmission d'information (BC20mA, RS232, RS422, MODEM,...)

Mise en œuvre d'une communication TD 200 et automate S7-300

- Câblage de la liaison série (problèmes, solutions,...)
- Exemple : Application sur des HMI (SIEMENS TD200 / OP3)

Mode de Configuration des différents types des HMI

Configuration d'un terminal

Mise en œuvre d'une application, exemple pratique SUR HMI STANDARD EXOR GRAPHIQUE

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Frank Petruzella LogixPro PLC Lab Manual for Programmable Logic Controllers 5th Edition, McGraw-Hill Education; 5 edition, 2016
2. Su Chen Jonathon Lin Programmable Logic Controllers Hardcover – July 20, 2016, Industrial Press; First Edition, Coursepack edition, 2016.
3. Dag H. Hanssen, Programmable Logic Controllers: A Practical Approach to IEC 61131-3 using CoDeSys 1st Edition, Wiley; 1 edition, 2015.
4. Samuel Guccione, James McKirahan Human Machine Interface: Concepts and Projects, Industrial Press, Inc. (June 1, 2016).
5. Khaled Kamel, Eman Kamel Programmable Logic Controllers: Industrial Control 1st Edition, McGraw-Hill Education; 1 edition, 2013.
6. William Bolton, « Les automates programmables industriels », 2^e éd, Dunod, 2015.
7. Manuel, SIMATIC HMI WinCC, Tome 1 / 2, Edition Août 1999
8. SIMATIC HMI Device TP 177A, TP 177B, OP 177B (WinCC flexible) Operating Instructions, Siemens, Edition, 2008.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEM 1.2

Matière: Concepts et langage de Programmation graphique

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP: 1h30)

Crédits: 3

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours permettra à l'étudiant de se familiariser avec l'environnement de programmation graphique LabVIEW et avec les fonctionnalités LabVIEW de base, pour construire des applications d'acquisition de données et de contrôle d'instruments.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Notions de base sur la programmation

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Initiation aux instruments virtuels de LabVIEW, Vocabulaire LabVIEW, Environnement LabVIEW, Composants d'une application LabVIEW, Outils de programmation LabVIEW **(2 semaine)**

Chapitre 2 : Personnalisation d'un VI **(2semaine)**

Chapitre 3 : Analyse et enregistrement d'un signal **(2 semaine)**

Chapitre 4 : Matériel : acquisition de données et communication avec des instruments (Windows) **(2 semaines)**

Chapitre 5 : Boucles, registres à décalage et Boucles, registres à décalage et introduction aux graphiques, Tableaux et fichiers, Fonctions des tableaux et Fonctions des tableaux et graphiques **(4 semaines)**

Chapitre 6 : Chaînes de caractères, clusters et Chaînes de caractères, clusters et traitement d'erreurs, Structures Condition et Séquence, Boîte de calcul et Variables **(3 semaines)**

TP LabVIEW :

TP1 : Initiation programmation

TP2 : Calculs sous LabVIEW

TP3 : Acquisition et génération de signaux

TP4 : Boucles et structures

TP5 : Tableaux et graphes

TP6 : Chaînes de caractères

TP7 : Communication avec un instrument

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Francis Cottet, Michel Pinard, Luc Desruelle, LabVIEW, Programmation et applications, 3ème édition, Dunod/L'Usine Nouvelle, 2015.
2. Nadia Martaj, Mohand Mokhtari, Apprendre et maîtriser LabVIEW par ses applications, Springer, 2014.
3. Thierry Royant LabVIEW, Bases de programmation et applications, Casteilla, 2005.
4. Robert H. Bishop, LabVIEW 2009 Student Edition, Prentice Hall, 2009.

Semestre 2**Unité d'enseignement : UEM1.2****Matière TP Systèmes non linéaires/ TP Commande optimale****VHS: 22h30 (TP: 1h30)****Crédits :2****Coefficient :1****Objectifs de l'enseignement:**

TP SNL : Montrer la différence entre le comportement dynamique des systèmes linéaires et non linéaires. Montrer la notion d'un point d'équilibre. Montrer par simulation l'intérêt du plan de phase. Synthèse des systèmes non linéaires.

TP Commande optimale, permettre aux étudiants d'exploiter et de maîtriser les notions théoriques étudiées au cours.

Connaissances préalables recommandées

Matlab/Simulink. Principe de la physique pour la modélisation des systèmes mécaniques, électriques, hydrauliques, pneumatique, robotique, etc...

Contenu de la matière Systèmes Non Linéaires :

TP 1: Simulation avancée sur Matlab

TP 2 : Simulation des points d'équilibre des quelques systèmes non linéaires

TP 3 : Simulation de quelques systèmes non linéaires dans le plan de phase

TP4 : Simulation du pendule inverse en boucle ouverte

TP5 : Simulation de la commande linéarisante

TP6 : Commande par modes glissants

Contenu de la matière Commande optimale :

TP1 : Introduction à Matlab

TP1 : Commande par retour d'état et observateurs

TP2 : Commande optimale à temps minimal.

TP3 : Commande linéaire-quadratique, applications à la régulation

TP4 : Méthodes numériques en commande optimale

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière: TP Electronique appliquée
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Le but des travaux pratiques est de donner aux étudiants la possibilité de réaliser des montages électroniques sur plaquette d'essai et de valider ensuite leur fonctionnement au moyen d'appareils de mesure.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours.

Contenu de la matière TP Electronique appliquée :

TP1 : Etude de l'amplificateur à transistor à effet de champ FET et MOS :

TP2 : Les amplificateurs opérationnels

TP3: Etude d'un exemple de circuit CAN, Etude d'un exemple de circuit CNA.

TP4 : Les oscillateurs

TP5 : Filtres actifs (passe bas, passe haut...)

TP6 : Réalisation d'un montage électronique :

Le responsable de cette matière aussi bien que l'étudiant sont libres de proposer la réalisation d'autres montages.

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière: TP API et supervision
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Ce TP permettra à l'étudiant la mise en pratique et la consolidation des connaissances acquises dans le module API et supervision.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours

Contenu de la matière:

Prévoir quelques TPs en relation avec le matériel disponible.

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: S2

Unité d'enseignement: UET 1.2.1

Matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée

VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 2

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 :

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

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

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

Contenu de la matière :

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

(01 semaine)

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

Chapitre 2 : Mathématiques de base pour l'IA

(01 semaine)

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

- ...

Chapitre 3 : Apprentissage automatique (Machine Learning)

(03 semaines)

1. Concepts clés : Données, Modèles, features, étiquettes, généralisation.
2. Phases d'un pipeline d'apprentissage : entraînement, validation, test.
3. Types d'apprentissage :
 - Supervisé
 - Non supervisé
 - Par renforcement (*aperçu*)
4. Exercices :
 - Approfondir les notions vues au cours
 -

Chapitre 4 : Classification supervisée

(3 semaines)

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

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

1. Architecture d'un réseau de neurones :
 - Perception,
 - Couches et couches caches, poids, biais.
 - Fonction d'activation : ReLU, Sigmoid, Softmax,
 - Exercices d'applications
2. Introduction au **Deep Learning** :
 - Notion de couches profondes.
 - Introduction aux réseaux convolutifs (CNN)

3. Exercices :

- Expliquer Tensorflow et PyTorch
- Analyser un Dataset de texte et prédire des sentiments
-

Chapitre 6 : Introduction Les réseaux de neurones

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

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J.Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Datasciences. Lien : <https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing>
- Qu'est-ce que le traitement du langage naturel. Lien : <https://aws.amazon.com/fr/what-is/nlp/>
- M.Journe : Eléments de Mathématiques discrètes – Ellipses
- F.Challet : L'apprentissage profond avec Python – Eyrolles
- H.Bersini (2024) : L'intelligence artificielle en pratique avec Python – Eyrolles
- B.Prieur (2024) : Traitement automatique du langage naturel avec Python – Eyrolles
- V.Mathivet (2024) : Implémentation en Python avec Scikit-learn – Eyrolles
- G.Dubertret (2023) : Initiation à la cryptographie avec Python – Eyrolles
- S.Chazallet (2023) : Python 3 – Les fondamentaux du langage - Eyrolles
- H.Belhadeh, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'université de Msila - Algérie

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UET 1.2

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

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédit : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

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

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

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

1. Rappel sur la Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS : Intégrité et honnêteté.

Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Equité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique,

2. Recherche intègre et responsable

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

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

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

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

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

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

Introduction. Droit d'auteur des bases de données, droit d'auteur des logiciels. Cas spécifique des logiciels libres.

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

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

3. Brevet

Définition. Droits dans un brevet. Utilité d'un brevet. La brevetabilité. Demande de brevet en Algérie et dans le monde.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

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

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

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

20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int
24. <http://www.app.asso.fr/>

III - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière 1: Commande prédictive et adaptative
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours est constitué de deux parties. La première partie concerne la commande prédictive, elle présente les différents types de cette commande et leur mise en œuvre. La deuxième partie traite la commande adaptative, elle présente les éléments essentiels permettant de mettre en œuvre cette commande.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Systèmes asservis linéaires
- Système asservis non linéaires

Contenu de la matière:

Commande prédictive

Chapitre 1 : Principes de la commande prédictive (1 semaine)

Chapitre 2 : Commande Prédictive Généralisée (3 semaines)

Modèle de prédiction, prédicteur optimal. Minimisation d'une fonction de coût quadratique à horizon fini. Synthèse du régulateur polynomial RST équivalent. Choix des paramètres de réglage, compromis stabilité, performances, robustesse. GPC sous contraintes.

Chapitre 3 : La commande prédictive à base de modèle d'état (3 semaines)

Modèle de prédiction, prédicteur optimal. Minimisation d'une fonction de coût quadratique à horizon fini, MBPC sous contraintes.

Commande adaptative

Chapitre 1 : Les différentes méthodes de commande adaptative (3 semaines)

Commande à gains préprogrammés. Commande adaptative directe à modèle de référence. Commande adaptative indirecte avec identification du modèle.

Chapitre 2 : Mise en oeuvre de la commande adaptative (3 semaines)

Structure du régulateur. Structure adaptative directe continue et discrète. Lois de commande d'une structure adaptative indirecte. Stabilité d'un schéma adaptatif. Robustesse et robustification d'un schéma adaptatif.

Chapitre 3 : Identification en commande adaptative (2 semaines)

Structures et algorithmes d'identification : gradient, moindres carrés. Stabilité de l'identificateur, condition d'excitation permanente. Convergence des paramètres.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Aström, K., et Wittenmark, B., (1989). "Adaptive Control , Addison-Wesley Editions.
2. Bitmead, R.R., Gevers, M. et Wertz, V., (1990). "Adaptive Optimal Control". The Thinking Man's GPC, Prentice Hall International, Systems and Control Engineering.
3. Boucher, P., et Dumur, D., (1996). "La Commande Prédictive", Éditions Technip, Paris.
4. Isermann, R., Lachmann, K. H., et Matko, D. (1992). "Adaptive control systems", Prentice Hall.
5. Richalet, J., (1993). "Pratique de la Commande Prédictive". Hermès.
6. R. Isermann, Fault-Diagnosis Systems - An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance. Springer, 2006.
7. E. F. Camacho and C.Bordons Alba, Model Predictive Control, Springer 2004.
8. M. Alamir, A Pragmatic Story of Model Predictive Control: Self-Contained algorithms and case-studies, Create Space, 2013.

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF 2.1.1

Matière: Commande intelligente

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

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Présenter les méthodes et outils nécessaires à l'intégration de la logique floue et des réseaux de neurones dans les schémas d'identification et de commandes de processus industriels. Donner une base théorique indispensable à la compréhension de ces approches et à leur utilisation dans les phases d'analyse, de synthèse et de mise en œuvre.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Systèmes asservis linéaires
- Systèmes échantillonnés ;

Contenu de la matière:

Partie I : Logique floue :

Chapitre 1. Introduction à la théorie des ensembles flous

(1 Semaine)

Chapitre 2. Raisonnement flou

(1 Semaine)

Chapitre 3. Modélisation floue et systèmes d'inférence floue

(2 Semaines)

Chapitre 4. Commande floue

(3 Semaines)

Partie II : Réseaux de neurones

Chapitre 1. Introduction sur les réseaux de neurones

(1 Semaine)

Chapitre 2. Modélisations (modèle de Mac Culloch et Pitts, Modélisation générale, Le perceptron, Algorithmes/techniques d'apprentissage)

(3 Semaines)

Chapitre 3. Réseaux multicouches

(3 Semaines)

Chapitre 4. Application des réseaux de neurones

(1 Semaine)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Isabelle Borne, Introduction à la commande floue, Technip, 1998.
2. Louis Gacogne, Eléments de logique floue, Hermès - Lavoisier, 1997.
3. B. Bouchon-Meunier, L. Foulloy, M. Ramdani Logique floue : Exercices corrigés et exemples d'applications, Cépaduès, 1998.
4. J. Harris, An Introduction to Fuzzy Logic Applications, Springer, 2000.
5. George J. Klir, Bo Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice Hall; 1st edition, 1995.
6. P. Borne, M. Benrejeb, J. Haggège, Les réseaux de neurones: Présentation et applications, Technip, Collection : Méthodes et pratiques de l'ingénieur, 2007.
7. Gérard Dreyfus, Manuel Samuelides, Jean-Marc Martinez, Mirta B. Gordon, Fouad Badran, Sylvie Thiria, Laurent Hérault, Réseaux de neurones : Méthodologie et applications, Eyrolles(2e édition), 2004 .
8. Alain Faure, Classification et commande par réseaux de neurones, Hermès – Lavoisier, 2006.

Semestre:3**Unité d'enseignement: UEF 2.1.2****Matière: Commande de robots de manipulation****VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)****Crédits: 4****Coefficient: 2****Objectifs de l'enseignement :**

Cette matière a pour objectif de permettre aux étudiants de maîtriser les outils de modélisation et les techniques de contrôle des robots manipulateurs. Elle vise à donner aux étudiants la possibilité d'entreprendre en toute autonomie la résolution d'un certain nombre de problèmes élémentaires de robotique comme la mise en configuration, la génération de trajectoires, la commande dynamique

Connaissances préalables recommandées :

- Automatique linéaire et asservissement.
- Notions de base en : cinématique et dynamique.

Contenu de la matière :**I-Introduction****(1 semaine)**

- 1. Définition et historique
- 2. Différentes catégories de robots
- 3. Vocabulaire de la robotique
- 4. Caractérisation des robots
- 5. Les différents types de robots manipulateurs
- 6. Utilisation des robots
- 7. Avenir de la robotique

II- Fondements théoriques et mathématiques préliminaires**(2 semaines)**

- 1. Positionnement
 - 1.1. Rotation
 - 1.2. Représentations de la rotation
 - 1.3. Attitude
 - 1.4. Les matrices de transformations homogènes
- 2. Cinématique
 - 2.1. Vitesse d'un solide
 - 2.2. Vecteur vitesse de rotation
 - 2.3. Mouvement rigide
 - 2.4. Torseur cinématique et composition de vitesses

III- Modélisation d'un robot manipulateur**(3 semaines)**

- 1. Modèle géométrique
 - Convention de Denavit-Hartenberg
 - Modèle géométrique direct
 - Modèle géométrique inverse
- 2. Modèle cinématique
 - Analyse directe (utilisation du Jacobien direct)
 - Analyse inverse (utilisation du Jacobien inverse)
 - Notion de Singularité
- 3. Modèle dynamique
 - Formalismes pour la modélisation dynamique
 - Méthode de Lagrange : équation de Lagrange, représentation matricielle (matrice d'inertie, matrice de Coriolis, Matrice de gravité).
 - Exemple (Robot plan à 1 ou 2DDL)

IV- Génération de trajectoire**(3 semaines)**

- génération de trajectoires et boucles de commande
- génération de mouvement point à point : méthode de base, méthode à profil d'accélération, méthode à profil de vitesse , application dans l'espace articulaire, application dans l'espace cartésien.
- Génération de mouvement par interpolation : application dans l'espace articulaire et dans l'espace cartésien

V- Commande des robots**(3 semaines)**

- 1. Commande dynamique
- 2. Commande par mode glissant

VI- Programmation des robots**(3 semaines)**

- 1. Généralités et objectifs des systèmes de programmation
- 2 . Méthodes de programmation
- 3. Caractéristiques des différents langages de programmation

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques:

1. Philippe Coiffet, La robotique, Principes et Applications, Hermès, 1992.
2. Reza N. Jazar, Theory of Applied Robotics, Kinematics, Dynamics and Control. Springer 2007.
3. Mark W. Spong, Seth Hutchinson, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, Wiley, 1989.
4. Bruno Siciliano et al, Robotics, Modelling planning and Control, Springer, 2009.
5. W. Khalil & E. Dambre, modélisation, identification et commande des robots, Hermès, 1999.

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

Objectifs de l'enseignement:

Le but de ce cours est d'étudier les différentes méthodes de diagnostic qui consistent en la détection et l'isolation de défauts, on verra notamment les méthodes avec et sans modèles. On montrera comment on peut augmenter les performances des systèmes dynamiques en garantissant une meilleure fiabilité.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Systèmes asservis continus.
- Systèmes échantillonnés

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Généralités et Définitions. (1 semaine)

L'analyse du terme diagnostic, on rappelle la terminologie adoptée des différents termes liés au diagnostic, et des définitions sur les différentes étapes d'une procédure de diagnostic industriel.

Chapitre 2. Les méthodes de diagnostic. (3 semaines)

Un tour d'horizon des différentes méthodes de diagnostic de défaillances. Les diverses méthodes ont été classées suivant deux catégories : les méthodes à base de modèle et les méthodes à base d'intelligence artificielle

Chapitre 3. Génération de Résidus par observateurs d'état. (3 semaines)

Nous développons la technique de détection et de localisation de défauts capteurs et actionneurs à base d'observateurs de Luenberger, de Kalman et à entrées inconnues (Unknown Input Observer).

Chapitre 4. Générations de Résidus par espace de parité. (3 semaines)

Génération de résidus pour la détection et l'isolation des défauts capteurs et actionneurs par redondance analytique basé sur la notion d'espace de parité.

Chapitre 5. Diagnostic par identification paramétrique. (3 semaines)

Nous développons la méthode de diagnostic par identification paramétrique basé sur le modèle Auto-regressif à moyenne ajustée (ARMA), en vue d'une détection des défauts système.

Chapitre 6. Analyse des Résidus. (2 semaines)

L'analyse des résidus générés par des tests statistiques (Page-Hinkly) en vue d'une prise de décision quant à la présence ou l'absence de dysfonctionnement.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

9. S. Gentil (Ed.), "Supervision des procédés complexes", HERMES Systèmes automatisés, 2007.
10. Rolf Isermann, "Fault diagnosis systems", Springer, 2006.
11. Blanke, Kinnaert, Lunze, Staroswiecki, "Diagnosis and fault tolerant control", Springer, 2003.
12. Sylviane Gentil, Supervision des procédés complexes – Hermes Science Publications, 2007
13. Korbicz, Józef, Kościelny, Jan Maciej , Modeling, Diagnostics and Process Control: Implementation in the DiaSter System, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière: Systèmes temps réel
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP: 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est de présenter les notions permettant aux étudiants d'analyser les exigences d'un problème temps-réel, conception de la solution, démonstrations de la correction de la conception proposée, programmation de la solution, validation de la solution, et de concevoir des applications sur un système temps réel.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Connaissance des bases du fonctionnement des microprocesseurs.
- Connaissance de la programmation en langage C.
-

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction aux systèmes en temps réel

Classification des systèmes temps réel (temps réel dur, ferme, souple), structure d'un système temps réel, test d'ordonnabilité, notions de thread, primitives, pseudo-parallélisme... **(2 semaines)**

Chapitre 2 : Architecture et fonctionnement d'un noyau temps réel (tâches, interruptions,...)
(3 semaines)

Chapitre 3 : Techniques de spécifications d'un système TR **(3 semaines)**
Techniques d'ordonnancement (SRTF, SJF, Round-Robin, ...), Critères de sélection, Algorithme de Rate Monotonic, applications

Chapitre 4 : Programmation concurrente **(3 semaines)**
Notion de Deadlock, Exclusion mutuelle par sémaphore, synchronisation par événement, Communication, Présentation de sémaphore, exemples de cœurs temps réel (VRTX, OS9, Vxworks,...).

Chapitre 5 : Langage de programmation en TR **(4 semaines)**
Java, ADA, MODULA II

TP LabVIEW :

TP1 : Initiation programmation
TP2 : Gestion des tâches
TP3 : Interruptions, signaux, événements
TP4 : Ordonnancement
TP5 : Synchronisation, communication
TP6 : Gestion du temps

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

5. Francis Cottet, Emmanuel Grolleau, Sébastien Gérard, Jérôme Hugues, Yassine Ouhammou, Systèmes temps réel embarqués : Spécification, conception, implémentation et validation temporelle, - 2e édition, Dunod, 2014.
6. Francis Cottet, Emmanuel Grolleau, Systèmes temps réel de contrôle-commande : Conception et implémentation Relié, Dunod, 2005.
7. B. Nichols, D. Buttlar, J. Proulx Farrel, O'Reilly, Pthreads programming, (1996)
8. Maryline Chetto, Ordonnancement dans les systèmes temps réel, ISTE, 2014.
9. Jane W. S. Liu, « Real-time Systems », Prentice Hall, 2000
10. Christian Bonnet. Isabelle Demeure, Introduction aux systèmes temps réel. Collection pédagogique de télécommunications, Hermès, septembre 1999.
11. A. Dorseuil and P. Pillot. Le temps réel en milieu industriel. Edition DUNOD, Collection Informatique Industrielle, 1991.

Semestre 3**Unité d'enseignement : UEM 2.1****Matière : TP Commande prédictive et adaptative/TP Commande intelligente****VHS: 22h30 (TP: 1h30)****Crédits :2****Coefficient :1****Objectifs de l'enseignement:**

Permettre aux étudiants d'exploiter et de maîtriser les notions théoriques étudiées au cours.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours.

Matlab/Simulink.

Contenu de la matière Commande prédictive et adaptative :

TP1 : Commande Prédictive Généralisée

TP2 : Commande Prédictive à base de modèle d'état

TP3 : Commande Prédictive Fonctionnelle

TP4 : Commande à gains préprogrammés et auto-ajustement

TP5 : Commande adaptative directe et indirecte

TP6 : Commande adaptative en boucle fermée

Contenu de la matière Commande intelligente :

TP1 : Modélisation d'un système dynamique par logique floue

TP2 : Commande floue d'un système dynamique

TP3 : Commande PID flou d'un système dynamique

TP4 : Modélisation d'un système dynamique par réseaux de neurones

TP5 : Commande neuronale d'un système dynamique

TP6 : Commande neuronale Multi-couches d'un système dynamique

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière: TP Diagnostic des systèmes
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Le but des travaux pratiques est de donner aux étudiants la possibilité d'introduire les concepts de détection de défauts et diagnostic de systèmes complexes. Appliquer différents types de méthodes de diagnostic automatique qui ont fait leur preuve sur différentes applications.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours.

Contenu de la matière TP Electronique appliquée :

TP1 : Elaboration d'un système et adaptation pour le diagnostic.

TP2 : Détection de défauts par observateur de Luenberger.

TP 3 : Détection et localisation de défauts par bancs d'observateurs à entrées inconnues.

TP 4 : Génération de résidus par redondance analytique.

TP 5 : Diagnostic par identification paramétrique

TP 6 : Analyse des résidus par le test de Page-Hinkley

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière: TP Commande de robots de manipulation
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Mettre en pratique et donner un aspect concret aux notions vues au cours " Commande de robots de manipulation " par des travaux pratiques pour mieux comprendre et assimiler le contenu de cette matière.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours

Contenu de la matière:

TP1. Initiation à Matlab Robotics Toolbox. (Transformations géométrique)

TP2. Modélisation géométrique et inverse d'un robot Plan (3DDL).

TP3. Modélisation cinématique directe et inverse.

TP4. Modélisation dynamique d'un robot plan (2DDL).

TP5. Génération de trajectoires en mode articulaire et cartésien.

TP6. Commande dynamique d'un robot

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 3
Unité d'enseignement : UET 2.1
Matière 1 : Reverse Engineering
VHS : 45h00 (Cours : 1h30 et Atelier : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

- 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.

Compétences visées

- Décomposer et analyser un système existant,
- Reproduire fidèlement un schéma technique ou un modèle 3D à partir d'un produit existant,
- Appliquer des outils de diagnostic et de simulation,
- Travailler en groupe sur un projet exploratoire,
- Identifier les limites juridiques de la rétroconception

Adaptabilité aux spécialités du domaine Sciences et Technologie : é

- Toutes les spécialités du domaine ST sont concernées suivant
- Exemples de tâches : Documentation technique numérique, résultats de veille technologique, Gestion de projets techniques, Collaboration autour de plans, Analyses de rapports, Compréhension de procédés industriels, Suivi de données de production, Techniques de reporting, Prototypage, Essais)

Prérequis :

- Connaissances fondamentales dans la spécialité.

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, cybersécurité, 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 :

- TP techniques
- Mini-projet de rétro-ingénierie (rapport + soutenance)
- Examen final (QCM + étude de cas)
- Examen : 60% et CC TP : 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 : 3

Unité d'enseignement: UET 2.1

Matière 1 : Recherche documentaire et conception de mémoire

VHS : 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

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

Connaissances préalables recommandées :

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:

Partie I- : Recherche documentaire :

Chapitre I-1 : Définition du sujet

(02 Semaines)

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

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information

(02 Semaines)

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

Chapitre I-3 : Localiser les documents

(01 Semaine)

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information

(02 Semaines)

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

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie

(01 Semaine)

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

Partie II : Conception de mémoire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

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

