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
ل. م . د

ماستر أكاديمية

برنامج وطني

(تحيين 2026-Bis)

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم

الميدان	الفرع	التخصص
علوم وتكنولوجيا	آلية	آلية وإعلام آلي صناعي

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
L.M.D

MASTER ACADEMIQUE

PROGRAMME NATIONAL

(Mise à jour 2026-Bis)

Etablissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	*Automatique*	*Automatique et Informatique industrielle*

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
L.M.D

ACADEMIC MASTER'S DEGREE

NATIONAL PROGRAMME

(2026-Bis Update)

Institution	Faculty / Institute	Department

Domain	Field	Specialisation
Science and Technology	***Control Engineering***	***Control Engineering and Industrial Computing***

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 informatique industrielle	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	Conception orientée objet	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 Python	2	2	1h30		1h30	45h00	5h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
Total semestre 1		**30**	**17**	**11h30**	**6h00**	**7h30**	**375h00**	**375h00**		

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%
	Systèmes Embarqués et systèmes temps réels	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Programmation avancée des API	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Electronique Appliquée	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Réseaux et protocoles de communication industrielle	2	1	1h30 (cours/TP)			22h30	37h30	40%	60%
	TP Systèmes non linéaires	2	1			1h00	15h00	35h00	100%	
	TP Systèmes Embarqués et systèmes temps réels	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Programmation avancée des API/TP Electronique Appliquée	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 4 Coefficients : 4	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30	1h30		45h00	5h00	40%	60%
	Lean start-up	**2**	**2**	**1h30**	**1h30**		**45h00**	**05h00**	**80% (20% Atl + 60% Prj)**	**20%**
Total semestre 2		**30**	**17**	**12h00**	**7h30**	**5h30**	**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 avancée	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Commande de robots de manipulation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Systèmes à évènement discrets	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	FPGA et programmation VHDL	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Supervision industrielle	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
	TP Commande avancée	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Commande de robots de manipulation	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP FPGA et programmation VHDL	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	**1h00**			**15h00**	**10h00**		100%
Total semestre 3		**30**	**17**	**11h30**	**6h00**	**7h30**	**375h00**	**375h00**		

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. Naaeimi, Feedback Control Dynamique Systems. (Addison-Wesly, 1991.
5- K. J. Astrôm, B. Wittenmark, Computer-Controlled Systems, Theory and design. Prentice Hall, New Jersy, 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 Monovariables 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, 9ième 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 2ième 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° 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 maitrise 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 : principles 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 1.2
Matière: Conception orientée objet
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP: 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Apprendre à l'étudiant les concepts de base de la programmation orientée objets ainsi que la maîtrise des techniques d'élaboration de projets, à la fin l'étudiant sera capable de :
Réaliser des applications informatiques basées sur l'approche de la programmation objet.
Développer des applications interface homme machine (C++, java) sous environnement Windows ou Android.

Connaissances préalables recommandées:

Connaissances de base en programmation C, Algorithmique.

Contenu de la matière:

Chapitre 01 : Introduction á l'approche Objet **(01semaine)**
Pourquoi utiliser des technologies à objets ?, Les défis de la nouvelle informatique : modularité (Plug-Ins), réutilisabilité, évolutivité. L'utilisation de bibliothèques de composants.

Chapitre 2. Notions de base **(2 semaines)**
Rappels sur les structures de contrôle, les fonctions, les tableaux, la récursivité, les fichiers, pointeurs et références, pointeurs et tableaux, allocation dynamique de la mémoire.

Chapitre 3. Classes et objets **(3 semaines)**
Déclaration de classe, Variables et méthodes d'instance, Définition des méthodes, Droits d'accès et encapsulation, Séparations prototypes et définitions, Constructeur et destructeur, Les méthodes constantes, Association des classes entre elles, Classes et pointeurs.

Chapitre 4. Héritage et polymorphisme **(3 semaines)**
Héritage, Règles d'héritage, Chaînage des constructeurs, Classes de base, Préprocesseur et directives de compilation, Polymorphisme, Méthodes et classes abstraites, Interfaces, Traitements uniformes, Tableaux dynamiques, Chaînage des méthodes, Implémentation des méthodes virtuelles, Classes imbriquées.

Chapitre 5. Les conteneurs, itérateurs et foncteurs **(3 semaines)**
Les séquences et leurs adaptateurs, Les tables associatives, Choix du bon conteneur, Itérateurs : des pointeurs boostés, La pleine puissance des list et map, Foncteur : la version objet des fonctions, Fusion des deux concepts.

Chapitre 6. Notions avancées **(2 semaines)**
Gestion d'exceptions, Les exceptions standard, Les assertions, Les fonctions templates, spécialisation de templates, Les classes templates.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

TP Conception orientée objet :

TP1 : Classes et objets
TP2 : Héritage et polymorphisme
TP3 : Gestion mémoire
TP4 : Templates

TP 5 : Exemple orienté objet (par exemple Créer un petit jeu orienté objet en C++ ou Java)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1- Bertrand Meyer, Conception et Programmation orientées objet, Eyrolles, 2000.
2- Franck Barbier, Conception orientée objet en Java et C++: Une approche comparative, Pearson Education, 2009.
3- Edward Yourdon, Peter Coad, Conception orientée objet, Dunod, 1997.
4- Hugues Bersini, La programmation orientée objet. Cours et exercices UML 2 avec Java, C#, C++, Python, PHP et LINQ, Eyrolles; 6e édition, 2013.
5- Claude Delannoy, S'initier à la programmation et à l'orienté objet : Avec des exemples en C, C++, C#, Python, Java et PHP, Eyrolles; 2e édition, 2016.
6- Luc GERVAIS, Apprendre la Programmation Orientée Objet avec le langage C# (2e édition), Editions ENI; 2e édition, 2016.
7- Thierry GROUSSARD Luc GERVAIS, Java 8 - Apprendre la Programmation Orientée Objet et maîtrisez le langage (avec exercices et corrigés), Editions ENI, 2015.
8- Luc GERVAIS, Apprendre la Programmation Orientée Objet avec le langage Java, ENI, 2014.

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 maitriser 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 Fourrier 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
- 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 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-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 : 1
Unité d'enseignement : UET 1.2.2
Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.
VHS : 15h00 (Cours : 1h00)
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 nouvelle 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/

IV - 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 : charactérisation des orbites par les valeures 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 indépenant 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, Educalivre, 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: Systèmes Embarqués et systèmes temps réels
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants une introduction aux systèmes temps réel. Ces systèmes sont généralement des systèmes embarqués (plusieurs composants matériels et logiciel communicants) et sont utilisés dans des environnements connus par leur nature critique où toute défaillance peut avoir des conséquences graves sur la vie humaine et l'environnement. Le cours donne une définition précise des systèmes temps réel et embarqués et discute leurs caractéristiques ainsi que les méthodes, mécanismes et langages utilisés pour la conception et le développement de tels systèmes.

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Programmation en C
- Bases en électronique numérique et micro contrôleurs

Contenu de la matière :

A. Systèmes Embarques

Chapitre 1 Architecture Des Systemes Embarques A Base De Micrcontroleur **(1 semaine)**
Historique,Définition,Les Types De Systèmes Embarques, Introduction de l'architecture du microcontrôleur utilisé dans ce cours (AVR, PIC, …) comme système embarqué
Chapitre 2 – les entrées/sorties digitales et analogiques **(1 semaine)**
Chapitre 3 – communication serie synchrone/asynchrone **(3 semaine)**
Chapitre 4 – Timers et compteurs **(2 semaine)**

B. Noyau Temps Réel

Chapitre 5 – les interruptions **(1 semaine)**
Chapitre 6 – Introduction aux systèmes temps réel **(1 semaine)**
Chapitre 7 – Osa – RTOS fonctionnement **(1 semaine)**
Chapitre 8 – Noyau et services **(3 semaine)**
Chapitre 9 – Applications automatiques **(2 semaine)**

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. Francis Cottet, Emmanuel Grolleau, Systèmes temps réel embarqués - 2e éd. - Spécification, conception, implémentation et validation temporelle, Dunod, 2014.
2. Nicolas Navet, Systèmes temps réel - Volume 2 : Ordonnancement, réseaux et qualité de service, Hermès – Lavoisier, 2006.
3. Philippe Louvel, Systèmes électroniques embarqués et transports, , 2012, Dunod
4. Yassine Manai, Méthodologie de conception de systèmes embarqués, 2011, Dunod
5. Bernard Chauvière, Systèmes temps-réel embarqués: Techniques d'ordonnancement et Evaluation de la qualité de service Editions universitaires europeennes, 2010.

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

Objectifs de l'enseignement:

Approfondir la programmation des fonctions complexes et des Entrées Sorties. Mettre en œuvre et utiliser les outils de programmation et développement d'un projet avec des applications pratiques, maîtriser l'échange d'informations entre automates et des équipements intelligents via un réseau de terrain.

Connaissances préalables recommandées:

API enseigné en L3-S4 ; logique combinatoire et séquentielles ; Capteurs et actionneurs.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes automatisés de production (1 semaine)
- Notions de systèmes automatisés
- Architecture matérielle et logicielle d'un système automatisé
- Exemples de systèmes automatisés
- De la logique cablée à la logique programmée

Chapitre 2 : Les automates programmables industriels (3 semaines)
- Qu'est-ce qu'un automate programmable
- Les différents types d'automates
- Les éléments constitutifs des automates
- Les critères de choix d'un automate
- Les différents types de données API
- Cartes d'entrées / sorties TOR
- Cartes d'entrées / sorties analogiques
- Cartes de régulation PID
- Cartes de commande d'axe
- Cartes de comptage rapide

Chapitre 3 : La programmation des automates (5 semaine)
- Introduction à la logique combinatoire
- Les équations logiques et portes logiques
- Introduction au grafcet
- Le langage ladder
- Traduction d'un grafcet en ladder
- Transcription d'un cahier des charges en grafcet
- Les langages de programmation

Chapitre 4 : Les systèmes de supervision scada (2 semaine)
- Utilité et importance d'une supervision industrielle
- Les logiciels de supervision industrielle
- Les critères de choix d'un logiciel de supervision

Chapitre 5 : Introduction aux réseaux de terrain pour automates (4 semaines)
- Introduction : Rôle et intérêt des réseaux de communication

Caractéristiques des réseaux :

- Généralités sur la normalisation.
- Supports de transmission : paire torsadée, câble coaxial, fibre optique.
- Normes de transmission : BC20mA, RS232, RS422/485…
- Principes des réseaux : topologies, méthodes d'accès, protocoles,…

Réseaux de niveau

- TELWAY7, FIPWAY / FIPIO
- MODBUS PLUS.
- PROFIBUS DP
- ASI
- DEVICE NET, ETHERNET

Choix et Mise en oeuvre des réseaux de communication:

- Décomposition d'un automatisme en sous ensembles.
- Synchronisation des sous-ensembles.
- Présentation des réseaux hétérogènes
- Présentation des modules de communication et passerelles possibles entre différents types de réseaux.
- Application sur un exemple de projet

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. William Bolton, « Les automates programmables industriels », 2e éd, Dunod, 2015.
2. Guide des solutions d'automatisme, Publications techniques, Schneider, 2008
3. John R. Hackworth and Frederick D. Hackworth, Jr. Programmable Logic Controllers: Programming Methods and Applications, Ed, Prentice Hall, 2004.
4. L. A. Bryan, E. A. Bryan, Programmable Controllers Theory and Implementation: Theory and Implementation, Amer Technical Pub; 2 Sub edition, 2003.
5. Madhuchhand Mitra & Samarjit Sengupta, Programmable Logic Controllers and Industrial Automation: An Introduction, Penram International Publishing, 2009.
6. Frank Petruzella Programmable Logic Controllers 5th Edition, McGraw-Hill Education; 5 edition, 2016.
7. Max Rabiee Programmable Logic Controllers: Hardware and Programming 3rd Edition, Goodheart-Willcox; 3 edition, 2012.
8. William Bolton Programmable Logic Controllers, Sixth Edition 6th Edition, Newnes; 6 edition, 2015.

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. 6. P. Mayeux, « Apprendre l'électronique par l'expérimentation et la simulation », ETSF, 2006.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière: Réseaux et protocoles de communication industrielle
VHS: 22h30 (Cours: 0h45, TP: 0h45) (Alterner les séances de cours et de TP une fois par quinzaine.)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours présente une introduction au domaine des réseaux de données et de communication. Il vise à familiariser les étudiants avec les concepts de base des réseaux de communication de l'information. Il initie les étudiants à définir une solution simple mettant en œuvre des réseaux de type industriel

Connaissances préalables recommandées:

L'étudiant devra posséder les connaissances suivantes :

- Connaissances de base sur les technologies et les usages des réseaux industriels.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Rappels sur les modèles de réseaux OSI et TCP/IP **(1 Semaine)**
Chapitre 2. Bus de communications **(1Semaines)**

- Traditionnels
- Emergeants

Chapitre 3. Protocoles de communications industriels sans fil (WirelessHart) **(1 Semaines)**
Chapitre 4. Sécurité des réseaux de communication industriels sans fil **(1 Semaines)**
Chapitre 5. Diagnostics des réseaux de communications industriels **(1 Semaines)**
Chapitre 6. Supervision réseaux **(1 Semaines)**
Chapitre 7. Serveurs/clients OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control) **(1 Semaines)**

TP Contenu de la matière:

Prévoir quelques TPs en relation avec le matériel disponible, en simulation et/ou Implémentation :

TIA Portail, CISCO, …. :

- Réseaux industriels des API/Station/ Variateur de vitesse/ …par TCP/IP , par Profibus,….
- Communication entre API et Arduino

Mode d'évaluation: Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1- A. Tanenbaum, Réseaux : Architecture, protocole, applications, Inter Editions - Collection iia
2- Gildas Avoine, Pascal Junod, Philippe Oechslin: Sécurité Informatique, Vuibert.
3- Malek Rahoual, Patrick Siarry, Réseaux informatiques : conception et optimisation, Editions Technip, 2006.
4- Guy Pujolle, Les réseaux, 5ième édition, Eyrolles, 2006.
5- Paul Mühlethaler, 802.11 et les Réseaux sans fil, Eyrolles, 2002.
6- Khaldoun Al Agha, Guy Pujolle, Guillaume Vivier, Réseaux de mobiles et réseaux sans fil, Eyrolles, 2001.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière: TP Les systèmes non linéaires
VHS: 15h00 (TP: 1h00)
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.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours

Contenu de la matièreSystèmes 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

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière: TP Systèmes Embarqués et systèmes temps réels
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Pour ce TP, l'objectif est de donner une méthodologie pour la conception des applications embarquées, à savoir : la mise en œuvre des opérations d'entrée/sortie numérique et analogique (capteurs et actionneurs), les moyens de communication avec l'environnement extérieur (IHM, Labview, ...)et une introduction à la programmation des systèmes temps réel. Les TPs se feront sur une carte de développement type ArduinoMega et la programmation s'effectuera avec l'IDE AVR Studio.

L'AVR a été choisie, vu que la carte Arduino (carte de développement très répandue) se base sur cette architecture ; Néanmoins, toute autre architecture s'adapte parfaitement à ce cours.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours.

Contenu de la matière:

TP1 : Introduction à l'IDE AVR Studio : Création de projets, Compilation C, Debuggage, Téléversement sur la carte Arduino.
TP2 : Les entrées/sorties numérique : Affichage sur LED, Relais, 7 segments, Lecture clavier 16 touches.
TP3 : Conversion analogique/numérique : Capteur de température LM35, lecture de tensions, courants.

TP4 : Communication série USART : Affichage de grandeurs analogiques sur PC.
TP5 : Génération signal PWM, Commande d'un Moteurs DC.
TP6 : Introduction au système temps réel OSA, création de projets OSA.
TP7 : Application de la commande temps réel à la régulation de vitesse d'un moteur DC.

Mode d'évaluation : 100% évaluation continue

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière: TP Programmation avancée des API/TP Electronique Appliquée
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

TP Prog API : Consolidation des connaissances acquises dans les matières programmation avancée des API pour mieux comprendre et assimiler :

La structure d'un système automatisé, la programmation des fonctions complexes et des Entrées Sorties et les interfaces de communication entre automates.

TP EA : 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 Programmation avancée des API:

Prévoir quelques TPs en relation avec le matériel disponible.

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: 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 :

- 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 automatqiue (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 6 : Introdution 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'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: S2
Unité d'enseignement : UET 1.1
Matière : Lean Start-Up 2
VHS : 45h00 (Cours : 1h30, Atelier : 1h30)
Crédits : 2
Coefficient : 2

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.
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.

Terme	Définition
Engines of Growth (moteurs de croissance)	Mécanismes de croissance d'une startup : viral, payant ou organique.
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.

III - Programme détaillé par matière du semestre S3

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

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière a pour objectif de permettre aux étudiants de maîtriser des outils de synthèse de correcteurs performants qui tiennent compte des conditions réelles de fonctionnement des systèmes physiques : Incertitudes paramétriques, dynamiques négligées, paramètres variables dans le temps, présence de perturbations et de bruits de mesure. Les techniques de commande enseignées permettent de maintenir un niveau de performance malgré la présence de toutes ces contraintes.

Connaissances préalables recommandées :

Systèmes linéaires continus et échantillonnés, analyse des systèmes non linéaires, optimisation

Contenu de la matière :

Partie 1: Commande optimale (5 semaines)

1.1. Introduction et outils mathématiques pour l'optimisation dynamique
1.2. Commande en temps minimal
1.3. Commande Linéaire Quadratique
1.4. Commande Linéaire Quadratique Gaussienne

Partie 2 : Commande adaptative (5 semaines)

3.1. Commande adaptative directe et indirecte
3.2. Commande adaptative par modèle de référence (MRAC)
3.3. Synthèse de MRAC par approche MIT
3.4. Synthèse de MRAC par approche de Lyapunov
3.5. Synthèse de MRAC dans l'espace d'état
3.6. Régulateurs auto-ajustables (STR) : Approcha directe
3.7. Régulateurs auto-ajustables (STR) : Approcha indirecte

Partie 3 : Commande prédictive (5 semaines)

4.1. Principe de la commande prédictive
4.2. Prédicteur d'un système numérique
4.3. Commande GPC, prédicteur optimal
4.4. Commande GPC sous contraintes
4.5. Commande prédictive par approche d'état (State Space Model Predictive Control)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%

Références bibliographiques :

1- I. D. Landau Identification et commande des systèmes, Hermès, 1993.
2- K. J. Astrom and B. Wittenmark, Adaptive control., Dover, 2008.
3- I. D. Landau, R. Lozano, M. M'Saad, and A. Karimi, Adaptive control. Springer , 2011.
4- V. V. Chalam, Adaptive control systems: Techniques and applications. Marcel Dekker,1987
5- P. Boucher and D. Dumur, La commande prédictive, Technip, 1996.
6- J. A. Rossister, Model-Based Predictive Control: A Practical Approach, CRC Press, 2003
7- J. M. Maciejowski, Predictive Control: With Constraints, Prentice Hall, 2002
8- E. F.Camacho, C. B. Alba, Model predictive control. Springer, 2013
9- K. Zhou and J. C. Doyle, Essentials of Robust Control,. Prentice Hall, 1997.
10- D. Alazard, et al. Robustesse et commande optimale. Editions Cépaduès (2000)
11- G. Duc, S. Font, Commande H∞ et µ-Analysis, des outils pour la robustesse, Hermes (1999)
12- S. Skogestadand, I. Postlethwaite, Multivariable Feedback Control. Analysis and Design. Wiley 2005.
13- Daniel Liberzon. *Calculus of Variations and Optimal Control Theory: A Concise Introduction*. Princeton University Press, 2012.
14- Kemin Zhou, John C. Doyle, Keith Glover **.** *Robust and Optimal Control*.Prentice Hall, 1995.
15- Hence P. Geering.*Optimal control with engineering application*.Springer, 2007.
16- Joao P. Hespanha. *Undergraduate lectures notes on LQG LQR controller design*. 2007.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière 1: 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. M.W. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, Wiley, 1ère éd., 2006.
2. J.J. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control, Pearson Education, 3ème éd., 2008.
3. Philippe Coiffet, La robotique, Principes et Applications, Hermès, 1992.
4. Reza N. Jazar, Theory of Applied Robotics, Kinematics, Dynamics and Control. Springer 2007.
5. Mark W. Spong, Seth Hutchinson, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, Wiley, 1989.
6. Bruno Siciliano et al, Robotics, Modelling planning and Control, Springer, 2009.
7. W. Khalil & E. Dombre, modélisation, identification et commande des robots, Hermès, 1999.

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

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de la première partie de cette matière consiste en la modélisation des Systèmes à Evénements Discret (SED) par réseau de Petri autonomes, la construction des graphes de marquage et/ou de couverture et l'analyse de ces systèmes. La deuxième partie du cours est consacré à la commande par supervision des SED. Enfin en verra en troisième partie, les systèmes temporisés.

Connaissances préalables recommandées:

Automatique de base (asservissement et régulation). Algorithmique.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Introduction aux SED (1 semaine)

- **I .1. Modèles et systèmes**
  - 1.1 Système: définition
  - 1.2 Modèle: définition
- **I.2. Systèmes continu, discret, hybride**
  - 2.1 Système hybride et définitions
  - 2.2 Exemples de systèmes discrets
- **I.3. Domaines d'application**
  - 3.1 Domaines
  - 3.2 Caractéristiques

Chapitre 2 : Modélisation des SED (6 semaines)

- **II.1. Introduction**
- **II.2. Langages et automates**
  - 2.1. Langages
  - 2.2. Automates: Machine à Etats Finis (MAF)
  - 2.3. Conception des machines à états
- **II.3. Modélisation par RDP**
  - 3.1. RDP ordinaire
  - 3.2. RDP temporisé
  - 3.3. RDP synchronisé
  - 3.4. RDP interprété de commande
- **II.4. Modélisation par grafcet**
- **II.5. Algèbre des dioides ou Max+**

Chapitre 3 : Commande par supervision des SED (5 semaines)

- **III.1. Introduction à la RW theory**
- **III.2. Commande sous contraintes**
- **III.3. Synthèse de contrôleur pour les SED modélisés par Automates à états Finis**
- **III.4. Synthèse de contrôleur pour les SED modélisés par RDP (méthode desinvariants)**

- **III.5. Synthèse de contrôleur pour les SED modélisés par Grafcet**

Chapitre 4 : Extensions et Conclusion (3 semaines)

- **IV.1. Commande par supervision modulaire, hiérarchique, observation partielle, Max+**
- **IV.2. Prise en compte du temps**
  - 2.1. RDP et Grafcet Temporisés
  - 2.2. Automates temporisés
  - 2.3. Algèbre des dioides ou Max+

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1- BRAMS, Approche mathématique des réseaux de Petri, MASSON 1987
2- J.M. Proth,X. Xie, Modélisation des systèmes de production, DUNOD 1992
3- A. Marsan, S. Donatelli .Modelling with generalized stochasticPetri Nets, Willey 1995
4- M. cassandras, S. Lafortune. Introduction to DES, Willey 1999.
5- R. David et H Alla. Du Grafcet aux Réseaux de Petri, Hermes. 1992.
6- C. Cassandras and S. Lafortune. Introduction to discrete Event Systems. Kluwer Academic, 2008.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.2
Matière 1: FPGA et programmation VHDL
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Ce module enseigne les différentes technologies des circuits numériques, les méthodologies de conception des circuits à haute densité d'intégration VLSI ainsi que les outils de développement nécessaires à la description matérielle telle que les outils de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et les langages de haut niveau de description matérielle.

Connaissances préalables recommandées :

1. Le codage des nombres.
2. Les circuits combinatoires.
3. Les circuits séquentiels.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Le langage VHDL. **(2 semaines)**

Les unités de conception.Les niveaux de description. Organisation en bibliothèque. Les éléments du langage. Les objets du langage. Les catégories des données. Modélisation par paramètres génériques. Les types d'instructions. Les sous-programmes. La simulation fonctionnelle des circuits : Test-Bench.

Chapitre 2. Les circuits numériques. **(3 semaines)**

Architectures classiques des circuits numériques. Les circuits standards : les fonctions simples, les microprocesseurs et les DSP, les mémoires. Les circuits spécifiques à l'application ASIC : les prés-diffusés, les circuits à la demande, les prés-caractérisés.Les circuits programmables PLD : les circuits programmables simples SPLD, les circuits programmables complexes CPLD, les réseaux logiques programmables FPGA. Les technologies d'interconnexions : les fusibles, les anti-fusibles, MOS à grille flottante, Mémoires statiques. Les critères de choix. Les domaines d'applications.

Chapitre 3. Les réseaux logiques reconfigurable FPGA. **(3 semaines)**

Les types d'architectures des FPGA : Architecture de type îlots de calcul, Architecture de type hiérarchique, Architecture de type mer de portes.Les différents éléments des FPGA : Le circuit configurable (Les blocs logiques CLB, Les blocs d'entrée/sortie IOB, Les interconnexions programmables), Gestionnaire d'horloge, Le réseau mémoire SRAM. Les FPGA actuelles : Bloc de petits multiplieurs dans un FPGA, Blocs des DSP dans un FPGA, Blocs de cœurs de processeurs dans un FPGA. Les critères de choix. Les domaines d'applications.

Chapitre 4. Méthodologie de la conception. **(3 semaines)**

Méthodes de conception : la conception des circuits à faibles densité d'intégration, la conception des circuits à haute densité d'intégration. Les outils de développement : les outils de CAO, les différentes approches de description d'un circuit, les langages de description. Présentation des compilateurs qui contient les outils de CAO.

Chapitre 5. Les opérateurs câblés. **(2 semaines)**

Représentations des nombres relatifs : binaire décalé, signe et valeur absolue, complément à 1, complément à 2. Représentation à virgule fixe.Représentation à virgule flottante. Additionneurs. Multiplieurs.Diviseurs. Comparateurs.

Chapitre 6 : Etude d'un exemple de FPGA - SPARTAN3 **(2 semaines)**

Caractéristiques générales, 2. Bloc entrée-sortie (IOB), 3.Bloc logique configurable, 4. Bloc RAM, 5. Multiplieur, 6. Gestionnaire d'horloge, 7.Ressources de routage et connectivite, 8.Configuration, 9.Méthodologie de placement, 10.Conception d'un FPGA.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. Philip Simpson, La conception de systèmes avec FPGA - Bonnes pratiques pour le développement collaboratif Poche, Dunod, 2014.
2. Francois ANCEAU & Yvan BONNASSIEUX, Conception Des Circuits VLSI, Du composant au système, Dunod, 2007.
3. Pong P. Chu, FPGA Prototyping by VHDL Examples: Xilinx Spartan, Wiley-Blackwell, 2008.
4. Alexandre Nketsa, Circuits logiques programmables : Mémoires PLD, CPLD et FPGA, informatique industrielle, Ellipses Marketing, 1998.
5. Jacques WEBER & Sébastien MOUTAULT & Maurice MEAUDRE, Le langage VHDL, du langage au circuit, du circuit au langage, 5e éd.: Cours et exercices corrigés, Dunod, 2016.
6. Phillip DARCHE, Architecture Des Ordinateurs, Logique booléenne : implémentations et technologies, Vuibert, Paris, 2004.

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

Objectifs de l'enseignement:

Le but du cours est de présenter à l'étudiant le système de supervision SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), très utilisé dans la supervision et l'acquisition de données des processus industriels dans divers secteurs. A la fin l'étudiant peut concevoir une interface de supervision d'un processus industriel et de savoir le logiciel et e matériel nécessaire.

Connaissances préalables recommandées:

API, Réseaux industriels, Bus et protocoles de communication, Chaine d'instrumentation, Dessin industriel,

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Définition d'un système SCADA (1 semaine)

Définition d'un système SCADA (supervision =surveillance-commande), utilités, fonctions, …. . Historique : passer de la boucle PC-PO vers la boucle SCADA-PC-PO

Chapitre 2. Composants d'un système de contrôle industriel. (2 semaines)

Systèmes de contrôle industriel : PLC (Programmable Logic Controller), DCS (Distributed Control Systems), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), PAC (Programmable Automation Controller), RTU (Remote Terminal Unit), PC -based Control System.

Chapitre 3. Architectures des systèmes SCADA (3 semaines)

Architectures SCADA, Protocoles SCADA, Acquisition de données. Déploiement des systèmes SCADA. Architecture réseaux,. Positionnement du SCADA sur la pyramide CIM (lien avec MES et ERP)

Chapitre 4. HMI (Humain Interface Machine) dans les systèmes SCADA (3 semaines)

Définition HMI, Présentation ergonomique analytique et normative : Texte, Symbole, Courbe, Couleur, Animations, Signalisation, …. . Gestion des alarmes, Gestions des messages (erreur, confirmation, …), Gestion des gammes Production-Recettes, Archivages, et Historisation, Définition de qlq normes internationales de la schématisation TI (Tuyauterie et Instrumentation), ISA symbology, PCF, ….

Chapitre 5. Logiciels de supervision SCADA (2 semaines)

- **Organisation logicielle d'un système de supervision SCADA**

  Variable dédiées au contrôle-commande : Variables interne externe , type ToR, Numérique, analogique, chaine de caractères

  Variable "objet" : Valeur de la variable, unités, échelle, limites, horodatage, fraîcheur, hystérésis, type d'objet statique ou dynamique.

  spécificité Temps-réel de la base des variables : Synchronisation avec l'interface HMI, synchronisation avec le matériels (lecture, envoi, mise à jour, ..), temps de rafraichissement (cyclique, cyclique paramétrable, flash, ….), …

Programmation : Editeur graphique, bibliothèques des composants, instanciations , …
Administration à distance , …

- **Présentation de quelques logiciels pour SCADA :**
  Siemens →SIMATIC WinCC flexible, TIAPortal , Scheinder Electric → Monitor pro, Elution → ConrolMaestro, ARC Informatique →PCVue , Codra → Panorama P2, Panorama E2 ,ICONICS → GENESIS 32, …

Chapitre 6. Sécurité des systèmes SCADA (1 semaine)

Pourquoi sécuriser SCADA ?, Attaques (Menaces et dangers) contre les systèmes SCADA, Risques et évaluation. Scénarios des incidents possibles. Sources d'incidents. détection et repérages des pannes défaillances, erreurs, … Politique de sécurité. ….

Chapitre 7. Applications démonstratives (3 semaines)

Etudier un exemple illustratif : Introduire toutes les notions et les concepts logiciels et matériels étudiés pour élaborer un systèmes SCADA correspondant, suivant un cahier des charges bien déterminé.

Travaux pratiques :

Des travaux pratiques peuvent être pensés et élaborés par l'enseignant selon la disponibilité du matériel et logiciels.

TP1. Introduction au logiciel WinCC flexible (ou TIA Portal) de Siemens
TP2. Elaboration et Implémentation d'un système SCADA pour asservir un le niveau d'eau dans un réservoir
TP3. Elaboration et Implémentation d'un système SCADA pour barrière d'un parking :

- Etablir la commande du moteur utilisé : Commande d'un moteur à courant continu (PID) ou un moteur pas à pas ou servomoteur (PWM) en langage Ladder, SCL, …
- Concevoir un grafcet correspondant du système complet
- Concevoir un système SCADA (HMI, variables àutiliser, ….)
- Soulever quelques contraintes de sécurités et proposer des solutions ……..

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

7- Ronald L. Krutz Securing SCADA Systems, Wiley, 2005.
8- Stuart A. Boye, Scada: Supervisory Control And Data Acquisition, ISA; Édition : 4th Revised edition, 2009.

9- Robert Radvanovsky et Jacob Brodsky, Handbook of SCADA/Control Systems Security, Second Edition, CRC Press; 2016
10- William Shaw, Cybersecurity for Scada Systems, PennWell Books, 2006.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM 2.1
Matière: TP Commande avancée
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.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours

Contenu de la matière:

Tp1 : Commande optimal LQ

TP2 : Commande optimale LQR

Tp3 : Commande adaptative par approche MIT et de Lyapunov

Tp4 : Commande adaptative par régulateur auto-ajustable

Tp5 : Commande prédictive par approche fonction de transfert

Tp6 : Commande prédictive par approche d'état

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: UEM 2.1
Matière: TP FPGA et programmation VHDL
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 la matière FPGA et programmation VHDL.

Connaissances préalables recommandées

Contenu du cours.

Contenu de la matière:

TP1 : Maîtrise d'un outil de conception (xilinx, altera)

TP2. Conception d'un système combinatoire

TP3. Conception d'un système séquentiel : le processus

TP4. Conception des machines d'état

TP5. Conception d'une conception large.

TP6 : implémentation de la conception sur une carte FPGA

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

A**daptabilité aux spécialités du domaine Sciences et Technologie : é**

- Toutes les spécialités du domaine ST sont concernées suivant
- Exemples de taches : 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 : 15h00 (Cours: 1h00)
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.*