REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

OFFRE DE FORMATION À DISTANCE / FAD

MASTER : PROFESSIONNALISANT

Etablissement	Faculté / Institut	Département
Université Badji Mokhtar Annaba	**Faculté de Technologie**	**Département d'Electronique**

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Année universitaire : 2026- 2027

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

عرض تكوين عن بعد

ماستر: مهني

المؤسسة	الكلية/ المعهد	القسم
جامعة باجي مختار عنابة	كلية التكنولوجيا	قسم الالكترونيك

الميدان : علوم وتكنولوجيا

الشعبة : آلية

التخصص : آلية، أداتية ورقمنة

السنة الجامعية: 2027/2026

SOMMAIRE

I - Fiche d'identité du Master ----------
1 - Localisation de la formation----------
2 - Partenaires de la formation----------
3 - Contexte et objectifs de la formation----------
A - Conditions d'accès ----------
B - Objectifs de la formation ----------
C - Profils et compétences visées ----------
D - Potentialités régionales et nationales d'employabilité ----------
E - Passerelles vers les autres spécialités ----------
F - Indicateurs de suivi de la formation ----------
G – Capacités d'encadrement----------
4 - Moyens humains disponibles----------
A - Enseignants intervenant dans la spécialité----------
B - Encadrement Externe----------
5 - Moyens matériels spécifiques disponibles----------
A - Laboratoires Pédagogiques et Equipements----------
B- Terrains de stage et formations en entreprise ----------
C - Laboratoires de recherche de soutien au master----------
D - Projets de recherche de soutien au master----------
E - Espaces de travaux personnels et TIC ----------

II - Fiche d'organisation semestrielle des enseignement----------
1- Semestre 1 ----------
2- Semestre 2 ----------
3- Semestre 3 ----------
4- Semestre 4 ----------
5- Récapitulatif global de la formation ----------

III - Programme détaillé par matière ----------

IV – Accords / conventions ----------

1- Semestre 1 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 Sem	C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE Fondamentales									
UEF11									
Automatisation de processus industriels I	67h30	3h00	1h30			3	6	40%	60%
Electronique de puissance pour l'industrie	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
UEF12									
Régulation dans l'industrie	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
Instrumentation Industrielle et Smart Sensors	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
UE Méthodologique									
UEM1									
Programmation orientée Objet en Python	45h00	1h30		1h30		2	2	40%	60%
TP - Automatisation de processus industriels I	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Electronique de puissance pour l'industrie	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Régulation dans l'industrie	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Instrumentation Industrielle et Smart Sensors	22h30			1h30		1	2	100%	
UE découverte									
UED1									
Ingénierie des processus industriels	22h30	1h30				1	1		100%
Industrie 4.0	22h30	1h30				1	1		100%
Total Semestre 1	**382h30**	**12h00**	**6h00**	**7h30**		**17**	**30**		

2- Semestre 2 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 Sem	C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE Fondamentales									
UEF21									
Automatisation de processus industriels II	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
Réseaux et bus industriels	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
UEF22								40%	60%
Programmation avancée des API	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
Variateurs de Vitesse et Motion Control	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
UE Méthodologique									
UEM2									
TP - Automatisation de processus industriels II	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Réseaux et bus industriels	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Programmation avancée des API	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Variateurs de Vitesse et Motion Control	22h30			1h30		1	2	100%	
Stage en entreprise	22h30	Volume horaire hors quota (en moyenne 100 heures) Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				1	2	100%	
UE découverte									
UED2									
Gestion de projet	22h30	1h30				1	1		100%
UE transversale									
UET2									
Eléments d'intelligence artificielle appliquée	45h00	1h30	1h30			2	2	40%	60%
Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	22h30	1h30				1	1		100%
Total Semestre 2	**382h30**	**10h30**	**6h00**	**9h00**		**17**	**30**		

3- Semestre 3 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	15 Sem	C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE Fondamentales									
UEF31									
Jumeaux numériques et Simulation	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
Maintenance Prédictive et IA	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
UEF32									
Sécurité industrielle et cyber-sécurité	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
Supervision des systèmes industriels et IHM	45h00	1h30	1h30			2	4	40%	60%
UE méthodologie									
UEM3									
TP - Jumeaux numériques et Simulation	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Maintenance Prédictive et IA	22h30			1h30		1	2	100%	
TP - Supervision des systèmes industriels et IHM	22h30			1h30		1	2	100%	
Ingénierie Numérique et PLM	45h00	1h30		1h30		2	3	40%	60%
UE Découverte									
UED3									
Audit des sites industriels	22h30	1h30				1	2		100%
UE Transversale									
Reverse engineering	45h00	1h30	1h30 Atelier			2	2	40%	60%
Recherche documentaire et conception de mémoire	22h30	1h30				1	1		100%
Total Semestre 3	**382h30**	**12h00**	**6h00**	**7h30**		**17**	**30**		

4- Semestre 4 :

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Automatique
Spécialité : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	418h30	9	18
Stage en entreprise	202h30	5	9
Séminaires	54h00	3	3
Autre (préciser)	.....	.....	.....
Total Semestre 4	675h00	17	30

5- Récapitulatif global de la formation : (indiquer le VH global séparé en cours, TD, pour les 04 semestres d'enseignement, pour les différents types d'UE)

UE / VH	UEF	UEM	UED	UET	S4	Total
Cours	292h30	45h00	90h00	90h00		517h30
TD	270h00					270h00
TP		315h00				315h00
Mémoire						
Stage dans l'entreprise		100h			202h30	302h30
Ateliers	-	-	-	45h00		45h00
Travail Personnel	-	-	-	-		
Autres	-	-	-	-		
Total						
Crédits	50	29	5	6	30	**120**
% en crédits pour chaque UE	42	24	4	5	25	100,00

III - Programme détaillé par matière

(1 fiche détaillée par matière)

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : UEF1.1

Intitulé de la matière : Automatisation de processus industriel I

Crédits : 6

Coefficients : 3

Objectifs de l'enseignement :

Apprendre à utiliser le GEMMA pour organiser les différents modes de fonctionnement d'un système, comprendre les bases de la logique câblée, et savoir concevoir et analyser des automatismes complexes avec le Grafcet et les réseaux de Pétri sont des compétences essentielles pour la conception, la mise en œuvre et l'optimisation des systèmes automatisés.

Connaissances préalables recommandées :

Automatisme, logique combinatoire et séquentielle.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Introduction aux systèmes automatisés (2 Semaines)

Fonction globale d'un système, automatisation et structure des systèmes automatisés, pré-actionneurs (Contacteurs, Triac, ...), actionneurs (Vérins, Moteurs, etc.…), capteurs, classification des systèmes automatisés, spécification des niveaux du cahier des charges, outils de représentation des spécifications fonctionnelles.

Chapitre 2. Notion de cahier des charges (3 Semaines)

Découpage fonctionnel d'unités de production, différents niveaux d'alarmes et d'incidents, interaction entre les différents niveaux fonctionnels d'une unité de production, rédaction de cahier des charges (Différents points à inclure).

Chapitre 3. La logique câblée (2 Semaines)

Concepts de base et élément de la logique câblée. Réalisation d'automatisme en logique câblée.

Chapitre 4. Le GEMMA (2 Semaines)

Méthode et concept de la grille GEMMA. Etudes des modes de marche et d'arrêt d'automatismes.

Chapitre5. Le Grafcet (4 Semaines)

Règles d'établissement et d'évolution – Interprétation - Séquences multiples - Séquences simultanées.
-Exemples d'applications.

Chapitre 6. Le Réseau de Petri (2 Semaines)

Concepts de base et définitions des Réseaux de Petri - Règles de fonctionnement - Marquage d'un réseau de Petri - Marquages accessibles et graphe des marquages - Séquence de Franchissement - Vecteur caractéristique Matrice d'incidence - Equation Fondamentale - Règles d'évolutions des RdP - Priorités des RdP – Différents types de RdP.
-Exemples d'applications.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%
Examen final : 60%

Références :

1- Jean-Pierre Maillard, « Du Grafcet aux Automates Programmables : Analyse Fonctionnelle et Maintenance », Foucher.

2- Giacomo Barbieri, Diego Gutierrez, « A GEMMA-GRAFCET Methodology to Enable Digital Twin Based on Real-Time Coupling », Procedia Computer Science, 2021.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :1
Intitulé de l'UE : UEF1.1
Intitulé de la matière : Electronique de puissance pour l'industrie
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

- Analyser le fonctionnement des convertisseurs de puissance utilisés dans les entraînements industriels.
- Dimensionner les hacheurs, redresseurs et onduleurs pour des applications industrielles types.
- Comprendre les techniques de commande MLI (PWM) et leur implémentation dans les variateurs.
- Identifier et analyser les perturbations électromagnétiques (CEM) générées par les convertisseurs.

Connaissances préalables recommandées :

Notion sur les composants électroniques passifs. Notion sur les composants électroniques actifs pour l'électronique générale et l'électronique de puissance.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Rappels et composants de puissance

- Thyristors, IGBT, MOSFET de puissance : caractéristiques statiques et dynamiques.
- Diodes de puissance, modules pont, dissipateurs thermiques.
- Calcul des pertes par commutation et par conduction.
- Isolation galvanique : transformateurs HF, optocoupleurs de commande.

Chapitre 2 : Redresseurs et alimentations industrielles

- Redresseurs monophasés et triphasés non commandés : analyse harmonique.
- Redresseurs commandés à thyristors : angle d'amorçage, facteur de puissance.
- Alimentation à découpage industrielle (SMPS) : forward, flyback, LLC résonant.
- Filtres actifs et passifs de compensation d'harmoniques.

Chapitre 3 : Hacheurs et conversion DC/DC

- Hacheur série (Buck), hacheur parallèle (Boost), Buck-Boost : calcul des éléments.
- Hacheur quatre quadrants pour machines à courant continu.
- Commande par modulation de largeur d'impulsion (MLI) : fréquence de commutation, taux d'ondulation.
- Applications : alimentation de bras de robots, chargeurs de batteries industrielles.

Chapitre 4 : Onduleurs et entraînements AC

- Onduleurs monophasés et triphasés en pont : topologies VSI et CSI.
- MLI sinusoïdale (SPWM) et MLI vectorielle (SVPWM).
- Filtre de sortie LC et réducteur dv/dt pour protection moteurs.
- Principe des variateurs de fréquence : structure interne.

Chapitre 5 : CEM et qualité de l'énergie

- Sources de perturbations : harmoniques de courant, rayonnement électromagnétique.
- Normes CEM industrielles : IEC 61800-3, EN 55011.
- Techniques de filtrage et de blindage : filtres d'entrée EMI, câblage séparatif.

- Mesures correctives et compensation du facteur de puissance (cosϕ).

Mode d’évaluation

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

Recommandations pédagogiques

- Référence : Siemens SINAMICS S120 Function Manual, documentation technique disponible sur Siemens Industry.
- Logiciel de simulation recommandé : PSIM ou LTspice pour les simulations de convertisseurs.
- Travaux pratiques sur maquettes de convertisseurs au laboratoire d’électronique de puissance.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :1

Intitulé de l'UE : UEF1.2

Intitulé de la matière : Régulation dans l'industrie

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

- Analyser et modéliser les systèmes dynamiques rencontrés dans les procédés industriels.
- Concevoir des régulateurs PID et analyser leur comportement fréquentiel.
- Implémenter et régler des boucles de régulation sur automates (blocs PID_Compact, PID_3Step).
- Appréhender les notions de régulation en cascade, ratio et feedforward utilisées dans l'industrie de procédé.

Connaissances préalables recommandées :

Asservissement des systèmes linéaires continus et échantillonnés. Notions de mathématiques de base et de traitement du signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Modélisation des procédés industriels

- Identification paramétrique par réponse indicielle : méthode de la tangente, méthode de Strejc.
- Modèles du premier et second ordre avec retard pur (FOPDT, SOPDT).
- Modélisation de procédés thermiques, hydrauliques et pneumatiques.
- Représentation d'état et fonction de transfert.

Chapitre 2 : Régulateur PID industriel et réglage

- Structure PID en série, parallèle et mixte : formes utilisées en DCS/API.
- Méthodes de réglage : Ziegler-Nichols, Cohen-Coon, Lambda-tuning (IMC).
- Anti-windup, bornage de la sortie, rampes de démarrage.
- Bascule manuel/automatique (bumpless transfer) et initialisation.

Chapitre 3 : Implémentation sur TIA Portal

- Bloc PID_Compact : configuration, paramétrage, mode auto-tuning.
- Bloc PID_3Step pour vannes motorisées : gestion des fins de course.
- Surveillance de la boucle : courbes de tendance avec TIA Portal Trend.
- Sécurité boucles : alarmes de déviation, temps de réponse watchdog.

Chapitre 4 : Structures de régulation avancées

- Régulation en cascade (cascade control) : boucle primaire et secondaire.
- Régulation ratio : contrôle de rapport de débits en mélange.
- Compensation anticipatrice (feedforward) : réduction des perturbations mesurables.
- Régulation override et split-range : sélection de contrôleur et partage de plage.

Chapitre 5 : Cas d'études industriels

- Régulation de température d'un four industriel avec préchauffeur.
- Contrôle de niveau et de débit dans une colonne de distillation simplifiée.
- Régulation de pression dans un réseau pneumatique.
- Introduction au système SIMATIC PCS 7 pour la régulation de procédés continus.

Mode d’évaluation

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

Recommandations pédagogiques

- Logiciel de simulation : MATLAB/Simulink avec Toolbox Control System.
- Référence Siemens : SIMATIC S7-1500 PID_Compact Programming and Operating Manual.
- Travaux pratiques sur maquettes de niveau (cuves, pompes, capteurs de niveau).

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :1

Intitulé de l'UE : UEF1.2

Intitulé de la matière : Instrumentation Industrielle et Smart Sensors

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Choisir et mettre en œuvre les capteurs et transmetteurs adaptés aux grandeurs industrielles (température, pression, débit, niveau, position).
- Comprendre les chaînes de mesure industrielles : capteur, conditionneur, transmission 4-20 mA / HART / IO-Link.
- Intégrer des capteurs intelligents (smart sensors) dans une architecture Industry 4.0.
- Analyser les caractéristiques métrologiques : étalon, étalonnage, incertitude de mesure.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Métrologie industrielle

- Grandeurs de mesure et unités SI : température, pression, débit volumique/massique, niveau, position.
- Caractéristiques métrologiques : précision, résolution, reproductibilité, linéarité, hysterésis.
- Incertitude de mesure selon GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement).
- Étalonnage et traçabilité métrologique : procdédures, certificats, fréquence.

Chapitre 2 : Capteurs de température

- Thermocouples (types K, J, T, E, N) : loi de Seebeck, soudure de référence, compensation CJC.
- Sondes RTD (Pt100, Pt1000) : montage 2, 3 et 4 fils, pont de Wheatstone, erreurs d'auto-échauffement.
- Thermistances NTC/PTC : applications de sécurité moteur.
- Pyrômètres infrarouge : émissivité, mesure sans contact, téléscope pyrositographique.

Chapitre 3 : Capteurs de pression, débit et niveau

- Capteurs de pression piezoélectriques, piezorésistifs et capacitifs.
- Mesure de débit : débimètres électromagnétiques, à ultrasons, Coriolis.
- Mesure de niveau : ultrasons, radar, pression différentielle, à bulles.
- Transmetteurs de pression différentielle pour débit par diaphragme ou tâchymane.

Chapitre 4 : Transmission et smart sensors

- Boucle de courant 4-20 mA : alimentation 2 fils, résistance de charge, sécurité câblage.
- Protocole HART (Highway Addressable Remote Transducer) : communication numérique sur 4-20 mA.
- IO-Link (IEC 61131-9) : communication point à point, paramétrage des capteurs, diagnostic.
- Smart sensors RF / RFID : identification, traçabilité en logistique industrielle.
- Intégration dans la plateforme cloud industrielle : remontée des données capteurs via edge computing.

Chapitre 5 : Chaînes de mesure et sûreté de fonctionnement

- Conditionnement du signal : amplification, filtrage, linéarisation, conversion A/N.
- Modules d'entrées analogiques : précision, résolution, isolation.
- Boucles SIL (Safety Instrumented System) : IEC 61511, capteurs redondants, vote 2003.
- Diagnostic de capteur : détection de fil coupé, de valeur hors plage, d'écart de redondance.

Mode d’évaluation

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

Recommandations pédagogiques

- Référence : Siemens SITRANS Catalog, documentation produits disponible sur Industry Mall Siemens.
- Travaux pratiques sur banc de mesure multi-capteurs : T, P, Q, niveau.
- Visite industrielle recommandée dans une unité de procédé continu (ex. ArcelorMittal El-Hadjar).

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :1

Intitulé de l'UE : UEM1

Intitulé de la matière : Programmation Orientée Objet en Python

Crédits : 2

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Appliquer les principes de la programmation orientée objet (classes, héritage, polymorphisme) en Python.
- Développer des scripts Python pour l'acquisition, le traitement et la visualisation de données industrielles.
- Utiliser les bibliothèques Python essentielles pour l'industrie : NumPy, Pandas, Matplotlib, python-snap7.
- Concevoir une interface graphique simple pour le monitoring de variables industrielles.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Rappels Python et POO

- Structures de données, fonctions, exceptions, modules et packages.
- Classe, objet, attributs et méthodes : syntaxe Python.
- Héritage simple et multiple, polymorphisme, méthodes spéciales (__init__, __str__, __repr__).
- Design patterns utiles en automatisation : Singleton, Observer, Factory.

Chapitre 2 : Python pour l'acquisition de données industrielles

- Communication série RS-232/RS-485 avec pyserial : lecture de capteurs Modbus RTU.
- Protocole Modbus TCP avec la librairie pymodbus : lecture/écriture de registres.
- Communication OPC-UA avec opcua-asyncio : connexion à un serveur.
- Librairie Python de communication avec automates industriels : lecture/écriture directe.

Chapitre 3 : Traitement et analyse de données

- NumPy : opérations matricielles, FFT, statistiques sur séries temporelles.
- Pandas : DataFrames, séries temporelles, nettoyage et agrégation de données industrielles.
- SciPy : filtrage de signal, interpolation, optimisation.
- Détection d'anomalies simples : seuils, écart-type glissant, z-score.

Chapitre 4 : Visualisation et interface graphique

- Matplotlib : graphes temporels, histogrammes, cartes de chaleur pour données procédé.
- Plotly / Dash : tableaux de bord interactifs web pour le monitoring en temps réel.
- Tkinter : création d'une IHM desktop simple pour affichage de variables automate.
- Projet : dashboard de surveillance d'un procédé simulé (température + débit + alarmes).

Mode d'évaluation

Contrôle continu : 40% (mini-projets). Examen final : 60% (examen sur machine).

Recommandations pédagogiques

- Environnement : Python 3.11+, VS Code, Jupyter Lab.
- Travaux pratiques : connexion réelle à un automate S7-1200 en laboratoire.

- Projet fil rouge : développement d’un script d’acquisition et dashboard pour un procédé de laboratoire.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :1

Intitulé de l'UE : UEM1

Intitulé de la matière : TP - Automatisation de processus industriel I

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cet enseignement est de consolider les connaissances acquises dans le cours. A la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure de proposer et de mettre en œuvre une solution d'automatisation en utilisant la logique câblée, le Grafcet ou les RDPs et pourra transposer son savoir-faire dans l'industrie.

Connaissances préalables recommandées :

Notions du cours associé.

Contenu de la matière :

TP 0 : Présentation du matériel à utiliser et de la méthodologie de travail.
TP 1 : Initiation au logiciel de programmation d'un API et création d'une station de commande.
TP 2 : Automatisme à séquence unique, saut de séquence et reprise de séquence.
TP 3 : Automatisme avec parallélisme ou sélection des séquences.
TP 4 : Automatisme avec temporisateur et compteur.
TP 5 : Automatisme complexe.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :1

Intitulé de l'UE : UEM1

Intitulé de la matière : TP - Electronique de puissance pour l'industrie

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cet enseignement est de consolider les connaissances acquises dans le cours d'électronique de puissance pour l'industrie. À la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure d'analyser, de simuler et de manipuler les principaux convertisseurs de puissance utilisés dans les applications industrielles, ainsi que de comprendre leur principe de fonctionnement.

Connaissances préalables recommandées :

Notions du cours associé.

Contenu de la matière :

TP1 : Étude et analyse d'un redresseur monophasé industriel.
Analyse du fonctionnement d'un redresseur monophasé à diodes. Observation des formes d'onde de tension et de courant. Étude de l'effet du filtrage par condensateur sur la tension de sortie.

TP2 : Étude d'un redresseur commandé à thyristors.
Analyse du fonctionnement d'un redresseur commandé. Étude de l'influence de l'angle d'amorçage sur la tension moyenne de sortie et observation des formes d'onde.

TP3 : Étude d'un hacheur DC/DC (Buck ou Boost).
Simulation et analyse du fonctionnement d'un convertisseur DC/DC. Étude de l'influence du rapport cyclique sur la tension de sortie et observation des ondulations de courant et de tension.

TP4 : Étude d'un onduleur monophasé à modulation de largeur d'impulsion (PWM).
Simulation et analyse d'un onduleur monophasé. Génération d'une commande PWM et observation des formes d'onde de sortie.

TP5 : Analyse des perturbations et filtrage dans les convertisseurs de puissance.
Observation des perturbations générées par les convertisseurs de puissance. Étude de l'effet des filtres LC ou EMI sur la réduction des harmoniques et du bruit électrique.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :1

Intitulé de l'UE : UEM1

Intitulé de la matière : TP - Régulation dans l'industrie

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cet enseignement est de consolider les connaissances acquises dans le cours de régulation industrielle. À la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure de mettre en œuvre et d'analyser différentes boucles de régulation utilisées dans les procédés industriels et d'étudier les performances des régulateurs PID

Connaissances préalables recommandées :

Notions du cours associé.

Contenu de la matière :

TP1 : Identification et modélisation d'un procédé industriel.
Identification d'un procédé à partir de sa réponse indicielle et estimation d'un modèle dynamique du système.

TP2 : Régulation PID d'un procédé industriel.
Mise en œuvre d'un régulateur PID et étude de l'influence des paramètres du régulateur sur la stabilité et la rapidité de la réponse.

TP3 : Implémentation d'une boucle de régulation sur automate programmable industriel.
Configuration et paramétrage d'un régulateur PID sur un automate programmable et observation du comportement de la boucle de régulation.

TP4 : Régulation en cascade d'un procédé industriel.
Étude du principe de la régulation en cascade et analyse de l'amélioration des performances du système.

TP5 : Étude d'un système de régulation appliqué à un procédé industriel.
Application des techniques de régulation à un procédé industriel (température, niveau, débit ou pression) et analyse des performances du système.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : UEM1

Intitulé de la matière : TP - Instrumentation Industrielle et Smart Sensors

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cet enseignement est de consolider les connaissances acquises dans le cours. A la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure de manipuler et d'exploiter les capteurs et transmetteurs les plus utilisés dans l'industrie et de mettre en œuvre des chaînes de mesure industrielles.

Connaissances préalables recommandées :

Programmation des PLC (Automates Programmable). Notions sur les bus industriels.

Contenu de la matière :

TP1 : Mesure et caractérisation métrologique des grandeurs physiques industrielles.

TP2 : Mesure de température industrielle par thermocouples et sondes RTD.

TP3 : Mesure de pression, débit et niveau à l'aide de capteurs et transmetteurs industriels.

TP4 : Lecture des capteurs analogiques et transmission des signaux industriels (0-10V et 4-20 mA).

TP5 : Calibration et diagnostic des capteurs et transmetteurs dans une chaîne de mesure industrielle.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : UED1

Intitulé de la matière : Ingénierie des processus industriels

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le cours a pour but de présenter les principales étapes intervenant dans le fonctionnement de quelques procédés industriels comportant une ou plusieurs transformations chimiques et physiques en respectant les contraintes techniques, économiques et environnementales.

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances de base en chimie, physique, thermodynamique, mécanique des fluides.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Introduction à l'ingénierie des processus industriels (1 Semaine)
Définition et importance des processus industriels. Différents types d'industries et de processus.

Chapitre 2. Pollution industrielle, gestion des déchets et éco-industries (2 Semaines)

Chapitre 3. Transformations des matières premières (2 Semaines)
Opérations liées aux transformations physico-chimiques des matières premières.

Chapitre 4. Transport et chauffage de fluides (1 Semaine)

Chapitre 5. Mélangeurs industriels (1 Semaine)

Chapitre 6. Convoyeurs industriels (1Semaine)

Chapitre 7. Etapes de distillation, filtration et séchage (1 Semaine)

Chapitre 8. Conditionnement des produits finis (1 Semaine)

Chapitre 9. Etude de cas (5 Semaines) Industrie pharmaceutique, traitement des eaux, traitement industriel des déchets, industrie agroalimentaire, industrie du verre, production du papier, procédés du bâtiment (Briqueteries, béton préfabriqué), peintures et produits dérivés, caoutchouc, cosmétique, etc.

Mode d'évaluation :

Examen final : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : 1

Intitulé de l'UE : UED1

Intitulé de la matière : Industrie 4.0

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Ce module couvre l'écosystème Industrie 4.0 : IIoT, réseaux intelligents, cybersécurité OT et cobotique. Il analyse les stratégies de digitalisation et tendances futures (Blockchain), à travers des cas concrets pour ingénieurs. Ce cours fournit une vision globale des enjeux technologiques et organisationnels de l'usine 4.0, avec une évaluation basée sur l'analyse de cas concrets.

Connaissances préalables recommandées :

Notions de base en systèmes industriels.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Fondements Technologiques (3 Semaines)
Introduction à l'Industrie 4.0 (Concepts, enjeux, piliers : IoT, Big Data, IA). Réseaux Industriels Avancés (PROFINET, OPC UA, 5G, Ethernet Industriel). Capteurs Intelligents & Systèmes Cyber-Physiques.

Chapitre 2. Data & Cybersécurité Industrielle (3 Semaines)
Gestion des Données Industrielles (Edge vs Cloud, architectures IIoT). Cybersécurité OT (Normes IEC 62443, risques cyber). Intelligence Artificielle Appliquée (Maintenance prédictive, analyse temps réel).

Chapitre 3. Robotique & Usine Digitale (3 Semaines)
Robotique Collaborative (Cobots, sécurité). Jumeaux Numériques (Modélisation, simulation). Transformation Digitale des Processus (Lean 4.0, optimisation).

Chapitre 4. Cas d'Usage Sectoriels (3 Semaines) Smart Manufacturing (Usines intelligentes). Logistique 4.0 (Automatisation entrepôts). Energie & Durabilité (Smart Grids, efficacité énergétique).

Chapitre 5. Stratégie & Futur de l'Industrie (3 Semaines)
Stratégie de Digitalisation (ROI, roadmap). Normes & Régulations (Industrie du futur). Tendances Émergentes (Blockchain, Métavers industriel).

Mode d'évaluation :

Examen final : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2
Intitulé de l'UE : UEF2.1
Intitulé de la matière : Automatisation de processus industriels II
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre l'architecture et le fonctionnement des automates programmables industriels. Maîtriser la programmation de base en langage List. Configurer et utiliser les Entrées/Sorties numériques et analogiques. Réaliser un projet d'automatisation de la conception au test.

Connaissances préalables recommandées :

Bases en électricité, notions de logique combinatoire et séquentielle et familiarité avec un langage de programmation (Ladder).

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Révision sur les systèmes automatisés (1 Semaine)
Logique câblée vs Logique programmée. Structure générale d'un Automate Programmable Industriel (API) et types d'API.

Chapitre 2. Configuration matérielle d'un API (1 Semaine)
Les composantes d'un API. Disposition des composantes sur un châssis. Configuration et paramétrage.

Chapitre 3. Programmation des opérations binaires (3 Semaines)
Le logiciel de gestion de projets. Les langages bas niveau. Le langage List d'instructions.

Chapitre 4. Programmation des compteurs (1 Semaine)
Types de compteurs dans STEP7. Les compteurs de type S5

Chapitre 5. Programmation des temporisations (2 Semaines)
Types de temporisations dans STEP7. Les temporisations de type S5.

Chapitre 6. Programmation des opérations numériques (2 Semaines) Types de données dans un API. Les opérations arithmétiques. Les opérations de conversion. Les opérations de comparaison.

Chapitre 7. Les blocs de programmation (2 Semaines)
Définitions des OB, FB, FC, SFB et SFC. Données globales vs Données locales. Programmation structurée. Différence entre FB et FC. Programmation des FC et FB. Utilisation des paramètres dans la programmation des FC et FB.

Chapitre 8. Introduction à la programmation avec un langage évolué (3 Semaines)
Définition et caractéristique d'un langage évolué. Programmation. Avantages de l'utilisation d'un langage évolué.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%
Examen final : 60%

Références :

1."Modern Control Systems" by Richard C. Dorf and Robert H. Bishop.
2. "Modern Control Engineering" by Katsuhiko Ogata.
3. "Automatic Control Systems" by Benjamin C. Kuo and Farid Golnaraghi.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2
Intitulé de l'UE : UEF2.1
Intitulé de la matière : Réseaux et bus industriels
Crédits : 4
Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours introduit les concepts de base des réseaux de données et de communication, en se concentrant sur les réseaux industriels comme PROFIBUS, PROFINET et Industriel Ethernet. Il permet aux étudiants de comprendre les différences entre réseaux classiques et industriels, et de configurer des solutions simples utilisant MPI, PROFIBUS DP ou PROFINET. À la fin, les étudiants seront capables de mettre en œuvre un réseau industriel de base pour des applications d'automatisation et de contrôle-commande.

Connaissances préalables recommandées :

Automatismes industriels.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Rappels sur les modèles de réseaux OSI (1 Semaine)
Chapitre 2. Les réseaux Locaux Industriels (2 Semaines)
Généralités sur les réseaux informatiques. Critères de comparaison. Exemples de réseaux locaux industriels (CAN, Interbus, Profibus, AS-Interface, etc…).

Chapitre 3. La communication dans le monde de l'automatisation (1 Semaine) La pyramide de l'automatisation. La communication de terrain et de process, communication de donnée. Les Sous réseaux SIMATIC. Caractéristiques de quelques systèmes de BUS.

Chapitre 4. Communication, Réseaux et Bus Industriel Simatic S7 (1 Semaine)
Réseaux et Bus Industriel Simatic S7. Services de communication sur SIMATIC.

Chapitre 5. Communication MPI (2 Semaines)
Communication par donnée globale. Communication S7 élémentaire et étendue.

Chapitre 6. Communication Profibus (4 Semaines)
Communication Profibus DP-ET200S. Communication Profibus DP-DP. Communication Profibus CP-DP. Communication Profibus CP CP.

Chapitre 7. Communication Industriel Ethernet et Profinet (4 Semaines)
Communication TCP/IP. Communication ISO. Communication ISO-on-TCP. Communication UDP. Communication Profinet (Contrôleur-Appareil)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%
Examen final : 60%

Références :

1-Communications industrielles pour l'automatisation, simatic net, siemens.

2-A. Tanenbaum, Réseaux : Architecture, protocole, applications, Inter Editions – Collection IIA. 3-Malek Rahoual, Patrick Siarry, Réseaux informatiques : conception et optimisation, Editions. Technip, 2006.

4-Guy Pujolle, Les réseaux, 5ième édition, Eyrolles, 2006.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UEF2.2

Intitulé de la matière : Programmation avancée des API

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir une maîtrise dans la programmation avancée des Automates Programmables Industriel pilotant les actionneurs suivant un mode combinatoire, séquentiel ou régulé.

Connaissances préalables recommandées :

Notions de base en automatisme industriel. Notions de base en algorithmique et en informatique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Rappel sur le principe de fonctionnement d'un API

Introduction. Domaines d'emploi des automates. Principe de fonctionnement d'un API. Les variables de l'Automate. Les langages de programmation des API.

Chapitre 2. Les fonctions et les blocs fonctionnels paramétrés

Variables locales. Variables temporaires et statiques. Blocs paramétrables. Interfaces. Modèle multi-instances. Applications.

Chapitre 3. Exploitation des informations du Mot d'état

Composition du mot d'état. Fonctions de saut dépendant du bit d'état. Programmation de répartiteurs de sauts. Programmation d'opérations de boucle. Applications.

Chapitre 4. Opérations sur les accumulateurs

Les accumulateurs. Opérations sur plusieurs accumulateurs. Opérations sur un seul accumulateur. Applications.

Chapitre 5. Les différents modes d'adressage

Adressage des variables. Adressage direct. Adressage indirect en mémoire et par registre. Les pointeurs POINTER et ANY. Applications.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%
Examen final : 60%

Références :

1-SIMATIC STEP 7 – Programmation des API ; Lien : https://support.industry.siemens.com
2-William Bolton, « Automates programmables industriels : Structures, programmation et communication », Dunod.
3-Cours / Tutoriel Vidéo : Programmation avancée en SCL, Plateforme : YouTube.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UEF2.2

Intitulé de la matière : Variateurs de Vitesse et Motion Control

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Comprendre le principe de fonctionnement des variateurs de vitesse AC et DC industriels.
- Configurer et mettre en service les variateurs SINAMICS G120 et S120 via TIA Portal et STARTER.
- Implémenter des contrôles de mouvement (Motion Control) avec SIMATIC S7-1500T.
- Analyser et optimiser les performances dynamiques d'un entraînement électrique.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Entraînements électrique industriels

- Caractéristiques couple-vitesse des machines DC et AC (asynchrone, synchrone).
- Moteurs asynchrones triphasés : classes d'efficacité (IE1 à IE4), dimensionnement.
- Moteurs synchrones à aimants permanents (PMSM) : avantages en Motion Control.
- Freinages : résist-ance de freinage, freinage régénératif, module Active Line Module.

Chapitre 2 : Variateurs SINAMICS G120 (applications pompes/ventilateurs)

- Architecture G120 : Control Unit (CU240E-2), Power Module, BOP (Basic Operator Panel).
- Mise en service rapide avec IOP (Intelligent Operator Panel) ou TIA Portal Startdrive.
- Contrôle scalaire U/f et vectoriel sans capteur (SLVC) : choix selon application.
- Fonctions de sécurité intégrées : STO, SS1, SLS (Safe Limited Speed).
- Gestion énergétique : ESM (Energy Saving Mode), récupération d'énergie.

Chapitre 3 : Variateurs SINAMICS S120 (Motion Control)

- Architecture S120 : Line Module, Motor Module, Control Unit CU320-2.
- Contrôle vectoriel avec capteur (encodeur SIN/COS, EnDat, SSI).
- Communication DRIVE-CLiQ : interface série pour composants servo.
- Paramétrage STARTER : groupes de paramètres, macros de connexion.
- Réglage automatique Servo Optimization (TIA Portal Startdrive).

Chapitre 4 : Motion Control avec S7-1500T

- Objets technologiques (TO) : TO_SpeedAxis, TO_PositioningAxis, TO_SynchronousAxis.
- Cam synchrone (TO_Cam) : profils de came, synchronisation électronique.
- Instructions PLCopen MC_Power, MC_Home, MC_MoveAbsolute, MC_MoveRelative, MC_GearIn.
- Contrôle multi-axes : couplage maître/esclave, profil de vitesse en S (jerk limitation).
- Diagnostic Motion Control : Trace et oscilloscope TIA Portal.

Chapitre 5 : Applications industrielles

- Entraînement de convoyeur à vitesse variable avec régulation de tension bande.
- Axe de positionnement numérique : table XY avec SINAMICS S120.
- Synchronisation de deux axes (coupe à la volée) sur ligne d'emballage.
- Gestion de la régénération d'énergie dans une ligne de laminage.

Mode d'évaluation

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

Recommandations pédagogiques

- Référence : Siemens SINAMICS G120 Operating Instructions, SINAMICS S120 Function Manual.
- Logiciel : TIA Portal Startdrive V18 (inclus dans TIA Portal).
- TP sur banc SINAMICS G120 + moteur asynchrone + charge à volant d'inertie.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UEM2

Intitulé de la matière : TP - Automatisation de processus industriels II

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'étudiant devra être capable de configurer et de paramétrer des automates programmables industriels (Composants, comportement au démarrage, redondance). Il devra également programmer un cahier des charges d'un automatisme industriel en utilisant le langage List (opérations binaires, comptage, temporisations).

Connaissances préalables recommandées :

Notions de cours sur les automates programmables industriels. Connaissances dans la programmation des automates programmables avec le langage LIST.

.

Contenu de la matière :

TP0 : Familiarisation avec le matériel et le logiciel utilisé dans les TP.

- Les API du laboratoire.
- Les simulateurs associés à l'API.
- Les ascenseurs didactiques et les tapis convoyeurs.
- Le logiciel SIMATIC Manager et le TIA Portal.

TP1 : Configuration matérielle d'un API et identification des adresses des Capteurs/Actionneurs

- Configuration et paramétrage des API S7-300 disponible au sein du laboratoire.
- Identification des adresses des Capteurs/Actionneurs de l'ascenseur.
- Identification des adresses des Capteurs/Actionneurs du convoyeur.

TP2 : Commande de l'ascenseur didactique **(Partie 1)**

- Programmation en langage LIST des opérations suivantes : Appels d'étages.
- Montée/Descente.
- Arrêt à l'étage.

TP3 : Commande de l'ascenseur didactique **(Partie 2)**

- Programmation en langage LIST des opérations suivantes : Ouverture/Fermeture de porte de la cabine.
- Temporisation après ouverture de la porte.
- Arrêt d'urgence.

TP4 : Commande du convoyeur

- Programmation en langage LIST des opérations de convoyage de pièces.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :

1."Modern Control Systems" by Richard C. Dorf and Robert H. Bishop.
2. "Modern Control Engineering" by Katsuhiko Ogata.

3. "Automatic Control Systems" by Benjamin C. Kuo and Farid Golnaraghi.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UEM2

Intitulé de la matière : TP - Réseaux et bus industriels

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Ce module pratique permet de mettre en œuvre les concepts des réseaux industriels à travers des manipulations concrètes. À l'issue des séances, l'étudiant sera capable de configurer et diagnostiquer des réseaux industriels (PROFIBUS DP, PROFINET, Industriel Ethernet) sur des plates-formes réelles ou simulées, en respectant les contraintes temps réel et les standards industriels.

Connaissances préalables recommandées :

Notions du cours associé et de programmation des API.

Contenu de la matière :

TP 0 : Présentation du matériel utilisé et méthodologie de travail.

TP 1 : Communication MPI par donnée globale S7 élémentaire et étendue.

TP2 : Communication Profibus (DP- DP Esclave non intelligent) et passerelle DP-DP.

TP3 : Communication Profibus (DP Maître -DP Esclave intelligent, DP Maître CP Esclave).

TP4 : Communication Profibus (CP Maître -DP Esclave, CP Maître CP Esclave).

TP5 : Communication Industriel Ethernet (TCP/IP, ISO, UDP).

TP6 : Communication Profinet (Contrôleur appareil).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références : *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2
Intitulé de l'UE : UEM2
Intitulé de la matière : TP - Programmation avancée des API
Crédits : 2
Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir une maîtrise dans la programmation avancée des Automates Programmables Industriels pilotant les actionneurs suivant un mode combinatoire, séquentiel ou régulé. A la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure de développer et de mettre en œuvre des automatismes industriels complexes en utilisant un langage évolué (List ou SCL).

Connaissances préalables recommandées :

Notions du cours associé, d'algorithmique et de programmation des API.

Contenu de la matière :

TP0 : Présentation du matériel utilisé, l'intérêt et l'objectif de la matière et méthodologie de travail.
TP1 : Programmation des blocs, utilisation des informations du mot d'état et les opérations sur les accumulateurs.
TP2 : Adressage indirect par mémoire.
TP3 : Adressage indirect par registre.
TP4 : Adressage indirect en utilisant les pointeurs ANY.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UEM2

Intitulé de la matière : TP - Variateurs de Vitesse et Motion Control

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le module permettra à l'étudiant de mettre en pratique et de consolider les connaissances acquises dans le module Variateurs de vitesse et Motion Control. À l'issue de ce module, les étudiants seront capables de mettre en service, paramétrer et analyser le fonctionnement des variateurs de vitesse industriels et de réaliser des applications simples de commande de mouvement.

Connaissances préalables recommandées :

Notions sur l'électronique de puissance. Notions sur les machines électriques et les actionneurs industriels.

Contenu de la matière :

TP 1 : Identification des caractéristiques mécaniques des moteurs électriques industriels.

TP 2 : Mise en service et paramétrage d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone.

TP 3 : Commande de vitesse et inversion de sens de rotation d'un moteur avec variateur.

TP 4 : Commande de position et de vitesse d'un axe en Motion Control.

TP 5 : Synchronisation et contrôle de mouvement dans une application industrielle simple.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UED2

Intitulé de la matière : Gestion de projet

Crédits : 1

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but de ce cours est de permettre aux candidats de maîtriser les notions liées à la gestion de projet, d'acquérir les compétences générales en gestion de projet et savoir faire face aux problèmes qu'un responsable de projets peut rencontrer. Les objectifs sont :
Se familiariser avec toutes les étapes qui permettent la bonne réalisation d'un projet. Etre capables de : Expliquer ce qu'est un projet, identifier les taches, leurs dépendances, leur planification, mettre en place un plan de management.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Notions fondamentales de la gestion de projets
-Les méthodes de gestion de projet.
-Les phases de la gestion de projet.
-Définition d'un projet.
- Création d'une planification du projet.
- Suivi et Gestion d'une planification du projet.
-Achèvement d'un projet.

Chapitre 2. Création rapide et facile de votre planification de projet
-La mise en route de la planification de projet.
-Saisie des objectifs, de la portée et des hypothèses.
-Création d'un fichier de projet.
-Modifier la durée d'une tâche.

Chapitre 3. Optimisation du temps et des ressources d'un projet
-Réduire la durée des prévisions.
-Tâches critiques et tâches non critiques.
-Affectation des ressources supplémentaires.
-Utilisation rationnelle des ressources.

Chapitre 4. Définition de la planification initiale
-Définition d'une planification temporaire.

Chapitre 5. Suivi et mise à jour des prévisions.
-Les étapes de suivi d'un projet.

Mode d'évaluation :

Examen final : 100%

Références :

1.Heagney, J. Fundamentals of Project Management (2016).
2.Heldman, K. PMP Project Management Professional Exam Study Guide (2018).
3.Kerzner, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. (2017).
4.Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). (2017).

5.Schwalbe, K. Information Technology Project Management (2018).

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UET2

Intitulé de la matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée

Crédits : 2

Coefficients : 2

Objectifs de l'enseignement :

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.

Connaissances préalables recommandées :

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 (1 Semaine)

- Définitions et champs d'application de l'IA.
- Évolution historique de l'IA.
- Introduction aux grands domaines :
    - Apprentissage automatqiue (Machine Learning)
    - Apprentissage profound (Deep Learning**)**

Chapitre 2. Mathématiques de base pour l'IA (1 Semaine)

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

Chapitre 3. Apprentissage automatique (Machine Learning) (3 Semaines)

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

Chapitre 4. Classification supervisée (3 Semaines)

- Principe d'entrainement de modèle de classification simple :
- Les modèles et algorithmes :
    - SVM (Support Vector Machine)
    - Arbres de décisions
- Évaluation de performance :
    - Matrice de confusion, précision, rappel, F1-score.
- **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

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

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

Création d'un modèle complet de classification ou clustering, avec prétraitement, entraînement et visualisation ; choisir et traiter un projet du début jusque-là 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 visualisationavec 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 :

Contrôle continu : 40%
Examen final : 60%

Références :

- 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

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :2

Intitulé de l'UE : UET2

Intitulé de la matière : Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité

Crédits : 1

Coefficients : 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 :

Chapitre 1. Rappel sur la Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS (1 semaines)

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,

Chapitre 2. Recherche intègre et responsable (3 semaines)

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. 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.

Chapitre 3. Ethique et déontologie dans le monde du travail : (2 semaines)

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 : Propriété littéraire et artistique. **(1 semaines)**

Chapitre 1. Fondamentaux de la propriété intellectuelle Propriété industrielle.

Règles de citation des références (ouvrages, articles scientifiques, communications dans un congrès, thèses, mémoires, …)

Chapitre 2. Droit d'auteur (3 semaines)

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.

Chapitre 3. Protection et valorisation de la propriété intellectuelle (3 semaines)
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 :
Chapitre 1. Ethique, développement durable et nouvelles technologies (2 semaines) Lien entre éthique et développement durable, économie d'énergie, bioéthique et nouvelle technologies (intelligence artificielle, progrès scientifique, Humanoïdes, Robots, drones).

Mode d'évaluation :
Examen final : 100%

Références :

1.Charte d'éthique et de déontologie universitaires, https://www.mesrs.dz/index.php/fr/ethique-et-deontologie/charte-ethique-et-deontologie/
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.Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003. 7.Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
8.Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
9.Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Letélémaque, mai 2000, n° 17
10.Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
11.Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
12.Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
13.Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
14.AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard 15.Fanny Rincketléda Mansour, littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France
16.Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
17.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
18.EmanuelaChiriac, 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.
19.Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
20.Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :3

Intitulé de l'UE : UEF3.1

Intitulé de la matière : Jumeaux Numériques et Simulation

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Comprendre les concepts et architectures des jumeaux numériques industriels.
- Concevoir et déployer un jumeau numérique de machine.
- Utiliser Plant Simulation pour la simulation et l'optimisation des flux de production.
- Intégrer un jumeau numérique dans la plateforme cloud MindSphere.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Architecture et concepts des jumeaux numériques

- Définition et niveaux de maturité du jumeau numérique : descriptif, prédictif, prescriptif.
- Composantes : modèle 3D, modèle comportemental, synchronisation avec l'asset réel.
- Normes et standards : ISO 23247 (Digital Twin Manufacturing), AAS (Asset Administration Shell).
- Cas d'usage industriels : commissionnement virtuel, maintenance prédictive, optimisation.

Chapitre 2 : Virtual Commissioning avec NX MCD et PLCSIM Advanced

- Modélisation cinématique dans NX MCD : corps rigides, joints, capteurs/actionneurs virtuels.
- Connexion OPC-UA entre NX MCD et S7-PLCSIM Advanced V5.
- Test du programme automate sur le modèle 3D avant mise en service réelle.
- Simulation des séquences de sécurité et des cas dégradés.
- Réduction du temps de mise en service : résultats typiques et ROI.

Chapitre 3 : Simulation de production (Plant Simulation)

- Modélisation des événements discrets : ressources, buffers, transports, échéancier.
- Analyse statistique : taux d'utilisation, temps de cycle, TRS (OEE).
- Optimisation par algorithmes génétiques intégrés dans Plant Simulation.
- Connexion à Teamcenter : synchronisation du modèle de simulation avec le PLM.

Chapitre 4 : Jumeau numérique connecté (IIoT)

- Asset Administration Shell (AAS) : représentation normalisée de l'asset industriel.
- Connexion des données temps réel API vers la plateforme cloud de supervision industrielle. TIC S7 Connector.
- Application MindApp d'analyse de performance : KPI en temps réel sur jumeau.
- Comparaison réel vs modèle : détection des dérives et alertes prédictives.

Mode d'évaluation

Contrôle continu : 40% (projet de commissionnement virtuel). Examen final : 60%.

Recommandations pédagogiques

- Logiciels : Siemens NX MCD, S7-PLCSIM Advanced V5, Siemens Plant Simulation.
- Référence : Siemens Digital Industries White Paper "Virtual Commissioning".
- Projet de groupe : développement du jumeau numérique d'une cellule robotisée.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :3

Intitulé de l'UE : UEF3.1

Intitulé de la matière : Maintenance Prédictive et IA

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Maîtriser les stratégies de maintenance et les indicateurs clés de performance (MTBF, MTTR, TRS).
- Implémenter des algorithmes de maintenance prédictive basés sur l'analyse vibratoire et les données de procédé.
- Utiliser les outils de la maintenance prédictive.
- Définir une stratégie de maintenance conditionnelle pour un équipement industriel.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Stratégies et indicateurs de maintenance

- Maintenance corrective, préventive systématique, préventive conditionnelle, prédictive.
- Indicateurs MTBF, MTTR, MTTF, disponibilité intrinsèque.
- TRS / OEE : disponibilité, performance, qualité – calcul et analyse.
- RCM (Reliability-Centered Maintenance) : méthodologie AMDEC.

Chapitre 2 : Surveillance vibratoire et acoustique

- Analyse vibratoire des machines tournantes : FFT, enveloppe, cepstrum.
- Défaut de roulement, déséquilibre, désalignement : signatures fréquentielles.
- Accéléromètres industriels : MEMS, piézoélectrique, montage, cohérence de signal.
- Seuils de surveillance ISO 10816 / ISO 20816 : classes de machines.

Chapitre 3 : Maintenance prédictive par Machine Learning

- Détection d'anomalies : Isolation Forest, One-Class SVM, Autoencoder LSTM.
- Pronostic de durée de vie restante (RUL) : modèles de dégradation, NASA CMAPSS dataset.
- Pipelines ML industriels : collecte, pré-traitement, entraînement, déploiement, retrénage.
- Explication des modèles (XAI) : SHAP values pour la maintenance industrielle.

Chapitre 4 : Outils de la maintenance prédictive

- SIMATIC Notifier : gestion des notifications d'alarmes et événements.
- MindSphere Predictive Services : Asset Intelligence Network, anomaly detection service.
- SIMATIC WinCC Unified : tableaux de bord maintenance, historique des alarmes.
- Intégration CMMS (Ex. SAP PM) : création automatique d'ordres de travail depuis MindSphere.
- Monitoring de pompes et compresseurs.

Mode d'évaluation

Contrôle continu : 40% (projet d'analyse vibratoire). Examen final : 60%.

Recommandations pédagogiques

- Jeux de données : CWRU Bearing Dataset, NASA CMAPSS, IMS bearing dataset.
- Référence : Siemens MindSphere Predictive Services documentation.

- TP : analyse vibratoire sur banc moteur avec accéléromètres et Python.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :3

Intitulé de l'UE : UEF3.2

Intitulé de la matière : Sécurité Industrielle et Cybersécurité

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Comprendre les risques de sécurité fonctionnelle (Safety) et cybernétique (Security) dans les systèmes industriels.
- Appliquer la norme IEC 62443 pour sécuriser une architecture OT (Operational Technology).
- Configurer des dispositifs de protection réseau : SCALANCE S615, firewall RUGGEDCOM.
- Réaliser une analyse de risques cybernétiques sur un système de contrôle industriel (ICS).

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Sûreté et sécurité des systèmes industriels

- Différence fondamentale Safety (sécurité des personnes) vs Security (sécurité informatique).
- Accès non autorisé, malveillance, erreurs humaines : vecteurs de menaces.
- HAZOP cybersécurité : adaptation de la méthode HAZOP aux menaces numériques.
- Règlementation : ANSSI (Algérie), directives NIS2 (Europe), NERC CIP (énergie US).

Chapitre 2 : Norme IEC 62443 – Sécurité des systèmes de contrôle et automatisation

- Structure IEC 62443 : série de normes, rôles (Asset Owner, Integrator, Fournisseur).
- Security Level (SL1 à SL4) : exigences selon le niveau de risque.
- Découpage en zones et conduits (Zones & Conduits) : segmentation du réseau OT.
- Evaluation de conformité IEC 62443 : audit, certification.

Chapitre 3 : Architecture réseau sécurisée OT

- Séparation IT/OT : DMZ industrielle, firewall.
- VPN : accès distant sécurisé pour maintenance, tunnel IPsec sur SCALANCE M876.
- Authentification : Active Directory intégré dans WinCC, RADIUS, certificats X.509.
- Détection d'intrusion IDS industriel : Claroty, Nozomi Networks,...
- Plan de sauvegarde et reprise (BCP/DRP) pour systèmes SCADA.

Chapitre 4 : Menaces et cas d'attaques réels

- Stuxnet, TRITON, Industroyer : analyse technique des malwares industriels.
- Vecteurs d'attaque courants : clé USB, accès distant non sécurisé, ingénierie sociale.
- Patchs et mises à jour : gestion dans un environnement OT à haute disponibilité.
- Tests de pénétration OT : méthodologie, outils (Shodan, Nmap, Metasploit OT modules).

Mode d'évaluation

Contrôle continu : 40% (atelier d'analyse de risques). Examen final : 60%.

Recommandations pédagogiques

- Référence : Siemens ProductCERT Security Advisories, IEC 62443 series.
- Logiciels : Wireshark, Nmap, Siemens SINEMA Remote Connect.
- Cas pratique : audit de sécurité d'une maquette SCADA de laboratoire.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : UEF3.2

Intitulé de la matière : Supervision des systèmes industriels et IHM

Crédits : 4

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Concevoir et développer des applications de supervision industrielle.
- Implémenter des systèmes de contrôle distribué (DCS) : principes et architectures.
- Configurer la gestion des alarmes, des historiques et des rapports conformément aux normes ISA-18.2 et ISO 11064.
- Déployer des IHM mobiles et web pour la supervision industrielle.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Architecture des systèmes de supervision

- SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) : architecture et composants.
- DCS (Distributed Control System) : différences avec SCADA, domaines d'application.
- Architectures redondantes : serveur WinCC redondant, clients multi-connectes.
- Interfaces standardisées : OPC-UA, OPC-DA, intégration MES/ERP.

Chapitre 2 : Développement WinCC Unified

- WinCC Unified vs WinCC V7 : nouvelles fonctionnalités, Unified Engineering.
- Gestion des tags : tags internes, tags API (Profinet), tags OPC-UA.
- Création d'écrans : objets graphiques, animations, scripting JavaScript.
- Bibliothèque de faceplates industrielles : blocs d'affichage valve, pompe, régulateur PID.
- WinCC Unified PC Runtime vs SIMATIC HMI (TP/KTP) : cible et contraintes.

Chapitre 3 : Gestion des alarmes ISA-18.2

- Norme ISA-18.2 : rationalisation, documentation, gestion du cycle de vie des alarmes.
- Priorités d'alarme, fléchissements (états), historique des alarmes.
- Analyse ASM (Abnormal Situation Management) : flot d'alarmes, alarmes de stand-by.
- Configuration des alarmes dans WinCC Unified : classes, groupes, acquittement.

Chapitre 4 : Historisation, rapports et mobilité

- Archives de valeurs de process : compression, requêtes SQL, export CSV.
- Courbes de tendance (Trend Control) et vues historiques dans WinCC.
- Rapports automatisés : génération PDF, envoi par e-mail.
- WinCC WebNavigator et WebUX : accès distant via navigateur, responsive design.
- Application WinCC sur tablette : SIMATIC WinCC Unified Mobile.

Chapitre 5 : SIMATIC PCS 7 et DCS avancé

- Architecture PCS 7 : égérance, station opérateur, station ingénierie, AS (Automation Station).
- CFC (Continuous Function Chart) et SFC pour la programmation PCS 7.
- Faceplates standard PCS 7 : DRIVER, CONTROLLER, VALVE.
- Gestion des phases ISA-88 dans PCS 7 batch : recipe editor, phase logic.

Mode d'évaluation

Contrôle continu : 40% (projet IHM). Examen final : 60%.

Recommandations pédagogiques

- Référence : Siemens WinCC Unified V18 Configuring Manual, SIMATIC PCS 7 Engineering Manual.
- Logiciels : WinCC Unified (licence étudiante), TIA Portal.
- Projet : développement d'un SCADA complet pour un procédé de laboratoire.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :3

Intitulé de l'UE : UEM3

Intitulé de la matière : TP - Jumeaux Numériques et Simulation

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cet enseignement est de consolider les connaissances acquises dans le cours. À la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure de manipuler des outils de simulation industrielle et de mettre en œuvre des jumeaux numériques pour l'analyse et l'optimisation de systèmes industriels.

Connaissances préalables recommandées :

Notions sur les systèmes automatisés industriels,
Notions de programmation d'automates programmables industriels et de simulation de systèmes

Contenu de la matière :

TP 1 : Modélisation d'un système industriel dans un environnement de simulation.

TP 2 : Simulation du fonctionnement d'un système automatisé.

TP 3 : Commissionnement virtuel d'un système automatisé.

TP 4 : Simulation et analyse d'un système de production.

TP 5 : Exploitation d'un jumeau numérique pour l'analyse d'un procédé industriel.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre *:* 3

Intitulé de l'UE : UEM3

Intitulé de la matière : TP - Maintenance Prédictive et IA

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cet enseignement est de consolider les connaissances acquises dans le cours. À la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure d'appliquer des techniques de surveillance et de diagnostic pour la maintenance prédictive des équipements industriels et d'exploiter des données de fonctionnement pour détecter des anomalies.

Connaissances préalables recommandées :

Notions du cours associé. Connaissances de base en traitement du signal et en analyse de données.

Contenu de la matière :

TP1 : Analyse des indicateurs de performance et de fiabilité des équipements industriels.

TP2 : Acquisition et analyse des signaux vibratoires des machines tournantes.

TP3 : Détection des défauts de fonctionnement par analyse fréquentielle des signaux.

TP4 : Détection d'anomalies dans les données industrielles par méthodes d'apprentissage automatique.

TP5 : Estimation de la durée de vie restante d'un équipement industriel à partir des données de fonctionnement.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : 3

Intitulé de l'UE : UEM3

Intitulé de la matière : TP - Supervision des systèmes industriels et IHM

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Ce module vise au développement et à la mise en œuvre d'interface de pilotage et de supervision de systèmes industriels. A la fin de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure d'assurer le développement et la mise en œuvre d'interface de supervision et de commande de process industriel.

Connaissances préalables recommandées :

Notions du cours associé et de programmations des API.

Contenu de la matière :

TP0 : Initiation au logiciel de supervision WinCC Unified et méthodologie de travail.

TP1 : Création d'un projet de supervision et configuration des tags.

TP2 : Conception d'écrans IHM et dynamisation des objets graphiques.

TP3 : Configuration des alarmes et gestion des événements.

TP4 : Archivage des variables et visualisation des tendances (Trend).

TP5 : Développement d'une application complète de supervision d'un procédé industriel.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références :*(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : *3*

Intitulé de l'UE : UEM3

Intitulé de la matière : Ingénierie Numérique et PLM

Crédits : 3

Coefficients : 2

Objectifs de la matière

- Comprendre le concept de cycle de vie du produit (PLM) et son intégration avec l'automatisation.
- Utiliser un outil de CAO/modélisation 3D pour représenter des systèmes mécatroniques.
- Maîtriser les bases de la co-simulation mécanique et contrôle : NX MCD (Mechatronics Concept Designer).
- Comprendre le concept de jumeau numérique de production.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : PLM et ingénierie numérique

- Gestion du cycle de vie : de la conception à la mise hors service.
- Plateformes PLM.
- Intégration PLM-ERP-MES : flux d'informations du bureau d'études à l'atelier.
- Gestion des configurations et des changements (ECO/ECN).

Chapitre 2 : Simulation de systèmes mécatroniques (NX MCD)

- Modélisation mécanique dans NX : corps rigides, articulations, connecteurs.
- Définition des actionneurs et capteurs virtuels dans MCD.
- Co-simulation avec S7-PLCSIM Advanced : connexion OPC-UA entre NX MCD et l'automate virtuel.
- Validation du programme API avant l'existence du matériel réel (virtual commissioning).

Chapitre 3 : Simulation de flux de production (Plant Simulation)

- Modélisation discrète d'une ligne de production : ressources, tampons, opérateurs.
- Analyse de la capacité, identification des goulots d'étranglement.
- Optimisation par simulation Monte-Carlo.
- Exportation des résultats : KPI, rapport d'analyse.

Mode d'évaluation

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

Recommandations pédagogiques

- Logiciels : Siemens NX MCD (licence étudiante), S7-PLCSIM Advanced V5.
- Référence : Siemens Virtual Commissioning Getting Started Guide.

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :3

Intitulé de l'UE : UED3

Intitulé de la matière : Audit des sites industriels

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Les objectifs ont pour but d'une part de cerner l'audit comme outil de progrès, maîtriser les techniques de l'audit par la mise en place de différentes études de cas concrets. L'objectif principal d'un audit dans les sites industriels est d'évaluer la performance énergétique des installations pour identifier les sources de gaspillage et proposer des solutions d'amélioration. L'audit énergétique permet de mieux comprendre la consommation énergétique, de réduire les coûts, de contribuer à la transition énergétique et de respecter les réglementations en vigueur.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Législation-réglementation
Algérienne- Introduction et problématique.
- La maîtrise de l'énergie en Algérie.
- Le dispositif national de maîtrise de l'énergie.
- La réglementation relative à l'efficacité énergétique.
- La loi sur la maîtrise de l'énergie.
- Le décret exécutif relatif à l'audit énergétique des EGCE.

Chapitre 2. Données Énergétique : Analyse et méthodes d'optimisation- Introduction.
- Système tarifaire de l'électricité.
- Structure générale des tarifs.
- Différents postes horaires de la journée.
- Choix de tarifs.
- Conclusion.

Chapitre 3. Besoins en mesure dans l'audit
- Introduction.
- Instruments de mesure dans l'industrie.
- Mesure de courants d'appel sur moteur électrique.
- Analyseur d'énergie électrique.
- Consignes de sécurité.
- Conclusion.

Chapitre 4. Présentation de cas pratique d'audit
-Présentation de l'entreprise.
- Analyse quantitative des données énergétiques.
- Analyse qualitative des données énergétiques.
- Propositions d'économie d'énergie.
- Conclusion.

Chapitre 5. Management de l'énergie selon ISO 50001 -
Intérêt sur le Management de l'énergie.
- Normes et références.

- Les objectifs de la norme.
- Les Enjeux pour la performance énergétique.
- Principes de la norme ISO 50001.
- Structure de la norme ISO 50001.
- Etude du cas.
- Conclusion.

Mode d'évaluation :

Examen final : 100%

Références :

1-L'évaluation de la consommation d'énergie à l'école Adapté de EcoSpark, Wattwize: Teacher document 1, accessible sous ecospark.ca.
http://www.ontarioecoschools.org/fr/formulaires_et_ressources/downloads/Evaluation_consommation_energie_ecole.pdf
2- Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie IEPF, Actes du colloque, Ville, Energie et http://www.ifdd.francophonie.org/docs/prisme/Ville_en_env_actes.pdf Environnement.
3- http://www.ecohabitation.com/guide/fiches/calculez-consommation-energetique-vos électroménagers
4- Ressources naturelles Canada, Guide d'évaluation de la consommation d'énergie http://198.103.48.133/Publications/industriel/BenchmCiment_f.pdf
5- Travaux publics et ressources gouvernementaux Canada, http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/biens-property/gd-env-cnstrctn/page-4-fra.html
6-Environnment Canada, https://www.ec.gc.ca/air/default.asp?lang=Fr&n=13D0EDAA 1 7-
Valérie Cerda, Département de l'aménagement, des constructions et de la voirie, http://www.energiestadt.ch/fileadmin/user_upload/Energiestadt/fr/Dateien/Instrumente/1 Entwicklungsplanung/2-1-3_Geneve_100_renouvelable_2050.pdf

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre : *3*

Intitulé de l'UE : UET3

Intitulé de la matière : Reverse Engineering

Crédits : 2

Coefficients : 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

Connaissances préalables recommandées :

- 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, refabrication, 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)

1. **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 final : 60% et C.C TP : 40%

Références :

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

Intitulé du Master : Automatique, Instrumentation et Digitalisation

Semestre :3

Intitulé de l'UE : UET3

Intitulé de la matière : Recherche documentaire et conception de mémoire

Crédits : 1

Coefficients : 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 (2 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 (2 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 (1 Semaine) - Les techniques de recherche

- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4. Traiter l'information (2 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 (1 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 (2 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)
- Etat 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 (2 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 (1 Semaine)

Chapitre II-4. Exposés oraux et soutenances (1 Semaine)

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

Chapitre II-5. Comment éviter le plagiat ? (1 Semaine)

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

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

Mode d'évaluation :

Examen final : 100%

Références :

[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. Greuter, Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage, L'Etudiant, 2007

[8]M. Boeglin, lire et rédiger à la fac. Du chaos des idées au texte structuré. L'Etudiant, 2005.

[9]M. Beaud, l'art de la thèse, La découverte, 2003.

[10]M. Kalika, Le mémoire de Master, Dunod, 2005